

Table des matières

PREFACE.....	1
INTRODUCTION GENERALE.....	1
COMMUNICATIONS ORALES.....	3
PREMIERE PARTIE : ETAT ET DYNAMIQUE DE LA BIODIVERSITE	3
1. Diversité floristique sous l'influence du changement du mode d'usage dans le Corridor Ankeniheny Zahamena.....	3
2. Visiteurs des fleurs et pollinisation chez les baobabs (genre <i>Adansonia</i> L.) malgaches.....	12
3. Gestion de la diversité et de l'efficience des champignons mycorhiziens via les espèces végétales pionnières pour une restauration écologique.	16
4. Etude des champignons dans la Réserve Spéciale d'Analamazaotra Andasibe.....	21
5. Evolution de la diversité floristique dans la savane de Sud-est de Madagascar sous l'influence du feu et du pâturage (cas Mahabo-Mananivo)	25
6. Structures et rythmes phénologiques des formations végétales, habitats de <i>Propithecus verreauxi</i> (Grandidier, 1867), dans la réserve privée de Berenty (Madagascar)	31
7. Ecologie des zones humides périurbaines de Mahajanga et évaluation de la prolifération <i>Ludwigia adscendens</i> subsp. <i>diffusa</i> (FORSSK.) P.H. Raven (ONAGRACEAE)	38
8. Etude de la dynamique spatio-temporelle de marais à <i>Hapalemur alaotrensis</i> dans le Sud-Ouest du Lac Alaotra, Région Alaotra-Mangoro.....	42
9. Dynamique de la forêt des Mikea, entre 1973 et 1985, suivie à partir d'images Landsat 1 et 5	46
10. Plantes invasives dans les îles de l'Océan Indien : bilan et menaces futures	51
11. Impact du développement des filières vanille et girofle sur la conservation des ressources naturelles, cas de la Réserve de Biosphère de Mananara Nord	55
12. Écologie, menaces et mesures de conservation de la mangrove de Bombetoka.....	59
13. Système de reproduction et étude d'impact de la fragmentation de l'habitat chez <i>Adansonia rubrostipa</i> dans la région de Menabe	63
14. Rôle de l'hybridation dans la diversité génétique : modèle genre <i>Andansonia</i>	70
15. Impact de l'état de la population de la grenouille <i>Mantidactylus pauliani</i> Guibé, 1974 (F. Mantellidae) est un indicateur de la santé de la source d'eau d'Ankaratra	74
16. Perception paysanne de la relation entre défrichement forestier et perturbations agro-écologiques et climatiques dans les Communes Rurales d'Ambodiriana et de Sahambala - Toamasina II - Madagascar	82
17. Commerce légal abusif des espèces de Chamaeleonidae, de Gekkonidae et de Mantellidae, une véritable perte biologique et économique pour Madagascar	86
18. Etude de la population et évaluation des pressions sur l'Ibis sacré de Madagascar (<i>Threskiornis bernieri</i>) au sein du Parc National Sahamalaza-Iles Radama : Implication sur la conservation	90
DEUXIEME PARTIE : GESTION DURABLE DE LA BIODIVERSITE	97

19.	Analyse de la filière <i>Crocodylus niloticus</i> en vue de sa gestion durable à Madagascar	97
20.	Sensibiliser à la biodiversité et au développement durable : autrement et efficacement avec l'apprentissage expérientiel holistique	103
21.	Education relative à l'environnement pour le développement durable, quelles démarches et approches pour Madagascar.....	108
22.	Projet SuLaMa, un modèle de recherche pour la gestion durable de ressources naturelles ...	111
23.	Formalisation et analyse de la chaîne d'actions dans la gestion des ressources naturelles renouvelables à Madagascar.....	114
24.	Les feux de brousse à Madagascar et leur cartographie, Nouvelles données, nouvelles méthodes, nouveaux dialogues.....	117
25.	Le regard d'un phytopathologue sur la biodiversité et le développement durable : de l'usage des marqueurs moléculaires pour la connaissance de la diversité du complexe d'espèces <i>ralstonia solanacearum</i> pour une production durable de la pomme de terre à Madagascar.....	122
26.	Le développement social, en contexte de conservation de la biodiversité : à la fois une approche pour le renforcement de l'appropriation des populations et une finalité.....	128
27.	Contribution à la gestion et à la valorisation des espèces envahissantes des forêts de tapia - Ankeniheny Ambohimanjaka– Commune rurale d'Ambohimanjaka	133
28.	Gestion durable des ressources de la biodiversité à Madagascar : une analyse par le cadre analytique de la gouvernance	137
29.	Valoriser des herbes pour faire pousser des arbres face aux changements climatiques	151
30.	Elevage caprin, une alternative pour conserver les fourrés xérophiles du Sud-Ouest malagasy ?	
	155	
31.	Plantations forestières d'espèces exotiques à Madagascar : un moyen pour restaurer les paysages forestiers et préserver la biodiversité ?.....	163
32.	Les enjeux de la biodiversité dans le contexte d'une aire de développement durable	168
33.	Valorisation des sites sacrés pour la conservation des ressources forestières: cas du village royal d'Itaolana de la commune rurale d'Ambohimahamasina, district d'Ambalavao, Région de la Haute – Matsiatra	172
34.	Valorisation des potentialités microbiologiques du topsoil en vue de la restauration écologique de zones forestière après une exploitation minière : cas de la mine de QIT Madagascar Minerals (QMM)	
	177	
35.	LE KAMADO, une alternative à la déforestation et un outil efficace pour le développement durable	182
TROISIEME PARTIE : POTENTIALITES ET VALORISATION DE LA BIODIVERSITE	187
38.	Valorisation de la biodiversité végétale pour un meilleur développement durable	187
39.	Pratiques interculturelles dans la valorisation des plantes médicinales et aromatiques.....	193
40.	Résultats des analyses préliminaires de l'état des lieux des plantes médicinales à Madagascar	
	196	

41.	Flore et stock de carbone du fragment forestier de Vohilahy (Ankorabe, Ranomafana-est, Brickaville)	199
42.	Valorisation durable et soutenue des produits forestiers non ligneux, issus des espèces endémiques et aromatiques malgaches : Cas de <i>Ravensara aromatic</i> , <i>Cinnamosma fragrans</i> et <i>Cedrelopsis grevei</i>	205
43.	La faune du sol : une biodiversité cachée mais précieuse pour un développement durable ..	209
44.	Activité anti hypertensive du flavonoïde de <i>Voandzeia subterranea</i> L.	212
45.	Compositions chimiques et activités biologiques des huiles essentielles de <i>Pelargonium radula</i> et <i>Pelargonium tomentosum</i> cultivées à Ambatofinandrahana – Madagascar.....	215
46.	Evaluation de l'activité pharmacologique de <i>Lygodium lanceolatum</i> Desv. (LYGODIACEAE) ..	220
47.	Etude phytochimique de deux champignons endophytiques isolés à partir d'une plante endémique et médicinale Malgache.....	224
48.	Evaluation de l'activité in vitro de la tisane de katrafay (<i>Cedrelopsis grevei</i>) et de tsivoatolaka (<i>Gonioma malagasy</i>) contre <i>Plasmodium falciparum</i> par la méthode Mark III améliorée.....	227
49.	Contribution à la valorisation des plantes aromatiques d' <i>Apiaceae</i> de Madagascar par la caractérisation chimique des huiles essentielles (RMN-13C, CPG(IR) et CPG-SM) : <i>Pimpinella ebracteata Baker & P. perrieri Sales & Hedge</i> inéd.	232
50.	Étude chimique des fungi de l'ordre des polyporales de Madagascar : activité biologique, analyse structurale des constituants isolés.....	236
51.	Variabilités chimiques et activités antimicrobiennes des huiles essentielles de <i>Cinnamosma</i> spp.(Alternative aux antibiotiques en aquaculture de crevette).....	242
52.	Contribution à l'étude des propriétés pharmacologiques du vahona <i>Aloe macroclada Baker</i>	248
53.	Evaluation de l'activité anti-radicalaire de <i>Tarennia madagascariensis</i> (RUBIACEAE).....	252
54.	Valorisation de la plante <i>vatofofa</i> (<i>Achyranthes aspera</i>) en complément alimentaire et produits chimiques	258
55.	Valorisation du <i>Fihamy</i> ou <i>Ficus grevei</i> (Baillon) en cosmétologie: Conception d'une gamme de produits cosmétiques à base du Fihamy.....	265
56.	Identification et valorisation d'un produit résineux de Madagascar par analyses chromatographiques et spectrales	268
57.	Evaluation de la fongicité de deux huiles essentielles malgaches contre les pathogènes post-récoltes des fruits tropicaux.....	273
58.	Le gingembre sous deux aspects : huile essentielle et microorganismes associés à activités biologiques comparables	277
COMMUNICATIONS AFFICHEES		281
PARTIE I : ETAT ET DYNAMIQUE DE LA BIODIVERSITE		281
1.	Propagation de <i>Grevillea banksii</i> R.Br. et impacts sur la régénération des forêts naturelles : cas de la forêt de Vohilahy Ranomafana-Est.....	281

2.	La dynamique de la population des quatre (04) espèces (<i>Garcinia verrucosa</i> , <i>Protorhus grandidieri</i> , <i>Rhopalocarpus similis</i> et <i>Strychnos madagascariensis</i>) les plus consommées de <i>Propithecus coronatus</i> de la Nouvelle Aire Protégée d'Antrema	286
3.	Identification des sites potentiels pour la reproduction et de nidification des oiseaux d'eau de l'Aire Protégée Complexe Mahavavy Kinkony	289
4.	Ethnoécologie et Régénération des Palmiers de l'ouest de Madagascar : Cas d'analalava, Antrema et Antsanitia	293
5.	Des plantes endémiques de Madagascar inhibent l'expression des facteurs de virulence de <i>Rhodococcus fascians</i> et <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	297
6.	<i>Cyathea</i> et leur rôle dans la régénération forestière malagasy : cas de la Réserve Spéciale d'Ambohitantely.....	298
7.	Interaction interspécifique du Martin triste et des oiseaux urbains d'Antananarivo, Madagascar	302
8.	Caractérisation écologique des habitats et régénération naturelle de <i>Leptolaena multiflora</i> (Sarcolaenaceae), espèce menacée au sein de l'exploitation minière d'Ambatovy , en vue de sa conservation.....	309
9.	Survie de l'espèce <i>lemur catta</i> dans la mangrove, Cas de l'aire protégée tsinjoraike, sud-ouest de Madagascar	312
10.	Etude de modélisation numérique es qualité des ressources en eau de deux communes de la région du Vakinankaratra : Ambohibary Sambaina et Antsirabe I.....	314
DEUXIEME PARTIE : GESTION DURABLE DE LA BIODIVERSITE		321
11.	Stratégie et plan d'action nationaux pour la biodiversité 2015-2016	321
12.	Les Communautés de Base, des édifices aux fondations fragiles	325
13.	Les collections de l'herbarium TEF du FOFIFA : de précieux matériels d'études pour la gestion durable des essences autochtones ligneuses de Madagascar.....	328
14.	Elaboration du Plan de Gestion de <i>Dypsis Ampasindavae</i> Beentje (Arecaceae) par l'évaluation de l'état du stock et de besoins dans la nouvelle aire protégée d'Ampasindava.....	331
15.	Conservation des orchidées d'Ambatovy.....	336
16.	Le devenir des petites zones humides périurbaines de la ville de Mahajanga - Cas de mare Vitrine Amborovy et cinq marais à Belobaka.....	337
17.	Modèle conceptuel de gestion de l'aire protégée complexe zones humides Mahavavy- Kinkony	341
TROISIEME PARTIE : POTENTIALITES ET VALORISATION DE LA BIODIVERSITE		347
18.	A la découverte de nouvelles molécules triperpéniques.....	347
19.	Valorisation des produits locaux pour la production de peinture biosourcée	349
20.	Biodiversité, Tradition et Chimie : les colorants naturels pour un monde plus « vert »	352
21.	Ethnoécologie des plantes médicinales les plus utilisées par les femmes, cas de la Nouvelle Aire Protégée d'Antrema et forêt d'Andriamisara-Ambalakida, Région Boeny.....	357

22.	Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la nouvelle Aire Protégée de Tsinjoriaké, cas d'Ankilibe et Ankoronga, Région Sud –Ouest	361
23.	Essai de germination ex-situ de <i>Aloe macroclada</i> Baker (ASPHODELACEAE).....	364
24.	Impact de l'usage du foyer amélioré kopadroa et du charbon bozaka sur la conservation de la biodiversité.....	368
25.	Analyse par Chromatographie Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse (CPG/SM) des huiles essentielles des feuilles et des écorces de tige <i>d'Artabotrys hildebrandtii O. Hffm</i>	369
26.	Valorisation de l'utilisation traditionnelle de <i>Strychnos spinosa</i> (Loganiaceae) dans le traitement de l'hypertension artérielle.....	372
27.	Le copalme d'Amérique ou <i>liquidambar</i> , une espèce prometteuse pour préserver l'environnement et la biodiversité.....	376
28.	Les champignons comestibles de Madagascar : importance et exploitation durable.....	379
29.	Composition chimique et activité antibactérienne de l'huile essentielle de feuilles <i>d'Ocotea auriculiformis Kost.</i> (<i>Lauraceae</i>) endémique de Madagascar.....	386
30.	Etude de l'activité cicatrisante de l'extrait de <i>Desmodium hirtum</i> (FABACEAE)	391
31.	Etude de l'activité antihyperglycémique de l'extrait brut de <i>Ficus sakalavarum</i> (MORACEAE) chez le rat	396
32.	Evaluation biologique des extraits de <i>lygodium lanceolatum</i> desv. (schizaeaceae), plante endémique malgache à vertu antiasthmatique	400
33.	Evaluation de l'activité cicatrisante de <i>Erythrophleum couminga</i> (CAESALPINIACEAE) chez le rat	404
34.	Identification des constituants chimiques et évaluations biologiques de <i>Razafimandimbisonia minor</i> (<i>Rubiaceae</i>)	409
35.	Composition et comparaison des constituants de l'arôme de vanilles de Madagascar et de La Réunion	417
36.	L'utilisation des plantes dans la prise en charge bucco-dentaire : développement social en santé	424
37.	Etude de l'activité antiplasmodiale des extraits et des produits isolés de la partie aérienne <i>d'Helichrysum gymnocephalum</i> Humbert (Asteraceae)	427
38.	Caractérisations, identification des constituants de l'huile essentielle des feuilles de <i>calea urticifolia</i> mill. D. C. (asteraceae) et travaux biologiques	431
39.	Etude chimique et recherche de l'activité antioxydante du <i>ficus grevei</i> (moraceae), une plante endémique de Madagascar.....	438
40.	Etude de l'activite antibactérienne du <i>Dombeya lucida</i>	439
41.	Etude phytochimique de deux champignons endophytiques isolés à partir d'une plante endémique et médicinale Malgache.....	444
42.	Etude phytochimique et évaluation de l'activité antifongique <i>d'Abrahania thouvenotii</i> (Lecomte) Randrian. et Lowry (Anacardiacées).	447

43. Caractérisation et identification des constituants de l'huile essentielle de <i>Canarium madagascariense</i> (BURSERACEAE), plante endémique de Madagascar. Etude microbiologique de l'huile essentielle totale	452
44. Contribution aux études chimiques et biologiques de polysaccharides extraits de gomme d' <i>albizia kalkora</i> (fabacea)	455
45. Etude de la propriété cicatrisante de <i>Cleome viscosa L.</i> (CAPPARIDACEAE)	458
46. Etudes chimique et pharmacologique de <i>Tetradenia goudotii.</i> (LAMIACEAE)	463
COMPTE RENDU DE LA TABLE RONDE	466
ANNEXES	473
COMITE D'ORGANISATION.....	473
PARTENAIRES	473
COMMISSION SCIENTIFIQUE ET MEMBRES DU JURY.....	473
PRESIDENTS DE SESSION	474
PROGRAMME DU FORUM DE LA RECHERCHE	475
BIBLIOGRAPHIE UTILISEE PAR LA STRATEGIE NATIONALE DE LA BIODIVERSITE ET DES AIRES PROTEGEES	
477	
LES LAUREATS DU FORUM BIODIVERSITE ET OBJECTIFS DU DEVELOPPEMENT DURABLE	485

PREFACE

La cinquième édition du forum de la Recherche s'inscrit dans un contexte nouveau par rapport aux précédentes, étant donné qu'une nouvelle stratégie avait été adoptée en 2013, suivie par les quatre premiers plans directeurs concernant des secteurs prioritaires du développement du pays, à savoir : les énergies Renouvelables, l'Environnement lié aux changements climatiques, la Biodiversité et la Santé Humaine, l'Agriculture, la Sécurité alimentaire et nutritionnelle.

En outre, ce forum est également le premier, depuis le basculement de l'enseignement supérieur vers le système LMD où professionnalisation, employabilité sont devenues les maîtres mots. La Recherche malgache actuelle met un accent particulier à la valorisation et pour cela, à la promotion des alliances avec le monde professionnel, avec les secteurs productifs de la société.

Ainsi, pour cette année 2017, le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique a choisi la thématique «biodiversité et développement durable» qui constitue un thème fédérateur, au regard de ces plans directeurs élaborés. Nous connaissons tous l'importance de la biodiversité à Madagascar, mais aussi l'intérêt qui y est porté par les chercheurs de différentes disciplines, dans toutes les institutions de formation supérieure et de recherche scientifique. La preuve en est le nombre important de communications enregistrées pour des trois manifestations, la première, sur la biodiversité terrestre et les Objectifs du Développement Durable, la seconde qui s'est focalisée sur la biodiversité marine, et la troisième qui a traité de l'agrobiodiversité.

Cette richesse en biodiversité fait l'objet de politique nationale très soutenue. La Recherche a, depuis longtemps, contribué aux actions de conservation et de gestion durable, grâce aux informations, aux données et aux analyses scientifiques qui ont donné naissance, plus particulièrement aux différentes délimitations des aires protégées terrestres ou marines, ou encore à des modèles de gestion impliquant les communautés locales, tels que la gestion locale sécurisée.

Le forum de la Recherche sur la biodiversité et les ODD, outre les aspects académiques, vise également, à travers les communications orales ou affichées, à apporter des contributions qui puissent clarifier les prises de décision pour, à la fois, enrayer l'érosion de la biodiversité et améliorer les conditions de vie de la population, dans un contexte des Objectifs du Développement Durable auxquels Madagascar adhère.

La diversité des contributions présentées dans ce premier ouvrage montre bien les différents centres d'intérêt qui concourent à la résolution des problèmes de la biodiversité, plus particulièrement forestière et lacustre que la recherche pourrait apporter sur l'évolution des espèces et des écosystèmes terrestres. Celle-ci reflète l'influence des changements globaux combinés avec l'augmentation des besoins de la population. Des propositions et des recommandations sont avancées et pourront être utilisées par les gestionnaires.

Toute une partie de cet ouvrage est consacrée à la mise en relief des potentialités de valorisation de cette biodiversité, en vue du bien-être de la population et du développement du pays.

Lutte contre la pauvreté, lutte contre la faim, santé, énergies renouvelables, mesures relatives à la lutte contre le changement climatique, ... sont autant d'objectifs du développement durable pour lesquels les chercheurs issus des Universités, des Centres Nationaux de Recherche, des Instituts Supérieur de Technologie, mais également de

Ministères techniques, de projets de développement, des ONG, souhaitent apporter leurs contributions à travers les travaux qu'ils ont réalisés.

La pertinence de plusieurs articles présentés dans cet ouvrage donnera, sans aucun doute, des réponses à un certain nombre de nos interrogations, des pistes concrètes d'actions sur la biodiversité et les Objectifs du Développement Durable.



Pr RASOAZANANERA Marie Monique

INTRODUCTION GENERALE

Le contexte de la Recherche à Madagascar a beaucoup évolué et une meilleure assise dans le paysage du développement du pays fait partie désormais des objectifs pour lesquels des stratégies sont développées. Ces nouvelles orientations apparaissent ainsi dans la nouvelle Stratégie Nationale de la Recherche de l'année 2013. Les quatre plans directeurs de recherche prioritaires, correspondant à la mise en œuvre de cette stratégie, avaient mis en exergue la nécessité, plus particulièrement, de la multidisciplinarité, d'approches intégrées et de collaboration avec le monde professionnel et les secteurs dits productifs de la société.

A la différence des quatre forums organisés par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, la 5^{ème} édition de l'année 2017, a dérogé à la règle, puisque, cette fois-ci, le comité d'organisation, a estimé que la biodiversité était la thématique à développer. En effet, la biodiversité se retrouve dans les activités de Recherche à mener dans les quatre plans directeurs, que ce soit dans celui sur l'agrobiodiversité, l'environnement et le changement climatique, que les énergies renouvelables, et bien entendu celui sur la biodiversité et la santé.

La thématique de la biodiversité est traitée de différentes manières dans les institutions de formation supérieure et de recherche à Madagascar. La formation supérieure, la recherche scientifique y attachent une attention particulière, à travers diverses disciplines. Les mentions et les parcours, certaines écoles doctorales se consacrent à l'amélioration des connaissances sur la biodiversité. Plusieurs centres de recherche, publics et privés, des laboratoires au sein des Universités sont spécialisés dans ce domaine. Ce forum scientifique sur la biodiversité et le développement durable permet ainsi de faire le point sur les différentes connaissances existantes, sur les actions menées, dans une perspective de capitalisation et de synergie pour pouvoir être mieux efficace dans cette contribution de la Recherche dans le développement. En effet, la conservation, la gestion durable, la valorisation de la diversité biologique, aussi bien terrestre que marine, continuent à préoccuper les gestionnaires des ressources naturelles et le concours des chercheurs y est très souvent sollicité.

Le forum de la Recherche de l'année 2017 a dû être scindé en trois parties, compte-tenu de l'étendue de la thématique, mais aussi à cause de l'importance des communications présentées au comité d'organisation. Au total, 309 communications, réparties dans les trois manifestations, ont été retenues par la commission scientifique et font l'objet des trois ouvrages publiés sur (i) la biodiversité et les objectifs du développement durable, (ii) la biodiversité marine, (iii) l'agrobiodiversité.

Les forums organisés par le MESUPRES sont des tribunes pour les chercheurs pour, principalement, faire le point sur les connaissances, partager et échanger dans un objectif d'améliorer les performances du secteur. Cela a permis de voir les apports potentiels pour pouvoir faire face aux enjeux et défis actuels pour le développement durable, la préservation de la biodiversité, l'adaptation et l'atténuation des effets des changements globaux.

Les participants sont issus des Centres Nationaux de Recherche, des Universités, des Instituts Supérieurs de Technologie, mais la recherche est aussi réalisée dans les projets de développement.

Avec l'adoption des nouvelles orientations de valorisation de la recherche, allant dans le sens d'une recherche pour le développement, cette 5^{ème} édition a visé aussi une ouverture de la recherche au monde professionnel, aux secteurs productifs et aux opérateurs privés qui étaient présents, plus particulièrement dans les présentations orales ou écrites, mais également dans les tables –rondes qui étaient organisées.

Les communications qui sont publiées dans une série de trois ouvrages, mettent en relief la connaissance des espèces et des écosystèmes, leur fonctionnement, les tendances d'évolution

et les dynamiques liées aux actions anthropiques, aux changements climatiques. Ces informations et des données montrent une crise de la biodiversité qui se manifeste de différentes manières, telle que la fragmentation des habitats et par conséquent une perte et un appauvrissement de la diversité génétique. L'impact du changement global, avec des effets directs sur les processus physiologiques ou la phénologie des organismes, a été largement souligné. Le changement climatique a des impacts sur la dynamique de la biodiversité, sur l'évolution génotypique, sur l'évolution des sociétés. Le fonctionnement des écosystèmes, les services rendus par les écosystèmes, comme le stockage de carbone dans les sols et les forêts, l'épuration de l'eau sont modifiés, les usages changent également.

Les communications traitent ainsi de l'évaluation des stratégies déployées, des formes de gestion et de valorisation, des méthodes et les outils de gestion et de suivi écologique visant à améliorer la productivité, la sécurité alimentaire et le développement rural.

Cette trilogie est une œuvre collective. De même, le choix des lieux de tenue de chaque forum correspondait aux spécificités régionales et aux spécialités des institutions.

Ainsi, le forum sur la biodiversité et les objectifs du développement durable s'est tenu à Antananarivo et a été organisé avec l'Université d'Antananarivo. La biodiversité marine a été traitée avec le CNRO et l'IHSM, à Nosy Be. L'agrobiodiversité a été prise en main en étroite collaboration avec l'Université de Fianarantsoa.

La composition de chacune des trois commissions scientifiques mises en place et dirigées par des scientifiques respectivement, de l'Université d'Antananarivo, de l'IHSM, de l'Université de Fianarantsoa, devait répondre à un souci de recherche de l'excellence, tel que stipulée dans la Stratégie Nationale de la Recherche.

Pour cela, toutes les Universités, les Centres Nationaux de Recherche impliquées dans la thématique de la biodiversité ont été sollicités pour leurs apports et avis. Les commissions, les sessions ont impliqué les partenaires comme l'IRD, le CIRAD, le Muséum National d'Histoire Naturelle, aussi bien au niveau national qu'au niveau international.

L'organisation matérielle et les appuis financiers à ces trois forums ont bien montré l'intérêt de toutes les parties prenantes pour une recherche de qualité au service du développement. Les importantes contributions des partenaires ont permis la réalisation de cette trilogie.

Nous exprimons toute notre reconnaissance à :

- l'Organisation Internationale de la Francophonie,
- la Coopération française – PAGESUPRE,
- les institutions de recherche dont principalement l'IRD, le CIRAD,
- les institutions nationales, telles que l'Université d'Antananarivo, le CIDST, l'Akademia Malagasy, l'IST d'Antananarivo, le CNRO, l'IHSM, l'Université de Mahajanga, l'Université de Fianarantsoa.

Le forum de la Recherche 2017, au même titre que tous les précédents, vise la promotion de la recherche par l'excellence, en instaurant l'esprit de compétitivité. Beaucoup de travaux présentés sont de qualité et pertinents. Cependant, il faut voir dans les primes attribuées, une forme de stimulation de la recherche et développement de la part du Ministère et des organisateurs, dans une perspective de toujours améliorer les performances des chercheurs.

Claudine RAMIARISON
Directeur Général de la Recherche Scientifique
Coordonnateur Général du Forum de la Recherche
sur la Biodiversité et le Développement Durable

COMMUNICATIONS ORALES

PREMIERE PARTIE : ETAT ET DYNAMIQUE DE LA BIODIVERSITE

1. Diversité floristique sous l'influence du changement du mode d'usage dans le Corridor Ankeniheny Zahamena

ANDRIAMANANJARA Andry*, Razafimbelo Tantely, Rafolisy Tovonirina, Michel Rabenarivo, Malalatiana Razafindrakoto, Rakotoson Tovahery, Andrisoa Riana Hary, Razafindrakoto Mieja, Ramifehiarivo Nandrianina, Razafimanantsoa Marie-Paule, Razakamanarivo Herintsitohaina

Laboratoire des RadioIsotopes-Université d'Antananarivo.

RESUME

Le programme de développement durable adopté par la majorité des pays membres de l'ONU, incluant Madagascar, a mis l'accent sur la protection de l'environnement, afin de contribuer à la lutte contre la pauvreté et le changement climatique. Devant ce défi aussi bien international que national, de nombreuses actions et initiatives ont émergé, incluant les aires protégées, la restauration de l'écosystème et la gestion de la biodiversité. La gestion durable de la biodiversité à Madagascar, fournissant différents services écosystémiques, requiert la connaissance de la diversité floristique, dans le système forestier soumis ou non à des activités anthropiques. Ainsi, un inventaire forestier (cf Braun Blanquet) a été réalisé dans le Corridor Ankeniheny-Zahamena (CAZ), afin d'étudier l'impact du changement du mode d'usage de terre, caractérisé par la conversion de la forêt naturelle en jachère arbustive, jachère herbacée et en terre dégradée ou *tany maty*, sur la composition floristique. Les résultats de l'étude ont permis d'enregistrer environ 100 espèces végétales dans les zones d'étude. Parmi cette diversité floristique, 21 espèces indicatrices ont été identifiées dans les quatre modes d'usage étudiés, dont 08, pour la forêt naturelle, 18, pour la jachère arbustive, 19, pour la jachère herbacée, et 18, pour les *tany maty*. Les espèces indicatrices inventoriées sous forêt naturelle sont marquées par deux espèces d'arbres, *Cathariostachys madagascariensis*, avec une couverture moyenne de 7.3% et *Ravenala madagascariensis* (0.1% de couverture). Le *Cathariostachys madagascariensis* qui est une espèce de bambou géant (famille de Poaceae) endémique de Madagascar, est la principale source de nourriture pour les lémuriens et qui est inventorié uniquement dans la forêt naturelle. Le *Ravenala madagascariensis*, faiblement représenté dans la forêt naturelle, se développe de façon considérable dans les zones fortement exposées à une succession de défrichement et brûlis, avec plus de 50% de couverture rencontrée dans le terrain dégradé (*tany maty*) et la jachère arbustive. L'état de forte dégradation de l'écosystème, caractéristique de l'importante activité anthropique sur ces terres, rencontrée dans le *tany maty* révèle l'apparition des espèces envahissantes dominées principalement par *Pteridium aquilinum* (50% de couverture) et *Imperata cylindrica* (18% de couverture). La mise en jachère des terrains déboisés (plus de 5 ans) permettrait une régénération progressive vers l'état originel de la biodiversité pour le système de jachère herbacée et arbustive marqué par une plus forte composition des espèces arbustives (*Psiadia altissima* (24-28% de couverture), *Harungana madagascariensis* (14-19%), *Clidemia hirta* (29-35%), *Rubus mollucanus* (6-13%), *Lantana camara* (14-25%), *Aframomum angustifolium* (8-12%), à la place des espèces envahissantes. En conclusion, le changement de mode d'usage affecte la composition floristique qui peut être altérée dans le sens de la dégradation de l'écosystème et conséquemment peut conduire à une perte des services écosystémiques si aucune action de restauration n'est prise.

Mots clés : composition floristique, mode d'usage de terre, forêt naturelle, activité anthropique, Braun Blanquet, Madagascar

Introduction

Les forêts tropicales sont connues surtout pour leur richesse en biodiversité, notamment les compositions faunistiques et floristiques, avec plus de 50-70% des organismes vivants (Odiwe et al., 2012). Cette biodiversité tient un rôle fonctionnel relativement important par la fourniture des biens et services à la population, connus aussi sous le nom de « services écosystémiques » (Brussaard, 2012). A Madagascar, ces écosystèmes forestiers sont continuellement soumis à la pression anthropique, incluant la déforestation pour le bois, le charbon, l'agriculture de subsistance (tavy), ou encore les mines (Raik,

2007). Ces différents facteurs ont conduit à la formation d'une mosaïque de forêts, de jachères, et de savanes. Les précédentes études ont rapporté que la biodiversité est en perpétuel changement, à un rythme sans précédent, comme une réponse complexe aux modifications induites par les hommes (Vitousek, 1994). Ainsi, la connaissance de l'impact des changements de mode d'usage des terres sur la diversité spécifique est primordiale, afin d'améliorer la connaissance sur la distribution des espèces en relation avec la perte de la biodiversité de la forêt jusqu'aux savanes. La transition entre les types de végétation forestière et de savane peut être très marquée avec des changements en composition et structure des espèces, ou graduelle avec une substitution d'espèce (Lenza et al., 2015). La disparition graduelle des espèces végétales natives ou plantes endémiques et l'invasion des autres espèces exotiques peuvent altérer l'équilibre écologique affectant les fonctions et services de l'écosystème (Akinbiola et al., 2016). Il a été rapporté que le type et l'intensité du changement d'usage de terre influencerait le nombre des espèces présentes dans différents habitats (Odiwe et al., 2012).

Cette étude cherche à analyser l'influence du changement de mode d'usage de terre sur la composition floristique et la richesse spécifique dans la forêt humide de Madagascar.

Matériels et méthodes

L'étude a été conduite dans le Corridor Ankeniheny-Zahamena (CAZ), situé à la région Est de Madagascar. Quatre zones d'étude ont été sélectionnées à l'intérieur du CAZ : Lakato (ZOI1), Andasibe (ZOI2), Anjahamana (ZOI3), et Didy (ZOI4). La sélection a été basée sur des critères biophysiques et environnementaux (altitude, pente, zone bioclimatique, type de sol, historique de déforestation, accessibilité) pour être représentative du CAZ (Andriamananjara et al. 2016). Une caractérisation de mode d'usage de terre a été effectuée dans les 4 zones d'étude afin d'identifier les parcelles d'échantillonnage. Ainsi, une analyse d'imagerie à très haute résolution a permis de classer les types de mode d'usage ou couvert végétal. Suivant la classification de Styger et al. (2007), quatre modes d'usage ont été caractérisés et sélectionnés pour l'étude : Forêt naturelle (CC), Jachère arbustive (TF), jachère herbacée (SF), et « tany maty » ou terrain dégradé (DL).

Pour chaque mode d'usage, une série d'inventaire floristique a été effectuée dans différentes zones circulaires avec l'aide d'un botaniste local. L'inventaire de toutes les espèces à diamètre à hauteur de poitrine (DBH) inférieure à 5 cm a été réalisé dans un rayon de 2 m. Dans un rayon de 5 m, les espèces dont le DBH était entre 5 cm et 10 cm, ont été inventoriées. Pour le rayon de 10 cm : tous les arbres à $10 < \text{DBH} < 20$ cm ont été également inventoriés. Dans un rayon de 20 cm, toutes les espèces d'arbres à $\text{DBH} > 20$ cm ont été inventoriées et enregistrées (Figure 1). Pour le cas de tany maty, comme il n'y a quasiment pas d'arbre, l'inventaire des espèces a été réalisé directement dans un rayon de 20 cm.

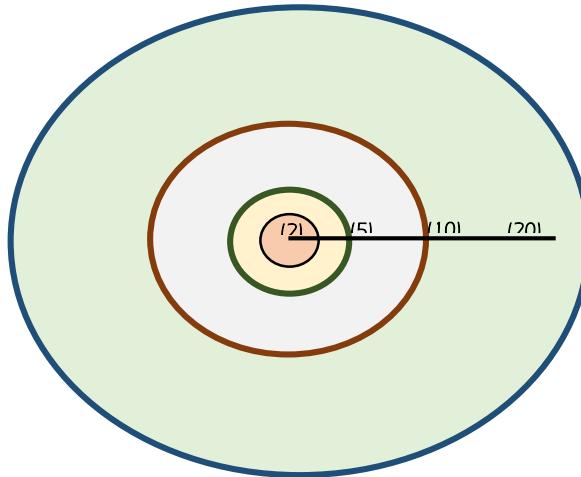
Le pourcentage de couverture pour chaque espèce a été estimé par une évaluation de la surface de couverture relative d'une espèce dans une surface donnée. Cette estimation visuelle est enregistrée en utilisant l'échelle de Braun-Blanket (Braun Blanquet, 1964).

Tableau 1. L'échelle de Braun Blanquet

Scale	Cover
0	Not present
.T	Trace amount < 1%
1	1-5% cover
2	5-25% cover
3	25-50% cover
4	50-75% cover
5	75-95% cover
6	>95% cover

L'inventaire a été réalisé dans 55 sites dans les quatre zones d'étude. Les paramètres d'inventaire ont été complétés au laboratoire notamment les noms des espèces, de familles, et de type de végétation.

Fig. 1. Dispositif d'inventaire des espèces végétales à l'échelle parcellaire. (2) Rayon 2m: DBH < 5 cm; (5) Rayon 5m: 5<DBH<10 cm; (10) Rayon 10 cm: 10<DBH<20 cm; (20) Rayon 20 cm: DBH > 20 cm. DBH: diamètre à hauteur de poitrine



Résultats et discussion

Répartition de la composition floristique

L'inventaire de la composition floristique dans les zones d'étude ont permis d'identifier environ 100 espèces appartenant à 50 familles différentes. Parmi ces espèces inventoriées, 29 espèces ont été communément observées dans les quatre modes d'usage comme les plus abondantes : *Aframomum angustifolium*, *Ageratum sp*, *Aristida similes*, *Bidens sp*, *Cantium sp*, *Cathariostachys madagascariensis*, *Elephantopus scaber*, *Harungana madagascariensis*, *Hyparrhenia rufa*, *Imperata cylindrica*, *Lantana camara*, *Lygodium lanceolatum*, *Macaranga alnifolia*, *Macaranga cuspidata*, *Maesa lanceolata*, *Nuxia capitata*, *Pandanus sp*, *Panicum brevifolium*, *Paspalum conjugatum*, *Psiadia altissima*, *Psidium cattleianum*, *Pteridium aquilinum*, *Ravenala madagascariensis*, *Rubus mollucans*, *Solanum mauritianum*, *Sticherus flagellaris*, *Trema orientalis*, *Tristemma virusanum*, *Vernonia garnieriana*.

L'analyse « Non-metric multidimensional scaling » (NMDS) a été utilisée pour comparer la spécificité de la composition floristique, suivant le mode d'usage de terre, dans différents sites. Les résultats de NMDS sur toutes les espèces inventoriées (Figure 2 et 3) rapportent des similarités entre les espèces, étant étroitement liées ou non avec les changements de mode d'usage de terre, et qui peuvent être spécifiquement liées ou non au site d'échantillonnage. Comme illustration, parmi les 28 espèces rencontrées uniquement dans la forêt naturelle, le *Blotia hilderbrandii*, une espèce d'arbre, se trouve être spécifique à la zone ZOI3 (Région Anjahamana). Le *Cyathea borbonica* (une espèce de fougère arborescente), *Pandanus madagascariensis* (une espèce d'arbre), *Cathariostachys madagascariensis* (bambou géant) ayant les mêmes similarités sont rencontrés dans la zone ZOI2 d'Andasibe, et à l'exemple d'*Erythroxylum sphaeranthum* (arbre) étant spécifique de ZOI4 à Didy. Le *Pittosporum verticillatum* et le *Chrysophyllum boivinianum* qui sont des arbres caractéristiques de la forêt naturelle sont rencontrés dans la zone ZOI1 de Lakato.

En contraste avec les espèces rencontrées uniquement dans la forêt naturelle, une douzaine d'espèces a été enregistrée uniquement dans le tany maty dans certaines zones. Les autres espèces inventoriées peuvent être spécifiques à la fois aux différents modes d'usage et aux différents sites.

Cette spécificité des espèces, en fonction de l'évolution du mode d'usage reflète l'impact des activités humaines dans ces zones où la plupart des espèces d'arbres dans la forêt naturelle, après un changement de mode d'usage ou déforestation, ont complètement disparu et que ces espèces n'ont pas pu être régénérées même après 20 ans de jachère (Andriamananjara et al., 2016). Cette pression anthropique a laissé place à un paysage de savane herbacée dans un système fortement dégradé après une série de cycle de jachère (slash and burn) dépassant généralement le sixième cycle (Styger et al., 2007). Cette

transition/évolution de mode d'usage est accompagnée également par une diminution de la production en biomasse aussi bien de la partie aérienne que souterraine (Styger et al., 2009).

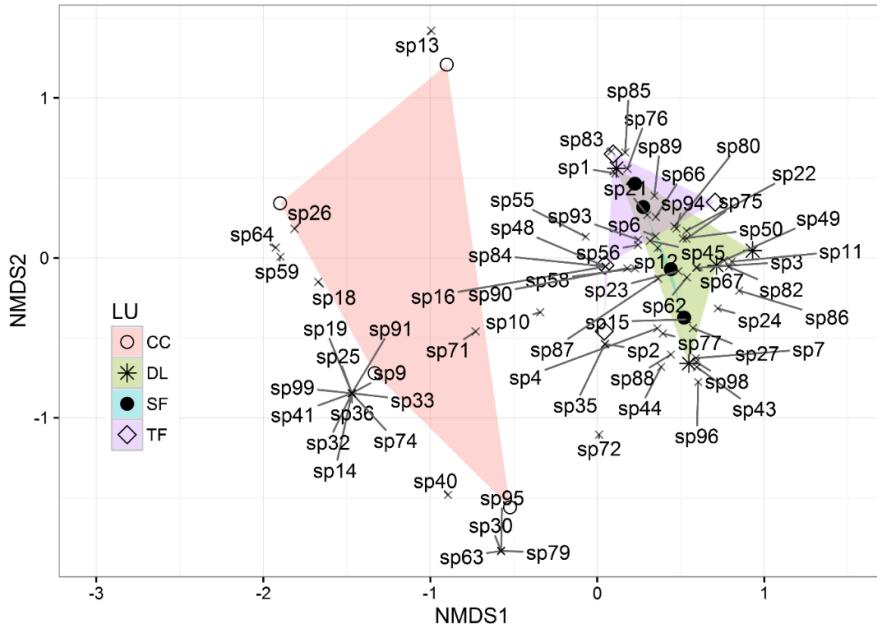


Figure 2. Analyse NMDS de la composition floristique suivant les quatre modes d'usage.

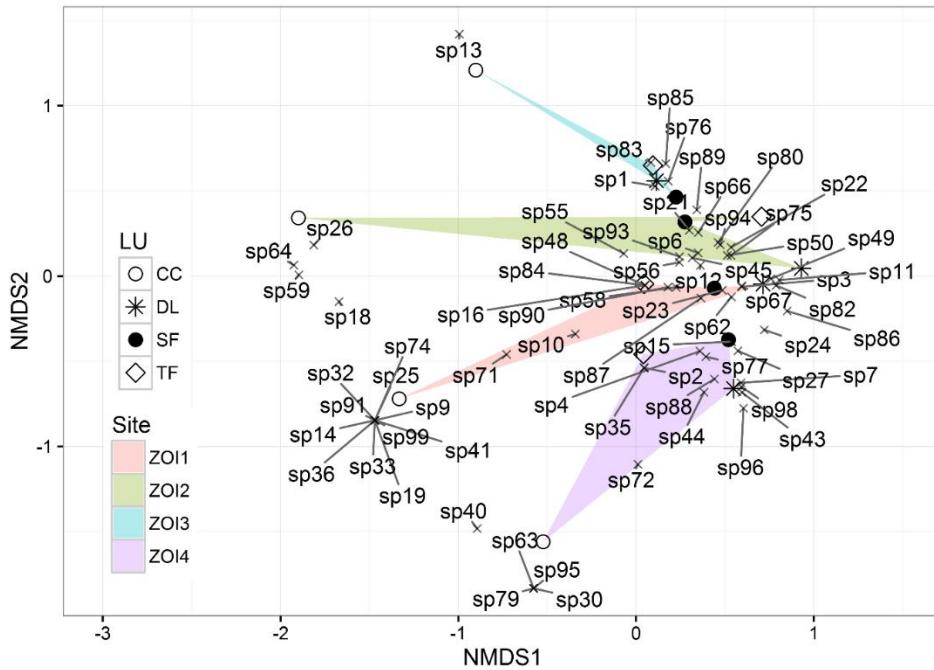


Figure 3. Analyse NMDS de la composition floristique suivant les quatre zones d'étude.

Tableau 2. Liste des espèces rapportées dans les figures 2 et 3.

N°	Espèces	N°	Espèces	N°	Espèces
sp1	<i>Aframomum angustifolium</i>	sp34	<i>Diospyros platyrachis</i>	sp67	<i>Paspalum conjugatum</i>
sp2	<i>Agelaea pentagyna</i>	sp35	<i>Dombeya indica</i>	sp68	<i>Passiflora foetida</i>
sp3	<i>Ageratum sp</i>	sp36	<i>Dracaena reflexa</i>	sp69	<i>pennisetum sp</i>
sp4	<i>Albizia lebbeck</i>	sp37	<i>Dypsis sp</i>	sp70	<i>Peponidium micranthum</i>
sp5	<i>Aphloia theaeformis</i>	sp38	<i>Elephantopus scaber</i>	sp71	<i>Pittosporum verticillatum</i>
sp6	<i>Aristida similes</i>	sp39	<i>Entada louvelii</i>	sp72	<i>Polea sp</i>
sp7	<i>Aristida sp</i>	sp40	<i>Erythroxylum sphaerantum</i>	sp73	<i>Polyscias sp</i>
sp8	<i>Asparagus vavinellatus</i>	sp41	<i>Eugenia sp</i>	sp74	<i>Protorhus ditimena</i>
sp9	<i>Asteropeia micraster</i>	sp42	<i>Ficus baroni</i>	sp75	<i>Psiadia altissima</i>
sp10	<i>Bathiorhamnus louvelii</i>	sp43	<i>Ficus sp</i>	sp76	<i>Psidium cattleianum</i>
sp11	<i>Bidens pilosa</i>	sp44	<i>Flagellaria indica</i>	sp77	<i>Psidium guajava</i>
sp12	<i>Bidens sp</i>	sp45	<i>Harungana madagascariensis</i>	sp78	<i>Psorospermum sexlineatum</i>
sp13	<i>Blotia hilderbrandtii</i>	sp46	<i>Hyparrhenia rufa</i>	sp79	<i>Psychotria parkeri</i>
sp14	<i>Brachylaena merana</i>	sp47	<i>Hypoestes cf maculosa</i>	sp80	<i>Pteridium aquilinum</i>
sp15	<i>Brachylaena ramiflora</i>	sp48	<i>Ilex mitis</i>	sp81	<i>Ravenala madagascariensis</i>
sp16	<i>Brachylaena sp</i>	sp49	<i>Imperata cylindrica</i>	sp82	<i>Ravenea dransfieldii</i>
sp17	<i>Cantium sp</i>	sp50	<i>Lantana camara</i>	sp83	<i>Rubus mollucans</i>
sp18	<i>Cathariostachys madagascariensis</i>	sp51	<i>Leptoloena multifloria</i>	sp84	<i>Saldinia miritoides</i>
sp19	<i>Chrysophyllum boivinianum</i>	sp52	<i>Lycopodium cernua</i>	sp85	<i>Scleria abortiva</i>
sp20	<i>Clerodendrum putre</i>	sp53	<i>Lygodium lanceolatum</i>	sp86	<i>Sida rhombifolia</i>
sp21	<i>Clidemia hirta</i>	sp54	<i>Macaranga alnifolia</i>	sp87	<i>Solanum mauritianum</i>
sp22	<i>Cnestis glabra</i>	sp55	<i>Macaranga cuspidata</i>	sp88	<i>Stenocline inuloides</i>
sp23	<i>Croton mongue</i>	sp56	<i>Maesa lanceolata</i>	sp89	<i>Sticherus flagellaris</i>
sp24	<i>Croton trichotomus</i>	sp57	<i>Megastachia sp</i>	sp90	<i>Tambourissa madagascariensis</i>
sp25	<i>Cryptocaria spp</i>	sp58	<i>Mussaenda macrocarpa</i>	sp91	<i>Tina striata</i>
sp26	<i>Cyathea borbonica</i>	sp59	<i>Nestus legatus</i>	sp92	<i>Treculia madagascariensis</i>
sp27	<i>Cynodon dactylon</i>	sp60	<i>Neyraudia madagascariensis</i>	sp93	<i>Trema orientalis</i>
sp28	<i>Dalbergia sp</i>	sp61	<i>Nuxia capitata</i>	sp94	<i>Tristemma virusanum</i>
sp29	<i>Desmodium barbatum</i>	sp62	<i>Olax glabriflora</i>	sp95	<i>Uapaca densifolia</i>
sp30	<i>Dianella ensifolia</i>	sp63	<i>Oncostemum grandifolium</i>	sp96	<i>Vernonia garnieriana</i>
sp31	<i>Dichrostachys richardiana</i>	sp64	<i>Pandanus madagascariensis</i>	sp97	<i>Weinmannia madagascariensis</i>
sp32	<i>Dicoryphe gracilis</i>	sp65	<i>Pandanus sp</i>	sp98	<i>Weinmannia rutenbergii</i>
sp33	<i>Dillenia triquetra</i>	sp66	<i>Panicum brevifolium</i>	sp99	<i>Wielandia mimmosodes</i>

Distribution des espèces indicatrices

Parmi ces espèces inventoriées, une vingtaine d'espèces indicatrices, qui sont les plus représentées dans les quatre modes d'usage, a été sélectionnée pour une étude plus approfondie de l'impact des modes

d'usage sur la composition floristique. La distribution de ces espèces indicatrices, suivant le mode d'usage basée sur leur pourcentage de couverture a été reporté dans la figure 4.

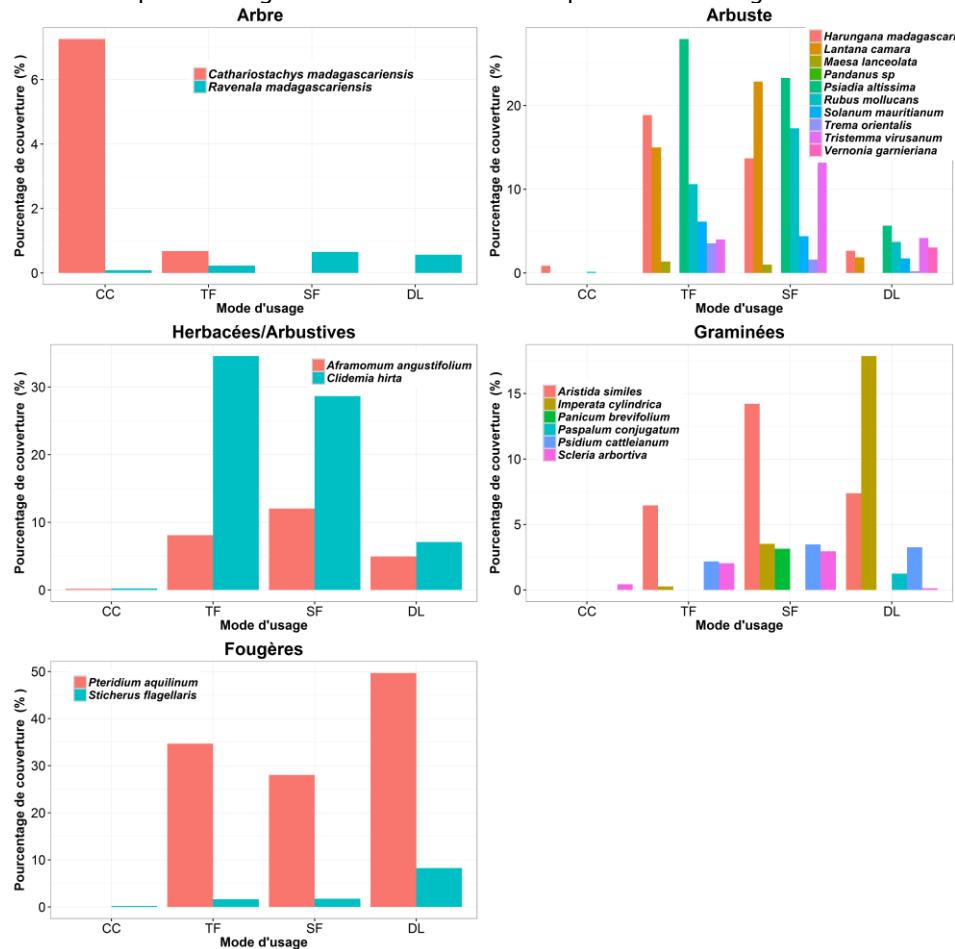


Figure 4. Répartition des différentes espèces par type de végétation suivant les quatre modes d'usage

Les espèces de la classe d'arbre ont été marquées par une prédominance de *Cathariostachys madagascariensis*, dans la forêt naturelle (Figure 4). Ce bambou géant qui une espèce endémique de Madagascar appartenant à la famille de Poaceae, est la principale source de nourriture pour les lémuriens. Cette espèce n'a presque pas été enregistrée dans les autres modes d'usage. Le *Ravenala madagascariensis*, faiblement représenté dans la forêt naturelle, se développe de façon considérable dans les zones fortement exposées à une succession de défrichement et brûlis, avec plus de 50% de couverture rencontrée dans le terrain dégradé (tany maty) et la jachère arbustive.

Les espèces de type arbustif dominent les deux systèmes de jachère arbustive et herbacée comparé à la forêt naturelle et tany maty. La forte présence des espèces comme *Psidia altissima*, *Lantana camara*, *Harungana madagascariensis*, *Rubus mollucanus*, *Solanum mauritianum*, *Vernonia garnieriana*, *Trema orientalis* dans les jachères sont en accord avec les résultats de Styger et al. (2007). Ces jachères ont été également marquées par une forte présence des espèces herbacées/arbustives, telles qu'*Aframomum angustifolium* et *Clidemia hirta* occupant jusqu'à plus de 30% de couverture.

Le *tany maty* a été principalement prédominé par les espèces graminées et de type fougères. Les fougères comme le *Pteridium aquilinum* ont été représentées jusqu'à 50% de couverture végétale. Les espèces de graminées comme l'*Imperata cylindrica* et l'*Aristida similes* sont fortement représentées dans le *tany maty*. Ces espèces sont également présentes dans les systèmes de jachère.

Le nombre de cycle « slash and burn » affecte la formation végétale et la composition floristique de l'écosystème. Il engendre une perturbation du sol par le feu qui enlève une partie de la réserve en graine (banque de graines), ainsi que la reprise des racines et des souches (Guariguata and Ostertag, 2001). La réduction de l'abondance et de la richesse spécifique avec l'augmentation du nombre de cycle de « slash and burn » suggère que la diminution du nombre de cycle de coupe et de brûlis dans la restauration du sol peut raccourcir la période d'établissement de nouvelles semences d'arbre. Ce qui peut expliquer ici la disparition des espèces d'arbres et arbustes dans les tany maty caractérisés surtout par un niveau élevé de cycle de « slash and burn » (plus de 6 fois après déforestation). Ceci est en accord avec les résultats de Styger et al. (2007) où la production diminue après le 3^{ème} cycle de coupe et de brûlis suivant la déforestation. Par ailleurs, le feu favorise les espèces exotiques agressives sur les espèces natives.

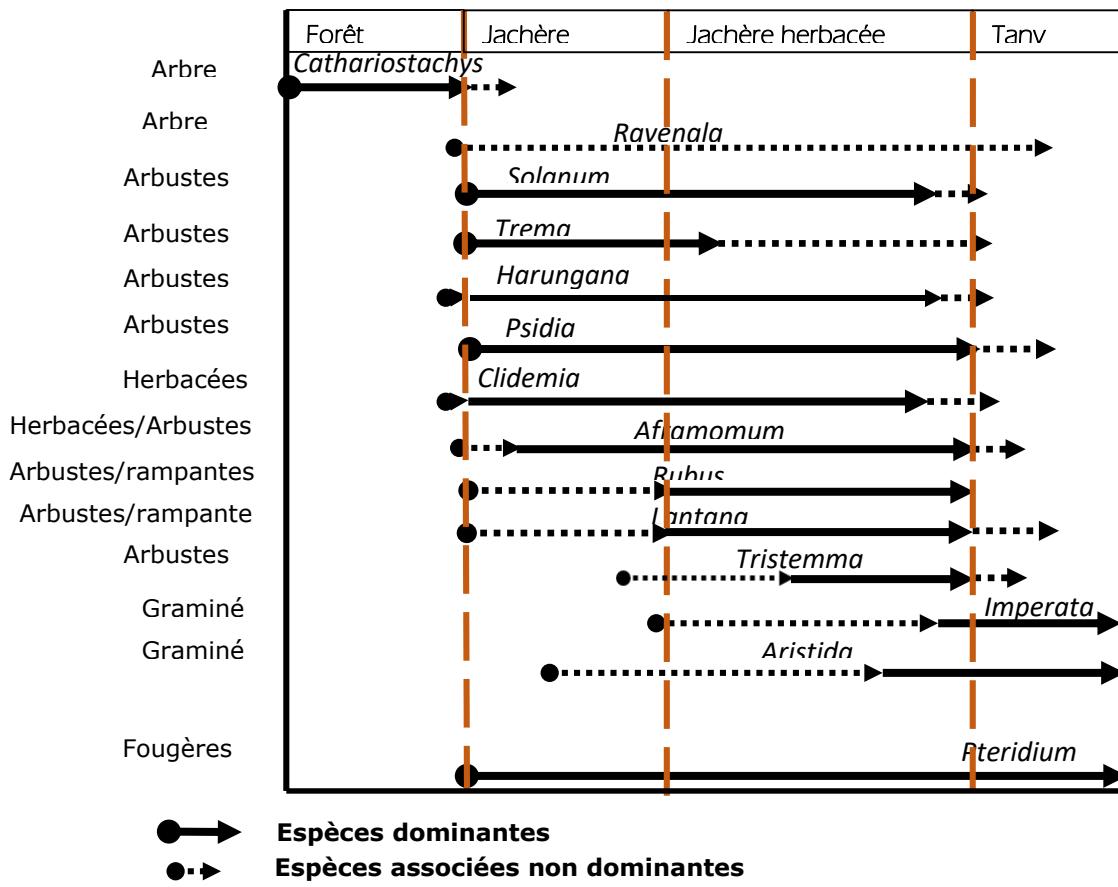


Figure 5. Succession d'espèces suivant le mode d'usage de terre

Les pratiques agricoles traditionnelles de « slash and burn », qui impliquent la coupe et la mise en feu de la végétation présente (forêt, arbuste, ...), suivies d'une série de cycles agricoles, espacés de périodes de jachère, ont conduit à une formation végétale marquée par la transition de forêt naturelle vers le tany maty. Ce changement de mode d'usage a affecté l'abondance et la composition spécifique par une diminution de la richesse spécifique dans les zones d'étude. Même après une vingtaine d'années d'abandon, on observe un grand écart de la richesse spécifique totale d'arbres et d'arbustes entre les jachères et les forêts primaires qui suggèrent que la succession naturelle et la restauration semblent être très lentes. Ceci est en accord avec les résultats de Styger et al. (2007) et Klanderud et al. (2010).

Pour la restauration du sol, les précédentes études ont proposé l'allongement du cycle de la période de jachère accompagné d'une réduction d'utilisation de feu puisque les plantes ne sont pas capables d'utiliser tous les nutriments libérés par le système de brûlis et qui engendre ainsi à la perte des nutriments par lixiviation ou lessivage (Klanderud et al., 2010). Cette évolution de couvert végétal marqué par une prédominance successive des espèces d'arbres dans la forêt naturelle, d'arbustes et d'herbacéité dans les jachères, de fougères et de graminées dans le tany maty (Figure 5) affecte aussi la fertilité du sol par une diminution de la teneur en nutriments tels que le phosphore, le magnésium, le potassium, le calcium, mais également l'acidification du sol (Styger et al. (2009).

Stockage de carbone suivant les modes d'usage

Pour illustrer l'impact de la composition floristique, influencé par le changement de mode d'usage, sur les services écosystémiques, on a quantifié le stock de carbone dans les cinq compartiments reconnus par l'IPCC (2003) : dans la biomasse aérienne (AGB), le bois mort (DW), la litière (Litter), la biomasse souterraine ou racine (BGB), et le sol (SOC). Les résultats ont montré l'impact significatif de changement de mode d'usage sur le stockage de carbone marqué par une diminution significative de stock de carbone dans la biomasse aérienne de la forêt naturelle (88.5 Mg/ha) vers le tany maty (8.4 Mg/ha) (Razafindrakoto et al., *In press*). La même tendance a été observée avec la biomasse souterraine, le bois mort, et la litière où un important stock de C a été enregistré sous forêt naturelle comparé aux autres modes d'usage. Une légère tendance régressive du stock de carbone a été également observée dans le compartiment sol jusqu'à 100 cm de profondeur de la forêt naturelle (144 Mg/ha) vers le tany maty (130 Mg/ha) qui peut être expliquée à la fois par la stabilité du carbone dans le sol et par le couvert végétal via la décomposition des racines principalement les racines fines.

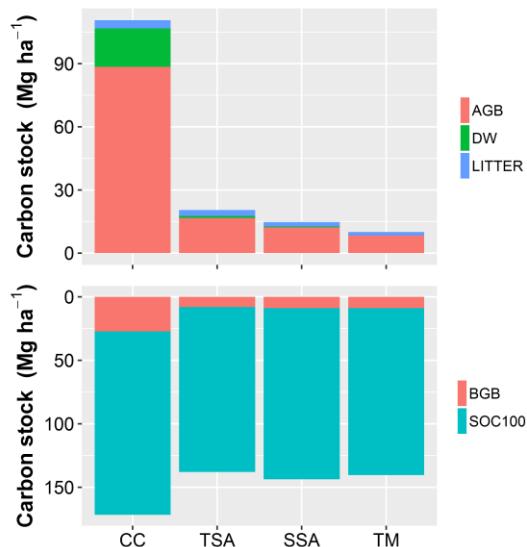


Figure 6. Stock de carbone dans les 5 compartiments. CC : forêt naturelle, TSA : jachère arbustive, SSA : jachère herbacée, TM : tany maty. AGB : stock de carbone dans la biomasse aérienne, DW : bois mort, Litter : litière, BGB : biomasse souterraine (racine), SOC100 : carbone du sol jusqu'à 100 cm de profondeur.

En guise de conclusion, on peut dire que l'évolution de la composition floristique et la richesse spécifique, suivant le changement de mode d'usage influe sur les services écosystémiques, à l'exemple de la séquestration de carbone. La dégradation de l'écosystème forestier influe négativement sur la richesse en biodiversité et les différents biens et services fournit par la nature incluant le stockage de carbone impliqué dans la régulation du climat, les macro et microfaunes, et la disponibilité de l'eau. La

restauration de cet écosystème est possible même si les mesures devraient être prises à long terme notamment par l'allongement de la période de jachère, de coupe et de brûlis afin de laisser les espèces arbustives et forestières s'installer et coloniser progressivement les paysages.

Remerciements

Cette étude a été financée par le programme ESPA-projet p4ges (référence de subvention : NE/K008692/1, NE/K010115/1, et NE/K010220-1). Les auteurs remercient les collègues du p4ges, les associations Mitsinjo et GERP ainsi que les communautés locales. Nos sincères remerciements également aux autorités du Ministère de l'Environnement, de l'Ecologie et des Forêts pour l'octroi de permis de recherche (référence N°147/14/MEF/SG/DGF/DCB.SAP/SCB). Les auteurs remercient l'équipe du LRI pour leurs aides dans les travaux de terrain.

Références

- Akinbiola S., Awotoye O., Adepoju K., Salami A., 2016. Floristic indicators of tropical land use systems: Evidence from mining areas in Southwestern Nigeria. *Global Ecology & Conservation*. 7: 141–147
- Andriamananjara, A., Hewson, J., Razakamanarivo, H., Hary, A.R., Ranaivoson, N., Ramboatiana, N., Razafindrakoto, M., Ramifehiarivo, N., Razafimanantsoa, M-P., Rabeharisoa, L., Ramananantoandro, T., Rasolohery, A., Rabetokotany, N., Razafimbelo, T., 2016. Impact of land use changes on aboveground and soil carbon stocks in a humid tropical forest of Madagascar. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 233 : 1–15.
- Braun-Blanquet, J. 1964. *Pflanzensociologie : Grundzuge der Vegetationskunde*. 3Te aufl. Springer-Verlag, Wein. 865 pp
- Brussaard, L., 2012. Ecosystem services provided by the soil biota. In: Wall, D.H., Bardgett, R.D., Behan-Pelletier, V., Herrick, J.E., Jones, H., Ritz, K., Six, J., Strong, D. R., van der Putten, H. (Eds.), *Soil Ecology and Ecosystem Services*. Oxford University Press, Oxford, UK, pp. 45–58. doi:<http://dx.doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199575923.003.0005>.
- Guariguata MR, Ostertag R., 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *For Ecol Manag*. 148:185–206
- IPCC, Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry, 2003, Institute for Global Environmental Strategies (IGES); Hayama, Japan. ISBN: 4-88788-003-0.
- Klanderud, K., Mbolatiana, H.Z.H., Vololomboahangy, M.N., Radimbison, M.A., Roger, E., Totland, Ø., Rajeriarison, C. 2010. Recovery of plant species richness and composition after slash-and-burn agriculture in a tropical rainforest in Madagascar. *Biodivers Conserv*. 19:187–204
- Lenza, E., Santos J.O., Maracahipes-Santos L., 2015. Species composition, diversity, and vegetation structure in a gallery forest-*cerrado sensu stricto* transition zone in eastern Mato Grosso, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*. 29(3): 327–338.
- Odiwe, A. I., Olowoyo, J.O., Ajiboye, O., 2012. Effects of land-use change on under storey species composition and distribution in tropical rainforest. *Not Sci Biol*, 4(1):150-156
- Raik, D., 2007. Forest Management in Madagascar: An Historical Overview. *Madagascar conservation & Development*. 2: 5-10.
- Razafindrakoto, M., Andriamananjara, A., Razafimbelo, T., Hewson, J., Andrisoa, R.H., Jones, J., van Meerveld, H.J., Cameron, A., Ranaivoson, N., Ramifehiarivo, N., Ramboatiana, N., Razafinarivo, R.N.G., Ramananantoandro, T., Rasolohery, A., Razafimanantsoa, M-P., Jourdan, C., Saint-André, L., Rajoelison, G., Razakamanarivo, H. Organic Carbon stocks in all pools Following Land Cover change in Rainforest of Madagascar. In: Munoz M.A., Zornoza R. (Eds.), *Soil Management and Climate Change*, Elsevier. (*In press*)
- Styger, E., Fernandes, E.C.M., Rakotondramasy, H.M., Rajaobelirina, E., 2009. Degrading uplands in the rainforest region of Madagascar: fallow biomass, nutrient stocks, and soil nutrient availability. *Agrofor. Syst.* 77 (2), 107–122.
- Styger, E., Rakotondramasy, H.M., Pfeffer, M.J., Erick, C.M., Fernandes, E.C.M., Bates, D.M., 2007. Influence of slash-and-burn farming practices on fallow succession and land degradation in the rainforest region of Madagascar. *Agric. Ecosyst. Environ.* 119 (3–4), 257–269.
- Vitousek P, 1994. Beyond global warming: Ecology and global change. *Ecol* 75:1861-1876.

2. Visiteurs des fleurs et pollinisation chez les baobabs (genre *Adansonia* L.) malgaches

Elysée N. Rasoamanana^{1,2}, Onja Razanamaro^{1,2}, Perle Ramavovololona¹ et Pascal Danthu^{2,3}

¹ Université d'Antananarivo, Département de Biologie et Ecologie végétales,

²DP Forêts et Biodiversité, Antananarivo

³CIRAD, UR HortSys, Campus de Baillarguet, 34398 Montpellier Cedex 5, France

I-Introduction

La pollinisation joue un rôle capital dans la survie des plantes. D'une part, elle est l'assurance de la descendance et donc de la pérennité de l'espèce végétale. D'autre part, elle est responsable de la structure génétique de la population en réalisant soit la recombinaison génétique entre deux individus différents (allopollinisation), soit à l'intérieur d'un même individu ou autopollinisation.

La pollinisation est, en fait, une relation mutualistique entre la fleur et son pollinisateur. Le pollinisateur recherche le nectar et/ou le pollen dans la fleur et assure, lors de son passage, le transfert du pollen vers le stigmate. En d'autres termes, la fleur offre de la nourriture à l'animal et l'animal assure la pollinisation de la plante. Néanmoins, même s'il y a des larcins lorsque le visiteur prélève le nectar ou le pollen de la fleur, sans assurer la pollinisation ou lorsque la plante attire le visiteur, sans lui offrir la nourriture, le déficit de la pollinisation peut être une menace la régénération naturelle d'une plante.

A Madagascar, les baobabs (*Adansonia*, Malvaceae) sont des espèces emblématiques et une richesse biologique de Madagascar car sur les huit espèces existant dans le monde dont six en sont endémiques. Parmi elles, trois espèces malgaches sont classées en danger par l'IUCN. Selon Razanameharizaka (2009), toutes les espèces malgaches présentent une faible régénération naturelle. L'identification des pollinisateurs est une première étape pour étudier l'efficacité de la pollinisation en milieu naturel.

Les objectifs de ce travail sont de (i) Identifier tous les visiteurs floraux des baobabs, (ii) Déduire qui en sont les pollinisateurs légitimes, (iii) Déterminer les menaces potentielle(s) qui pèsent sur la pollinisation des baobabs ?

II- Matériels et méthodes

II-1 Espèces étudiées et site d'étude

Les six espèces de baobabs malgaches sont classées en deux sections taxonomiques, la section des Brevitubae et la section des Longitubae. La section des Brevitubae comprend 2 espèces : *A. grandiflora* et *A. suarezensis*. Cette section est caractérisée par de grands arbres, allant jusqu'à 20m de hauteur, à ramification plagiotope. Les fleurs sont relativement aplatie, de couleur blanche, les étamines nombreuses (600-1100), le nectar est abondant (Baum 1995).

La section des Longitubae comprend quatre espèces malgaches : *A. madagascariensis*, *A. rubrostipa*, *A. perrieri* et *A. za*. Cette section est composée d'arbres à couronnes compacts, les fleurs sont plus allongées, de couleur vives, Fleur allongée, couleur vive, étamines moins nombreuses (90-150). Le nectar est peu abondant.

Les travaux ont été réalisés dans plusieurs habitats des baobabs à l'Ouest de Madagascar (figure 1).

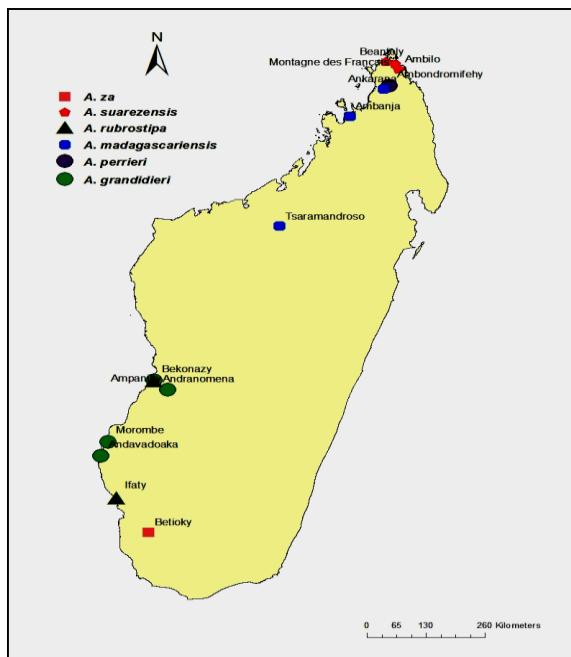


Figure 1: Carte de localisation des sites d'étude

II-2 Etude phénologique

La réceptivité du stigmate a été testée par le peroxyde d'hydrogène à 3% (Dafni and Maués 1998). Longévité florale est calculée depuis l'anthèse, le changement de couleur des pétales jusqu'à la chute de la fleur.

II-3 Observation des visiteurs

Deux phases d'observations des visiteurs floraux ont été réalisées. Des observations continues de 17h à 20h pour les Brevitubae et 18h à 21h pour les Longitubae, soit 3h après l'anthèse. Puis des Observations non continues toutes les 3 heures pendant 24h après l'anthèse.

Etude du comportement de butinage (Inouye 1980; Castro et al. 2013): polliniseurs légitimes: touchent les organes reproducteurs des fleurs « voleurs de nectar »: prélèvent le nectar sans toucher aux organes reproducteurs des fleurs.

III- Résultats

III-1 Phénologie florale

La floraison des baobabs est éphémère. L'ouverture de la fleur débute au crépuscule de 17h à 19h30. Le stigmate est réceptif environ 36h après l'anthèse. La fleur est attractive au pollinisateur seulement 12h après l'anthèse.

III-2 Comportement de butinage des visiteurs floraux

Tableau I : Liste des visiteurs, besoin alimentaire et sections visitées

Groupes des visiteurs	Espèces visiteuses	Besoin alimentaire	Espèces visitées
Chauves-souris	<i>Pteropus rufus</i>	Nectar, fruit	Brevitubae
Abeilles	<i>Apis mellifera</i>	Pollen	Longitubae, Brevitubae
Colibris	<i>Nectarina souimanga</i>	Nectar	Longitubae, Brevitubae
	<i>Nectarinia notata</i>	Nectar	Longitubae, Brevitubae
Lémuriens	<i>Eulemur coronatus</i>	Nectar	Brevitubae

	<i>Microcebus griseorufus</i>	Nectar	Brevitubae, Longitubae
	<i>Phaner furcifer</i>	Nectar	Longitubae
Sphinx	<i>Agrius convolvuli</i>	Nectar	Longitubae
	<i>Coelonia solanii</i>	Nectar	Longitubae
	<i>Hypothion celerio</i>	Nectar	Longitubae, Brevitubae
	<i>Nephele comma</i>	Nectar	Longitubae, Brevitubae
	<i>Panogena jasmini</i>	Nectar	Longitubae, Brevitubae

Chez les Brevitubae, pollinisateurs légitimes des Brevitubae, le sphinx *N. comma* préleve le nectar en passant sa trompe dans le tube corallaire, le sphinx fait plusieurs va et vient et touche les étamines et le stigmate de la fleur. La colonie d'abeilles vient récolter le pollen des étamines et lors de leur déplacement, touche le stigmate. Les visiteurs illégitimes sont *N. souimanga* et *N. notata* qui prélèvent le nectar sur le côté de la fleur, ne touchant pas les appareils reproducteurs de celle-ci ; ainsi qu'*E. coronatus* qui est trop grand pour la fleur prélève également de nectar sur le côté et ne touchant pas les organes reproducteurs de celle-ci.

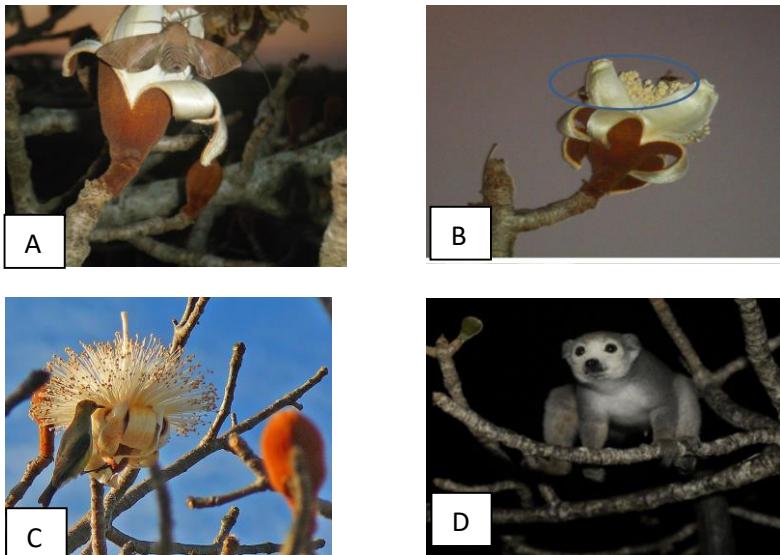


Figure 2 : Les visiteurs floraux des Brevitubae. A) *Nephele comma* sur *A. grandidieri*. B) Abeilles sur *A. grandidieri* C) *Nectarinia souimanga* sur *A. grandidieri*. D) *Eulemur coronatus* sur *A. suarezensis*

Chez les Longitubae, les pollinisateurs légitimes sont les abeilles ; les sphinx à longue trompe *C. solanii* et *A. convolvuli*, prélevant le nectar, en passant sa trompe dans le tube corallaire ; ainsi que *M. griseorufus* qui plonge la tête dans le tube corallaire, pour se nourrir du nectar et de cette manière récupère du pollen sur son pelage. Les visiteurs illégitimes sont le sphinx *H. celerio* qui a une trompe courte et prélève le nectar à la base de la fleur évitant les organes reproducteurs, les deux espèces de *Nectarinia* et un lémurien non identifié qui a laissé des traces de morsures en se nourrissant du nectar à la base des fleurs.

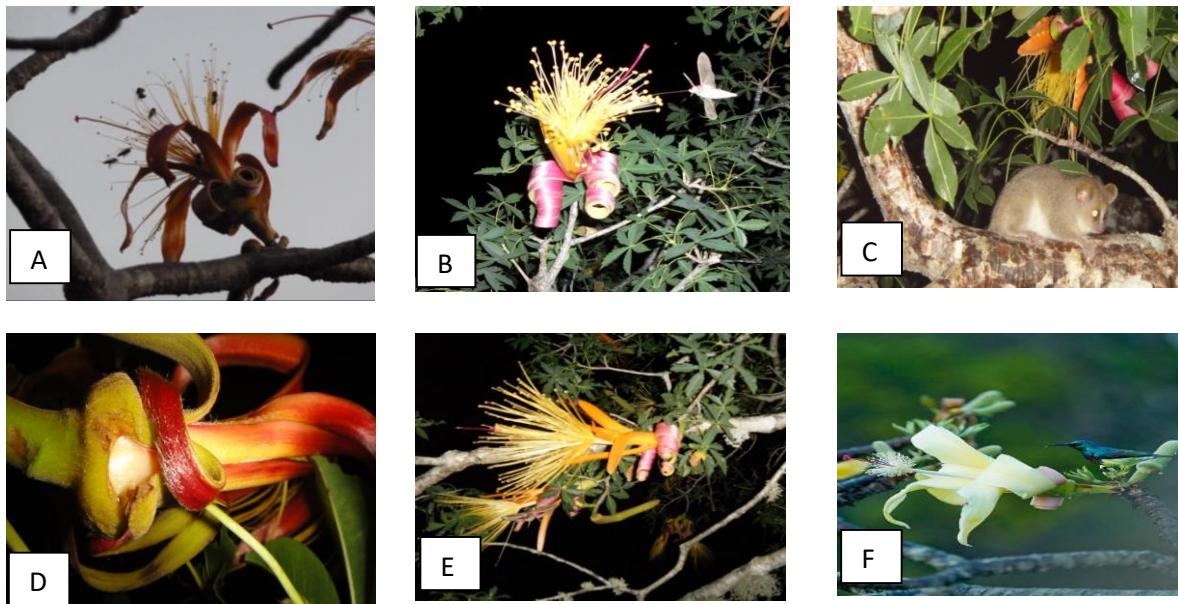


Figure 3 : Les différents visiteurs des Longitubae A) les abeilles visitant une fleur d'*A. madagascariensis* B) *A. convolvuli* visitant légitimement une fleur d'*A. rubrostipa* C) *M. griseorufus* D) Trace de morsure laissé par un voleur de nectar E) *H. celerio* prélevant le nectar de manière illégitime F) *N. souimanga* sur le point de se nourrir illégitimement le nectar d'une fleur d'*A. perrieri*

IV- Discussion

Le concept de syndrome de la pollinisation fournit une explication sur l'adaptation convergente entre la fleur et les polliniseurs : les fleurs de forme similaire reflètent une réponse sélective pour des polliniseurs similaires (Faegri and Van der Pijl 1979; Fenster et al. 2004). A part les abeilles et les colibris qui sont des polliniseurs généralistes, la section des Brevitubae et celle des Longitubae ont des polliniseurs différents car ils présentent des syndromes de pollinisations différents. En effet, les espèces de la section des Brevitubae et celles de la section des Longitubae présente une morphologie florale différente, la composition et le volume de nectar différent ainsi qu'un parfum floral différent (Razanamaro et al. 2015) qui leur permet d'attirer des polliniseurs différents.

Au cours de nos travaux, les sphinx sont les polliniseurs les plus fréquents des baobabs. En effet, les sphinx peuvent se développer dans des zones dégradées où la plupart de la population de baobab se retrouve actuellement. Les chauves-souris et les microcèbes se retrouvent dans les habitats à baobabs intacts qui se font désormais plus rares. Les chauves-souris et les Lémuriens sont fortement perturbés par la dégradation de la forêt.

La déforestation peut ainsi diminuer la diversité des polliniseurs et avoir un effet néfaste sur leur pérennité. Cette étude permet d'alerter sur la nécessité de protéger et les écosystèmes à baobabs pour maintenir l'interaction plante-pollinisateur intacte.

Références

- Baum DA (1995) A systematic revision of *Adansonia* (Bombacaceae). Annals of the Missouri Botanical Garden 82:440–470.
- Castro S, Loureiro J, Ferrero V, et al (2013) So many visitors and so few pollinators: variation in insect frequency and effectiveness governs the reproductive success of an endemic milkwort. Plant Ecology 214:1233–1245. doi: 10.1007/s11258-013-0247-1
- Dafni A, Maués MM (1998) A rapid and simple procedure to determine stigma receptivity. Sex Plant Reprod 11:177–180. doi: 10.1007/s004970050138
- Faegri K, Van der Pijl L (1979) The Principles of Pollination ecology, third revised edition., Pergamon Press. Oxford

- Fenster CB, Armbruster WS, Wilson P, et al (2004) Pollination syndromes and floral specialization. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35:375–403. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132347
- Inouye DW (1980) The effect of proboscis and corolla tube lengths on patterns and rates of flower visitation by bumblebees. *Oecologia* 45:197–201.
- Razanamaro O, Rasoamanana E, Rakouth B, et al (2015) Chemical characterization of floral scents in the six endemic baobab species (*Adansonia* sp.) of Madagascar. *Biochemical Systematics and Ecology* 60:238–248. doi: 10.1016/j.bse.2015.04.005
- Razanameharizaka JHH (2009) Régénération, démographie, physiologie de la graine et des plantules du genre *Adansonia* à Madagascar. Antananarivo

3. Gestion de la diversité et de l'efficience des champignons mycorhiziens via les espèces végétales pionnières pour une restauration écologique.

BAOHANTA Rondro H.⁽¹⁾, Andrianandrasana Doret M.⁽¹⁾, Randriambanona H.⁽¹⁾, Razakatiana A. Tsoushima^(1,2), Rasoanaivo Niry S.^(1,4), Rakotoarimanga N.⁽¹⁾, Miasa E.⁽³⁾, Ramanankierana H.⁽¹⁾

⁽¹⁾ Laboratoire de Microbiologie de l'Environnement-CNRE Antananarivo

⁽²⁾ Mention Biochimie Fondamentales et Appliquées-Faculté des Sciences-Université d'Antananarivo

⁽³⁾ Institut Supérieur en Sciences, Environnement et Développement Durable-Université de Toamasina

⁽⁴⁾ Mention Biologie et Ecologie Végétale

Introduction

Les espèces végétales pionnières sont celles qui colonisent en premier une surface donnée suite à une forte perturbation ou dégradation du milieu naturel. Ce stade, couramment appelé stade pionnier, influence directement la trajectoire d'évolution d'un écosystème (Ren et al. 2008). En effet, à cause de leurs caractéristiques écologiques (mode reproduction, de répartition et durée de vie), les espèces pionnières contribuent activement, dans la majorité des cas, à l'amélioration des propriétés biotiques et abiotiques du sol au bénéfice des autres espèces qui vont leur succéder ou bien occuper la même niche écologique qu'elles (Castro et al. 2004a). L'enrichissement du sol en éléments organiques constitue l'un des processus de base, lié à ce mécanisme (Ren et al. 2008). Récemment, les découvertes ont rapporté que certaines espèces pionnières des zones dégradées ont la capacité d'influencer positivement l'installation d'autres espèces à travers le phénomène appelé facilitation plante-plante (Baohanta et al. 2012 ; Duponnois et al. 2013). L'amélioration des propriétés du sol, en termes de structure, de composition biologique et physico-chimique est telle qu'elle est bénéfique pour les autres espèces (Baohanta et al. 2012). Le partage et/ou la stimulation de microorganismes bénéfiques pour les plantes (bactéries fixatrices d'azote, champignons mycorhiziens connus par leurs rôles dans l'amélioration de nutrition hydrique et minérale des plantes, bactéries solubilisatrices de phosphate...), à l'échelle rhizosphérique, est l'une des formes de facilitation plante-plante (Bertness et Leonard, 1997). Actuellement, les recherches s'orientent principalement dans l'exploitation de ce potentiel végétal et microbien dans les programmes de restauration écologique des écosystèmes dégradés (Castanho et Prado, 2014).

En prenant comme modèle microbien, la communauté de champignons mycorhiziens, cette étude s'est basée sur l'hypothèse qui stipulait que « les espèces pionnières seraient des réservoirs / vecteurs potentiels de propagules de champignons mycorhiziens efficents (*qui pourraient infecter d'autres espèces végétales par la suite*) à cause du fait que leurs rhizosphères en soient spécifiquement riches (diversité et densité) ». L'objectif principal a été donc de décrire la diversité ainsi que le potentiel infectieux (efficience) des propagules de champignons mycorhiziens dans la rhizosphère des espèces pionnières des zones dégradées dans deux forêts naturelles hautement perturbées de Madagascar, la forêt dense humide de basse altitude, la forêt de Vohilahy, de Ranomafana Est (S18°57'41" ; E048°50'38" ; 49m) et la Forêt sclérophylle à *Uapaca bojeri* d'Arivonimamo (S19°00'32.7" ; E 047° 08' 37.2" ; 1326m). Pour les deux sites, en se basant sur les résultats d'un inventaire floristique réalisé préalablement, les objectifs spécifiques ont été de i) sélectionner les espèces pionnières à statut mycorhizien, ii) évaluer le potentiel infectieux des propagules de champignons mycorhiziens associés à chaque espèce pionnière sélectionnée et enfin, iii) décrire la diversité des champignons mycorhiziens associés à chaque espèce.

Méthodes

1. Sélection des espèces associées avec des champignons mycorhiziens

Sur la base des données de relevés floristiques (méthode de placeau 10x10m), réalisés au niveau des stades pionniers des deux sites, les espèces pionnières ayant une fréquence relative entre 30-50 individus par 10m² ont été retenues. Pour chaque espèce retenue, une étude anatomo-morphologique visant à déterminer leur statut mycorhizien a été réalisée au Laboratoire de Microbiologie de l'Environnement du Centre National de Recherches sur l'Environnement Madagascar. La méthode de suivi racinaire a été adoptée, afin de s'assurer que les racines récoltées appartiennent à la plante cible. Pour cela, les racines ont été soigneusement déterrées à partir de la base du tronc jusqu'aux extrémités. Pour toutes les espèces pionnières retenues, cinq jeunes individus ont été choisis au hasard et déterrés pour le prélèvement de sol rhizosphérique et du système racinaire. Les échantillons de sols et de racines ont été conservés à +4°C jusqu'à l'utilisation au laboratoire. La moitié du système racinaire servira pour l'observation des ectomycorhizes (ECM) et l'autre moitié pour les endomycorhizes à vésicules et à arbuscules (MVA).

a. Observation des ectomycorhizes (ECM)

Pour l'identification des ectomycorhizes, les racines des espèces pionnières ont été respectivement lavées et observées sous stéréo-microscope (x40). Les structures ressemblant à des morphotypes d'ectomycorhizes ont été prélevées, pour confirmation par coupes transversales semi-fines qui ont été par la suite éclaircies dans un bain d'hypochlorite de sodium, passées dans une solution d'acide chlorhydrique puis colorées dans une solution de Rouge Congo à 1% (Ramanankierana, 2005). Les coupes ont été rincées à l'eau distillée entre chacune des étapes puis montées dans du glycérol et observées au microscope (x100 et x400). La présence du manteau fongique et du réseau de Hartig indique le statut ectomycorhizien de la plante.

b. Observation des endomycorhizes à vésicules et à arbuscules (MVA)

La méthode décrite par Phillips et Hayman (1970) a été adoptée pour mettre en évidence la présence des endomycorhizes. Tout d'abord, les racines ont été respectivement lavées à l'eau du robinet puis chauffées à 90°C pendant 30 minutes dans une solution de KOH à 10%. Elles ont été ensuite rincées abondamment à l'eau puis chauffées pendant 30 minutes dans une solution de bleu trypan. Après rinçage, les racines colorées ont été disposées sur une lame d'observation à raison de 10 fragments de 1 cm de racines par lame et par plante. Une espèce est considérée à statut endomycorhizien seulement si des structures arbusculaires ou vésiculaires sont observées ou si des hyphes internes sont identifiés sur au moins l'un des fragments.

Les espèces pionnières associées à des champignons mycorhiziens (MVA ou ECM ou ECM-MVA) ont été sélectionnées pour la suite de cette étude.

2. Evaluation du potentiel infectieux mycorhizogène du sol

- Dénombrement des spores de champignons endomycorhiziens

La densité et la diversité morphologique des spores de champignons MVA ont été évaluées. Les spores ont été extraites à partir des échantillons de sol (100 g) par des séries de tamisage (200 µm, 100 µm, 80 µm et 50 µm) sous un jet d'eau.

Deux séries de centrifugation ont été réalisées, la première à 5000 tours pendant 5min avec de l'eau distillée et le deuxième pendant 3 min à 1000 tours après ajout de saccharose 60% (m:v).

Les spores ayant migrées vers le haut par gradient de concentration ont été récupérées par filtration du surnageant à travers un filtre millipore et récupérées sur du papier Wattman N°1. L'observation est effectuée au stéréomicroscope (grossissement x100) (Sieverding, 1991).

Les spores ont été classées selon leur taille, leur aspect et leur couleur puis comptées. La densité et la fréquence spécifique des spores sont exprimées en nombre par gramme de sol.

- Estimation du Nombre le plus Probable de Propagules de champignons mycorhiziens (NPP) dans le sol

L'évaluation du NPP du sol rhizosphérique a été réalisée selon la méthode décrite par Porter (1979). La méthode NPP permet d'évaluer le **nombre probable des propagules capables d'infecter la plante hôte**. Chaque échantillon de sol préalablement tamisé à 2 mm a été mélangé avec du sol sableux stérilisé (140°C, 40 min, 2 bars) en adoptant un facteur de dilution 4 (dilution 1 à 1/1024) et pour une masse finale de 500g. Les sols ainsi dilués ont été distribués dans des pots en plastique de 150 ml à raison de 100 g de sol par pot et disposés sous serre (température moyenne 18°C la nuit et 28°C la

journée et une photopériode de 12 h/12 h) avec 5 répétitions pour chaque mélange. Des graines pré-germées de mil (*Pennisetum typhoides*), une plante hautement endotrophe, y ont été repiquées à raison d'une plantule par pot. L'évaluation de l'infection par les MVA a été effectuée après 3 semaines de culture selon la méthode décrite par Phillips et Hayman (1970). Chaque morceau de racine montrant au moins un point d'infection (pénétration d'hyphes dans la racine) est considéré comme mycorhisé. Le nombre probable de propagules fongiques (NPP) contenu dans le pot sans dilution est donné par la formule :

Log10 NPP= x log a - K où **a** est le facteur de dilution soit 4 dans notre cas ; **x** représente le niveau fertile moyen = nombre total de plants mycorhizés/ nombre de répétitions pour chaque dilution (soit dans notre cas 5). La valeur de **K** doit être lue dans la table proposée par W.L Stevens (Fisher & Yates, 1963).

3. Etude de la diversité des champignons mycorhiziens

Des analyses biomoléculaires (PCR-based rDNA fingerprinting-DGGE suivi d'un séquençage) ont été réalisées avec des isolats (spores de MVA, racines endomycorhizée et morphotype d'ECM) de champignons mycorhiziens en se focalisant sur l'ADN ribosomique. Les ADN fongiques ont été extraites en utilisant le Kit Qiagen (DNeasy Plant Mini Kit ; Qiagen SA, Courtabœuf, France) en utilisant des amorces spécifiques de chaque groupe. Les produits d'amplification de l'ADN ont été purifiés à l'aide du protocole du Kit de purification (QIAGEN) avant d'être envoyé à Macrogen (Corée du Sud, www.macrogen.com) pour le séquençage. Les séquences ont été par la suite identifiées en utilisant le programme BLAST (NCBI; www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST/index). L'analyse phylogénétique a été réalisée en utilisant la méthode du maximum de vraisemblance mise en œuvre dans le programme PhyML sur le site www.phylogeny.fr

Analyses des données

Les données ont été soumises à une analyse de variance selon le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité 5% pour évaluer les groupes statistiques existants (Logiciel STATISTICA). Une analyse en composante principale a été également réalisée afin de mettre en évidence les corrélations entre les variables et les paramètres étudiés. L'indice de diversité de Shannon, la fréquence relative ainsi que l'indice d'équitabilité des champignons mycorhiziens ont été calculés à partir des formules suivantes

Indice de diversité de Shannon

Indice d'équitabilité

f_i =fréquence relative des individus ; S : nombre total d'espèces identifiées

$$H = - \sum_{i=1}^S f_i \log_2 f_i$$

$$R = H / \log_2 S$$

Résultats

1) Potentiel infectieux mycorhizogène du sol

Les espèces pionnières ayant été sélectionnées en fonction de leur statut mycorhizien et leur fréquence relative sont représentées par les figures ci-contre (figure 1 et 2) avec la densité des spores et le nombre probable de propagules (NPP) mycorhiziens capable d'infecter une plante pour les deux sites respectivement. Les sols sous les espèces pionnières sont principalement marqués par des valeurs significativement élevés de nombre de spores et de nombre probable de propagules (NPP) capables d'infecter une plante hôte significativement élevés par rapport aux sols témoins (prairie pour la forêt de Vohilahy et sol nu pour la forêt d'Arivonimamo).

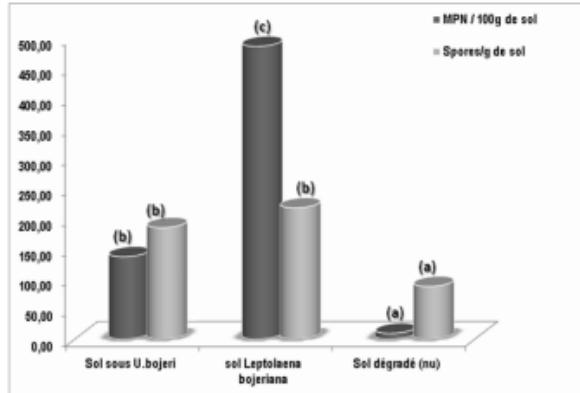


Figure 1 : Nombre de spores de champignons MVA et nombre probable de propagules de champignons MVA capables d'infecter une plante hôte pour le site Arivonimamo

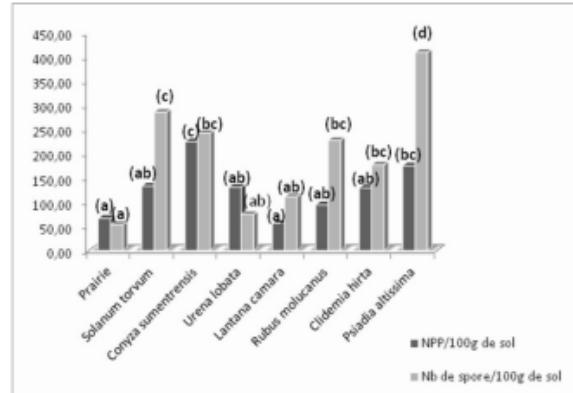


Figure 2 : Nombre de spores de champignons MVA et nombre probable de propagules de champignons MVA capables d'infecter une plante hôte pour le site de Vohilahy

2) Diversité spécifique des champignons mycorhiziens associés aux espèces pionnières dans les deux sites

La diversité spécifique des champignons mycorhiziens associés aux espèces pionnières sélectionnées sur les deux sites d'études est représentée par les deux tableaux ci-après (tableau 3 et 4). Sur le site de Vohilahy, 18 espèces de champignons mycorhiziens MVA ont été identifiées appartenant respectivement au genre *Glomus*, *Diversispora*, *Funneliformis*, *Acaulospora*, *Rhizophagus*, *Scutellospora*, *Gigaspora*. En ce qui concerne le site d'Arivonimamo, nous avons pu identifier 09 espèces de champignons ECM appartenant au genre *Russula*, *Amanita*, *Boletellus*, *Xerocomus*, *Coltricia* et *Telephoroid*. Il a été observé que certaines espèces sont beaucoup plus actives dans la stimulation des communautés de champignons mycorhiziens par rapport aux autres, en se basant sur leur indice de diversité de Shannon (H').

Tableau 3 : Diversité et richesse spécifique des champignons mycorhiziens du site de Vohilahy

Espèces MVA	GH	DE	GA	FM	FC	AL	AC	RA	GC	SC	GG	DS	De	Ss	AR	SD	RI	SS	GD	H'	R'	SR
<i>U. lobata</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	3,084	0,726	17
<i>R.molucanus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	-	2,348	0,553	15
<i>C. sumentrensis</i>	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	-	2,875	0,677	13
<i>H.tomentosa</i>	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	1,742	0,410	14
<i>C.hirta</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	X	X	X	X	X	-	-	1,735	0,408	13
<i>P.altissima</i>	X	X	X		X	X	X	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	-	-	1,738	0,409	11
<i>L. camara</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	X	X	X	X	-	X	-	2,957	0,696	14
<i>S.torvum</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	X	X	X	X	-	X	-	2,683	0,632	13

GH : *Glomus hoi*; DE : *Diversispora epigaea*; GA : *Glomus ambisporum*; FM : *Funneliformis mosseae*; FC : *Funneliformis coronatum*; AL: *Acaulospora lacunosa*; AC: *Acaulospora capsicula* ; RA: *Rhizophagus aggregatus*; GC: *Glomus caledonius*; SC: *Scutellospora calospora*; GG: *Gigaspora gigantea*; DS: *Diversispora spurca*; De: *Diversispora eburnea*; Ss: *Scutellospora sp*; AR: *Acaulospora rugosa*; SD: *Scutellospora dipurpurascens*; RI: *Rhizophagus intraradices*; SS: *Scutellospora scutata*; GD: *Gigaspora decipiens*; H': Indice de diversité de Shannon; R': Indice d'équitabilité de Shannon; SR: richesse spécifique

Tableau 4 : Fréquence relative des espèces de champignons ECM identifiées sur le site d'Arivonimamo

Espèces identifiées	UB	LB	NU	Accession number	Similarity	E-value
<i>Russula earlei</i>	0,147	0,128	0,293	AF 518722	96%	2e-144
<i>Amanita sp.</i>	0,167	0,182	0,234	AM117659	96%	0.0
<i>Boletellus projectellus</i>	0,343	0,100	0,000	DQ534582	99%	0.0
<i>Telephoroid mycorrhizal sp.</i>	0,000	0,176	0,000	AJ509798	93%	1e-154
<i>Russula exalbicans</i>	0,118	0,125	0,000	AY293269	99%	2e-170
<i>Ucultured ectomycorrhizal</i>	0,225	0,000	0,161	AY157720	99%	0.0
<i>Boletus rubropunctus</i>	0,000	0,134	0,000	FJ480421	98%	2e-171
<i>Coltricia perennis</i>	0,000	0,154	0,000	AF518722	95%	1e-142
<i>Xerocomus chrysenteron</i>	0,000	0,000	0,311	AD001659	98%	4e-173

UB : *U.bojeri* ; LB : *L.bojeriana* ; NU : sol nu dégradé

Discussion et conclusion

L'objectif principal de cette étude était de décrire la diversité et l'efficience des communautés de champignons mycorhiziens, associées aux espèces pionnières des zones dégradées dans deux forêts naturelles hautement perturbées de Madagascar. Etant donné que 95% des espèces végétales sont associées avec des champignons mycorhiziens (Smith and Read, 2008), et que ces organismes jouent des rôles importants dans l'amélioration des nutritions azotées, hydriques et phosphatées des plantes, leurs diversité, densité et efficience seraient des atouts non négligeables pour tout processus de restauration écologique (Gómez-Aparicio et al. 2005a ; 2005b). Par ailleurs, nos résultats corroborent parfaitement ceux de Duccosso et al. (2004) ; Henry et al. (2015) concernant le statut symbiotique de certaines des espèces pionnières sélectionnées. Il a été également observé que le sol rhizosphérique de ces espèces pionnières est caractérisé par une abondance très significative des propagules des champignons mycorhiziens qui se sont avérés efficaces pour infecter de nouveau une plante myctrophe. Des études ont déjà rapporté cette capacité spécifique des espèces pionnières à sélectionner et stimuler des communautés bénéfiques de champignons mycorhiziens au profit des jeunes arbres ou des autres plantes qui vont leur succéder via un mécanisme appelé facilitation (Padilla et Pugnaire 2006). Néanmoins, il convient de souligner que chaque site à sa spécificité en termes de composition floristique et faunistique, de dégradation et de capacité de régénération (Ren et al. 2008). De ce fait, il serait donc intéressant d'approfondir les recherches sur ces espèces afin de pouvoir exploiter pleinement leur potentialité pour la restauration des deux sites respectivement et respecter l'équilibre écologique d'un écosystème.

Références

- Ren H., Yang L., Liu N. (2008). Nurse plant theory and its application in ecological restoration in lower subtropics of China. *Progress in Natural Science* 18 (2) : 137-142
- Castro J., Zamora R., Hódar J.A., Gómez J. M., and Gómez-Aparicio L. (2004a). Benefits of using shrubs as nurse plants for reforestation in Mediterranean mountains: a 4-year study. *Restor. Ecol* 12:352-358.
- Duponnois R., Ramanankierana H., Hafidi M., Baohanta R.H., Baudouin E., Thioulouse J., Sanguin H., Bâ A., Galiana A., Bally R., Lebrun M ; Prin Y. (2013). Native plant ressources to optimize the performances of forest rehabilitation in Mediterranean and tropical environment: some examples of nursing plant species that improve the soil mycorrhizal pootential. *Comptes rendus Biologies*.
- Baohanta R.H., Thioulouse, J.; Ramanankierana, H.; Prin, Y.; Rasolomampianina, R.; Baudoin, E.; Rakotoarimanga, N.; Galiana, A.; Randriambanona, H.; Lebrun, M.; Duponnois, R. (2012). Restoring native forest ecosystems after exotic tree plantation in Madagascar: combination of the local ectotrophic species *Leptolena bojeriana* and *Uapaca bojeri* mitigates the negative influence of the exotic species *Eucalyptus camaldulensis* and *Pinus patula*. Springer, Amsterdam, Netherlands, *Biological Invasions* 14 (11): 2407-2421
- Bertness MD, Leonard GH. (1997). The role of positive interactions in communities: lessons from intertidal habitats. *Ecology* 78: 1976-1989.
- Castanho CDT. et Prado P.I. (2014). Benefit of Shading by Nurse Plant Does Not Change along a Stress Gradient in a Coastal Dune Plos One 9(8): 1-8
- Phillips JM. & Hayman DS. (1970). Improved procedure for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transaction British Mycological Society. 55: 158-161
- Sieverding. (1991). Vesicular Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. GTZ, Eschborn, Germany, 371 pp.
- Porter WM. (1979). The most probable number method for enumerating infective propagules of vesiculararbuscular mycorrhizal fungi in soil. *Aust J Soil Res* 17: 515-519.
- Fisher RA., and Yates F. (1963). Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research. 6th Ed. Oliver & Boyd, Edinburgh and London, 146 p
- Smith S. & Read D. (2008). Mycorrhizal symbiosis 3ème éd., New York: Academic Press, 815p.
- Padilla F. & Pugnaire F. (2006). The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(4), p.196-202.
- Gómez-Aparicio L, Gómez JM, Zamora R, Boettinger JL. (2005a). Canopy vs. soil effects of shrubs facilitating tree seedlings in Mediterranean montane ecosystems. *Journal of Vegetation Science* 16(2) : 191-198
- Gómez-Aparicio L, Valladares F, Zamora R, Quero JL. (2005b). Response of tree seedlings to the abiotic heterogeneity generated by nurse shrubs : an experimental approach at different scales. *Ecography* 28 : 757-768

- Ducousoo M., Ramanankierana H., Duponnois R., Rabévohipatra R., Randrihasipara L., Vinclette M., Dreyfus B., Prin Y., (2008). Mycorrhizal status of native trees and shrubs from eastern Madagascar littoral forests with special emphasis on one new ectomycorrhizal endemic family, the Asteropeiaceae. *New Phytol.* 178 : 233–238.
- Henry C., Raivoarisoa J-F., Razafimamonjy A., Ramanankierana H., Andrianaivomahefa P., Selosse M-A., Ducousoo M. (2015). *Asteropeia mcpheronii*, a potential mycorrhizal facilitator for ecological restoration in Madagascar wet tropical rainforests *Forest Ecology and Management* 358 : 202–211

4. Etude des champignons dans la Réserve Spéciale d'AnalamaZaotra Andasibe

Anna Berthe RALAI VELOARISOA¹, Bako Harisoa RAVAOMANALINA¹, Agnès RADIMBISON¹, Bakolimalala RAKOUTH¹, Emile RANDRIANJOHANY²

¹Université d'Antananarivo, Domaines Sciences et Technologies, Mention Biologie et Ecologie Végétales, LABoratoire Anatomie des Plantes

²Centre National de Recherche sur l'Environnement

Résumé

Les champignons jouent un rôle très important dans le bon fonctionnement des écosystèmes. Ils sont nécessaires aussi en agroalimentaire, en pharmacothérapie et surtout dans la production des molécules médicamenteuses. Pourtant, peu d'ouvrages sur les champignons de Madagascar sont disponibles. Des inventaires et des identifications des espèces fongiques ont été réalisés, selon la présence, ou non d'*Uapaca* dans la Réserve Spéciale d'AnalamaZaotra. 165 morpho-espèces ont été inventorierées, réparties dans 46 genres et 24 familles. Parmi ces morpho-espèces, 19 espèces seulement ont été identifiées et l'une de ces espèces appelée *Catharellus ambohitantelyensis* est endémique de Madagascar. La richesse spécifique de la parcelle avec *Uapaca* est plus élevée que de la parcelle sans *Uapaca*.

Mots clés : Champignon, inventaire, morpho-espèces, parcelle, *Uapaca*.

Introduction

Les champignons sont essentiels voire indispensable dans la nature. Ils participent à la production d'humus. Ils améliorent la croissance des plantes en synthétisant des phytohormones et assurent les échanges des nutriments entre les racines des arbres. Les champignons aident aussi les racines dans l'absorption de sels minéraux et de l'eau. Malgré ces importances, leurs études sont encore restreintes. A Madagascar, le nombre de champignons forestiers recensés au stade actuel des recherches est estimé à 500 morpho-espèces (source CNRE) dont 90 % restent à déterminer. Ce chiffre est infime par rapport à la quantité d'espèces existant réellement à Madagascar, même si aucune estimation du nombre total des champignons n'existe. De ce fait, cette étude a pour but d'inventorier, de décrire et d'identifier les espèces fongiques dans la Réserve Spéciale d'AnalamaZaotra afin de compléter les connaissances de base et de capitaliser les acquis sur les espèces de champignons malgaches.

Milieu d'étude

L'étude a été effectuée dans la Réserve Spéciale d'AnalamaZaotra (RSA), région d'Alaotra Mangoro, District de Moramanga, et dans la Commune Rurale d'Andasibe. Elle se trouve à 138 km d'Antananarivo et à 225 km à l'Ouest de Toamasina. La superficie de cette réserve mesure 810 ha. Le climat de la région est de type tropical humide, avec une température moyenne de 21°C et des précipitations d'environ 1200 mm. La végétation est de type forêt dense humide de moyenne altitude.

Méthodologie

1- Choix et description des parcelles

Deux parcelles ont été sélectionnées selon la présence ou non d'*Uapaca*. *Uapaca*, plante caractéristique de la Réserve, a été choisi, en raison de sa symbiose avec des champignons. Sa présence y est irrégulière et discontinue. Quatre (4) placettes de 12,5 x 20 m dans chaque parcelle ont été montées, pour P1 sans *Uapaca* : les placettes A, B, C, et D et pour P2 avec *Uapaca* : les placettes E, F, G, et H. La distance minimale entre 2 placettes est de 100 m.

2- Inventaire et collecte des sporophores

Tous les sporophores présents dans chaque placette ont été inventoriés. Simultanément, la nature des substrats et les caractères évanescents (couleur, odeur, ...) ont été aussi notés. Les sporophores matures, représentatifs de chaque espèce, sont ensuite exhumés. La collecte a été suivie par des prises de photo de chaque échantillon sous différentes vues.

3- Identification

L'identification de l'échantillon consiste à nommer les échantillons collectés à partir de la description morphologique du sporophore et la collecte des sporées.

L'étude morphologique de chaque spécimen a été effectuée, en caractérisant toutes les parties du sporophore (chapeau, lame et pied). Les descriptions ainsi obtenues sont ensuite comparées avec celles décrites dans les différentes ouvrages et articles sur les champignons macroscopiques afin d'identifier les espèces.

Pour la collecte des sporées, le chapeau d'un carpophage mature est coupé de son pied, déposé sur un papier transparent et couvert avec du verre ou du papier mouillé. Après 24 heures, les spores se libèrent du chapeau et s'attachent au papier transparent. La collecte des sporées sert à déterminer les différentes caractéristiques des spores comme couleurs, forme, répartition, ... Ces caractéristiques des spores permettent de différencier les groupes de mycètes.

Résultats

1- Richesse fongique

Les inventaires fongiques ont permis de recenser 1666 individus, 165 morpho-espèces, 46 genres et 28 familles. La parcelle sans *Uapaca* (P1) renferme 843 individus, 83 morpho-espèces, 25 genres et 14 familles tandis que 823 individus, 103 morpho-espèces, 38 genres et 23 familles sont trouvés dans la parcelle avec *Uapaca* (P2).

2- Comparaison de deux parcelles :

a- Répartition des Familles :

- En fonction des genres :

Vingt-huit (28) familles ont été trouvées dans les 2 parcelles. Sur la figure 1, 14 familles sont rencontrées dans P1 sans *Uapaca* et 26 dans P2 avec *Uapaca*. Seules les familles des CORDYCEPITACEAE et des PEZIZACEAE sont absentes dans la parcelle avec *Uapaca*. Les genres appartenant aux familles des MARASMIACEAE et des POLYPORACEAE sont les plus nombreux dans les 2 parcelles, respectivement au nombre de 5 et 6.

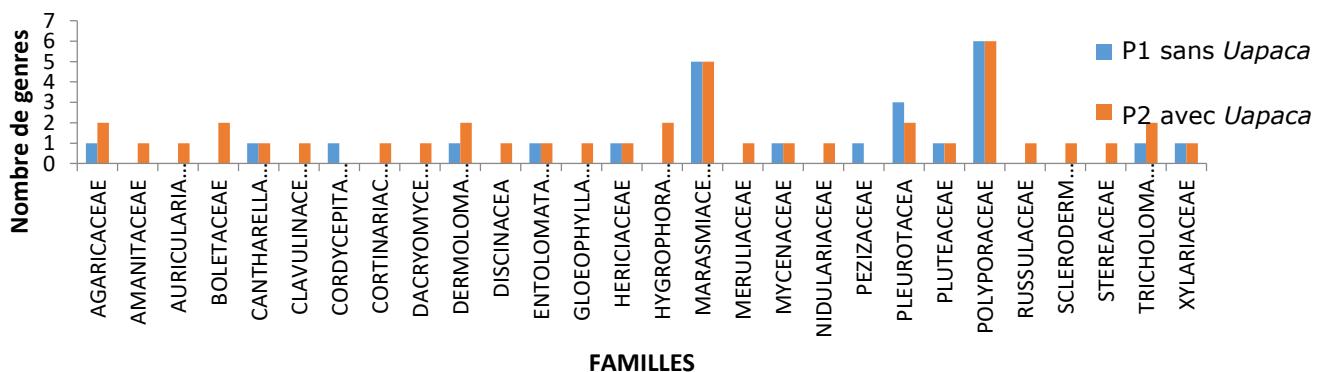


Figure 1: Répartition des genres par famille

- En fonction des espèces :

Dans les 2 parcelles, les espèces appartenant aux familles des MARASMIACEAE, des MYCENACEAE et des POLYPORACEAE sont les plus abondantes (figure 2). La famille des MARASMIACEAE a le plus d'espèces dans la parcelle sans *Uapaca*, avec 29 espèces, et la famille de MARASMIACEAE et de POLYPORACEAE dans la parcelle avec *Uapaca* avec 18 espèces chacune.

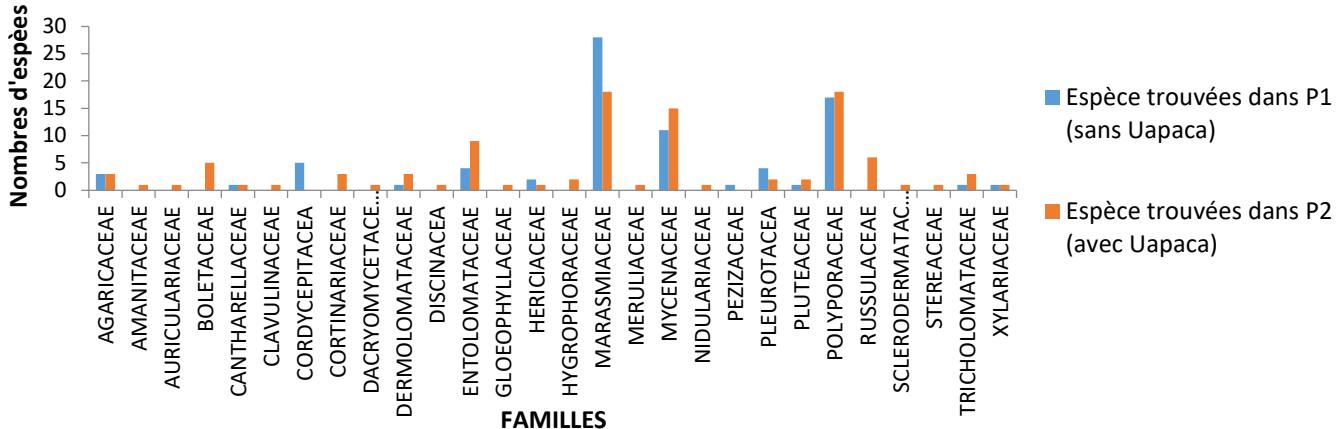


Figure 2: Réparation des espèces par familles

- En fonction du nombre d'individus :

Les individus de la famille de MARASMIACEAE sont les plus abondants dans la parcelle sans *Uapaca*, et ceux de POLYPORACEAE dans l'autre parcelle avec un nombre respectivement égal à 506 et 227. La famille des CLAVULINACEAE renferme 166 individus et ne se trouve que dans la parcelle avec *Uapaca* (figure 3).

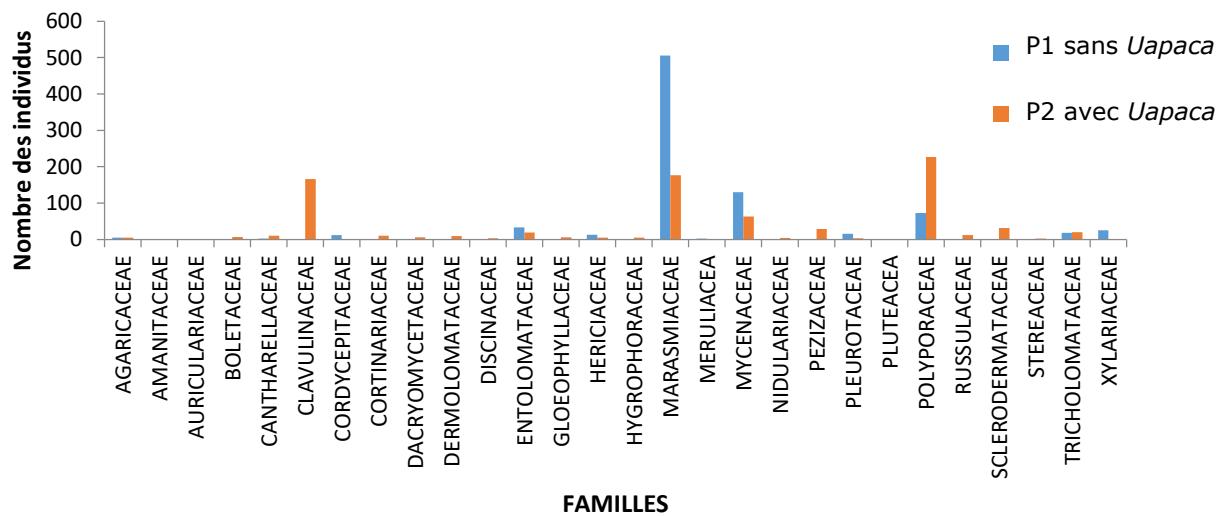


Figure 3: Répartition des individus par famille

b- Répartition des genres

Parmi les 46 genres trouvés dans les 2 parcelles, 25 genres sont présents dans les placettes sans *Uapaca* et 41 dans les placettes avec *Uapaca* (figure 37). Seuls les genres *Cordyceps*, *Pleurotus*, *Pleurotellus*, *Peziza*, *Setulipes* sont absents dans la parcelle avec *Uapaca*. *Collybia*, *Marasmius*, *Mycena* et *Polyporus* sont les genres les plus abondants dans P1 sans *Uapaca* tandis que *Collybia*, *Entoloma*, *Mycena* et *Polyporus* dans P2 avec *Uapaca*. Le genre *Marasmius* est abondant dans la parcelle sans *Uapaca* avec un pourcentage de 20,50 % par contre *Mycena* dans P2 avec *Uapaca* soit 14,60 %

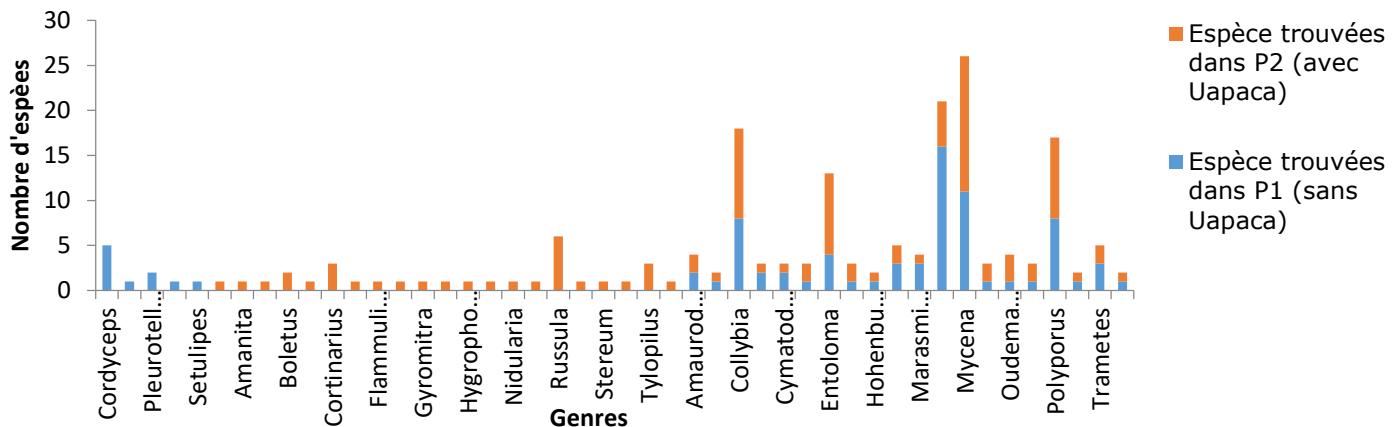


Figure 4: Répartition des espèces en fonction des genres

c- Répartition des espèces

37 % des espèces sont trouvées seulement dans P1 sans *Uapaca*, 50 % dans P2 avec *Uapaca* et 13% des espèces sont communes aux 2 parcelles L'espèce *Marasmius rotula* est la plus fréquente et la plus dominante dans P1 et P2. *Marasmius rotula* est très abondante dans P1 sans *Uapaca* tandis que *Clavulinina* sp. dans P2 avec *Uapaca*.



Figure 5: Pourcentage des espèces propres et communes aux deux parcelles

Parmi les 165 morpho-espèces inventoriées, 19 seulement ont été identifiées jusqu'au niveau espèce. Ce sont les *Cantharellus ambohitatelyensis*, *Collybia dryophila*, *Collybia marasmoides*, *Cryptotrama aspirata*, *Dacrymyces chrysospermus*, *Entoloma nitidium*, *Flammulina velutipes*, *Ganoderma lucidum*, *Hygrocybe maniata*, *Lepiota alba*, *Marasmius cancidus*, *Marasmius confertus*, *Marasmius haematocephala*, *Marasmius rotula*, *Marasmius ventalloi*, *Oudemansiella mucida*, *Scleroderma verrucosum*, *Trametes versicolor*, *Xylaria polymorpha*. L'une de ces espèces, appelée ***Cantharellus ambohitatelyensis***, est endémique de Madagascar. Les 146 morpho-espèces restantes pourraient être de nouvelles espèces et aussi endémique de Madagascar.

Discussion

Quatre-vingt-sept (87) genres ont été inventoriés dans tout Madagascar d'après les inventaires fongiques menés par Bouriquet (1942), Zeller (1982) et CNRE (données non publiées), tandis que 46 genres ont été recensés dans RSA lors de cette étude. Parmi les 87, 25 genres sont communs et ont été

rencontrés dans la réserve spéciale d'AnalamaZaotra. Parmi les 46 genres inventoriés dans la réserve spéciale d'AnalamaZaotra, 21 sont nouveaux.

Les genres *Collybia*, *Marasmius* et *Mycena* sont fréquents dans la forêt humide de Madagascar selon Pirot (2006), en plus de ces genres, le genre *Polyporus* est aussi trouvé fréquent dans les 2 parcelles lors de cette étude.

Conclusion et perspectives

En guise de conclusion, les résultats des inventaires nous ont permis de recenser 165 morpho-espèces, 46 genres et 28 familles. Seules 19 espèces parmi les 165 recensées ont été identifiées dont l'une est endémique. La parcelle P2 avec *Uapaca* est plus riche en espèces, en genre et en familles que P1 sans *Uapaca*. D'après cette étude, on a pu constater qu'il y a interdépendance entre la composition fongique et la composition floristique d'un site. Et la présence d'*Uapaca* dans un site favorise sa diversité fongique.

Etant donné leur rôle incontestable, l'étude des champignons à Madagascar mérite d'être approfondie. L'inventaire et l'identification des espèces fongiques dans d'autres aires protégées et régions de Madagascar devraient être investigués. Pour résoudre le problème d'identification des espèces, les études microscopiques des spores et du mycélium de toutes les espèces inventorierées s'avèrent nécessaire. La création d'un fungarium est plus que nécessaire afin d'établir des spécimens de référence et de faciliter les études taxonomiques.

Une liste rouge des espèces des champignons menacés devrait être établie.

Références bibliographiques :

- BOURIQUET, G. 1942. *Principaux champignons de Madagascar*, 35p
BOURIQUET, G. 1942a. *Quelques macromycètes de Madagascar*. Bulletin Trimestriel de l'Académie Malgache, 24 :1-4.
PIROT, P. 2006. *Série Biodiversité d'Andasibe-Périnet (Madagascar) N° 1. Olatra Champignons*. Editeur de Série : Rainer Dolch
ZELLER, H. 1982. *Principaux champignons de Madagascar*. 34p

5. Evolution de la diversité floristique dans la savane de Sud-est de Madagascar sous l'influence du feu et du pâturage (cas Mahabo-Mananivo)

Marrino Falitiana RAKOTOARISOA¹, Vonjison RAKOTOARIMANANA¹

¹ Département de Biologie et Ecologie Végétale (DBEV), Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo

Résumé

Dans le contexte du changement climatique global et de la forte croissance de la population mondiale, la pression sur les écosystèmes de zones arides augmente. Cela se traduit dans les savanes par une intensification des pratiques liées à leur utilisation par l'élevage. En effet, elles sont brûlées annuellement pour renouveler les pâturages. Les savanes sont particulièrement exposées à des risques importants de dégradation.

Les savanes de Sud-est de Madagascar, où la forêt est un refuge temporaire mais ne présente pas un véritable pâturage, n'échappent pas à cette dégradation. La savane demeure cependant, le milieu le plus fréquenté au cours de l'année. L'alimentation de base est prélevée en savane, mais la variation de sa qualité dépend de la fréquentation d'autres milieux.

En tenant compte de toutes ces considérations, une étude sur la variation de la diversité floristique sous l'influence du feu et du pâturage a été menée pendant une période de cinq ans dans la commune rurale de *Mahabo-Mananivo*, située dans le district de Farafangana de la région du Sud-est de Madagascar. L'étude a pour objectif de cerner la dynamique des savanes, sous l'influence de facteurs feu et pâturage sur la base des indicateurs pertinents (diversité floristique), afin de proposer une gestion intégrée de feu et de pâturage de la région.

Un dispositif expérimental pluriannuel a été installé en mars 2010 à *Mahabo-Mananivo* ; il vise à mesurer l'effet récurrent du feu et du pâturage sur la diversité floristique de la savane. Il s'agit d'un dispositif

expérimental factoriel organisé en blocs aléatoires complets avec parcelles divisées en 18, dont 09 sont protégées. Les facteurs étudiés sont le feu avec trois modalités (témoin, feu précoce, feu tardif) et le pâturage avec deux modalités (pâtré et non pâtré). Les inventaires floristiques par la méthode de Daget et Poissonnet ont été réalisés deux fois par an durant les saisons humides (Mars) et sèches (Octobre), entre les années 2010 et 2014. L'indice de Shannon et de Weaver a été calculé pour déterminer la diversité floristique. Les données obtenues ont été testées par une Analyse de variance (ANOVA) sous le logiciel R.

Les résultats ont montré que feu et pâturage induisent une augmentation de la diversité floristique et de qualité fourragère. C'est donc bien l'interaction entre feu et pâturage qui joue sur la dynamique de la végétation et qu'il faut prendre en compte pour pouvoir recommander des pratiques.

Mots clés : Savane, feu, pâturage, diversité floristique, qualité fourragère et Madagascar

Introduction

Les feux de pâturage en savane sont les plus répandus à Madagascar et les plus importants en termes de surface affectée : 90 à 97% de la superficie brûlée annuellement (Madhow et al., 1994 ; Rakotoarimanana, 2002 ; Jacquin, 2010). Parmi ces surfaces annuelles brûlées, 25 à 50% sont dues au renouvellement du pâturage pour les bétails (Goodman et Benstead, 2003 ; Kull, 2004). Les estimations de surface de savanes brûlées varient néanmoins énormément, selon les sources, de 435 000 ha par an (Langrand et Wilme, 1995) à 650 000 ha par an (Rakotoarijaona, 2004). Ces chiffres traduisent une pratique courante de l'utilisation du feu.

Les pâturages couvrent une superficie de plus de 350 000 km², soit 55% de la surface de la grande île (Rasambainarivo, 1997). Ils assurent l'alimentation de l'élevage bovin (Ribot, 1985).

Les pratiques pastorales ont été considérées comme l'un des facteurs majeurs de la dégradation de l'environnement et, en particulier, de la baisse de la fertilité des sols en savane (Rasoafaranaivo, 2005).

Les savanes du Sud-est de Madagascar n'échappent pas à cette dégradation. En effet, une étude sur l'évolution de la diversité floristique et de la qualité fourragère a été menée dans la savane de la commune rurale de *Mahabo-Mananivo*. Ce travail se situe dans la continuité d'études antérieures similaires, déjà réalisées à *Sakaraha* dans le Sud-ouest (Rakotoarimanana, 2002) et à *Sahabe* sur les Hauts-Plateaux à l'est d'*Ambalavao* (Ratovonirina, 2009). Elle a pour objectif de cerner les effets conjugués ou séparés du feu appliqués selon différentes modalités (sans feu, feu précoce, feu tardif) et du pâturage (pâtré, non pâtré) sur la diversité floristique et la qualité fourragère au cours des cinq années d'expérimentation (2010, 2011, 2012, 2013 et 2014). Elle vise à vérifier l'hypothèse que le feu et le pâturage, séparés ou combinés, augmentent la diversité floristique et la qualité fourragère.

Méthodes d'étude

Site d'étude

La zone d'étude se trouve dans la commune rurale de *Mahabo-Mananivo*, de la région du Sud-est de Madagascar. Elle se localise entre 23°07'24,99" ; 23°07'22,59" ; 23°07'20,22" et 23°07'24,99" de latitude Sud et respectivement 47°41'57,06" ; 47°41'55,71" ; 47°42'00,78" et 47°42'02,34" de longitude Est et entre 4 et 7 m d'altitude.

Les mesures enregistrées entre 2000 en 2015 montrent que la pluviométrie moyenne annuelle est de 2185 mm et que le mois le moins pluvieux est le mois d'octobre (67 mm). La température minimale est de 20,4°C, en juillet et la température maximale est de 26,7°C, en novembre. La température moyenne annuelle est proche de 24°C (station météorologique MBG *Mahabo-Mananivo*). La commune de *Mahabo-Mananivo* est directement exposée à l'influence des alizés, apportant une forte humidité atmosphérique. Le vent y est parfois violent. Le bioclimat régional est du type perhumide chaud (Koechlin et al., 1974). *Mahabo-Mananivo* possède trois types de sol (Ludovic et al., 2005) : le sol sableux non consolidé où se trouve la forêt littorale d'*Agnalazaha*, le sol de type latéritique recouvert par des savanes et le sol alluvial hydromorphe, localisé au niveau des marécages.

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental installé en mars 2010 pour cette étude est similaire à celui de Rakotoarimanana (2002). Il consiste en une expérience factorielle organisée en blocs aléatoires complets avec parcelles divisées. Ces parcelles sont divisées et répétées trois fois selon les facteurs étudiés. Les facteurs étudiés sont le feu avec trois modalités (témoin, feu précoce, feu tardif) et le pâturage avec deux modalités (pâtré et non pâtré). Le type de pâturage est libre. Le feu précoce est réalisé en mars et le feu tardif est provoqué en novembre. Dans chaque parcelle, deux lignes permanentes de 10m

de long ont été installées pour évaluer le recouvrement global de la végétation (Daget & Poissonnet, 1971).

Variables

Les indices de diversité et de régularité définis par Frontier et Pichod-Viale (1993) et Barbault (1997) sont calculés selon les formules suivantes :

- Diversité maximale : $H_{max} = \log_2 S$; n

- Indice de diversité de Shannon et Weaver : $H' = -\sum_{i=1}^n CS_i * \log_2 CS_i$ avec $0 < CS_i < 1$;

- Indice de régularité : $R = H'/ H_{max}$.

Dans ces équations, S est l'effectif total des espèces et CS_i la contribution spécifique de l'espèce i établie à partir de relevés linéaires (Daget & Poissonnet, 1971).

Les données obtenues ont été testées par une Analyse de variance (ANOVA) sous le logiciel R.

Des analyses de variance ont été réalisées sur la richesse floristique pour tester l'effet des facteurs feu et pâturage. L'objectif de cette méthode d'analyse est de rechercher si l'effet « traitement » est « significatif » au risque d'erreur ou au seuil de probabilité près (5%). La signification de la différence au seuil de probabilité 0,05 est la suivante :

- La différence est non significative (NS) lorsque la probabilité observée du test de Fisher (F) est supérieure à 0,05 ;
- La différence est significative (S) lorsque la probabilité observée de F est comprise entre 0,01 et 0,05 ;
- La différence est hautement significative (HS) lorsque la probabilité observée de F est inférieure à 0,01.

Les indices de diversité et de régularité sont des outils pertinents permettant d'apprécier le niveau d'organisation des communautés végétales. Ils donnent des indications sur leur stabilité et leur évolution (Rakotoarimanana, 2002). La diversité prend en compte la richesse, l'abondance relative des espèces, la régularité et l'écart à l'équidistribution des individus de toutes les espèces (Frontier & Pichod-Viale, 1991 ; Barbault, 1997).

Résultats

Année	Nombre d'espèce					Diversité maximale					Indice de Shannon et de Weaver					Indice de régularité				
	2010	2011	2012	2013	2014	2010	2011	2012	2013	2014	2010	2011	2012	2013	2014	2010	2011	2012	2013	2014
Protégée																				
Témoin	29	34	38	34	30	4,86	5,09	5,25	5,08	4,91	2,98	2,13	2,64	2,45	2,31	0,61	0,41	0,5	0,48	0,47
Feu précoce	27	26	31	30	31	4,75	4,8	4,95	4,91	4,95	2,7	2,51	2,26	2,14	2,23	0,57	0,52	0,46	0,44	0,45
Feu tardif		25	26	26	30		4,64	4,7	4,7	4,91		2,3	2,16	2,16	2,36		0,49	0,46	0,46	4,48
Protégée																				
Témoin	30	28	38	35	33	4,91	4,81	5,25	5,13	5,04	2,27	2,62	2,87	2,96	3,02	0,46	0,54	0,55	0,58	0,59
Feu précoce	31	25	28	26	26	4,95	4,64	4,81	4,7	4,7	2,21	3,14	3,29	2,82	2,64	0,45	0,67	0,68	0,6	0,56
Feu tardif		24	26	28	34		4,58	4,7	4,81	5,08		2,51	2,68	2,86	3,16		0,55	0,57	0,59	0,62

Tableau 1 : Variation de la diversité pendant les cinq années d'observation

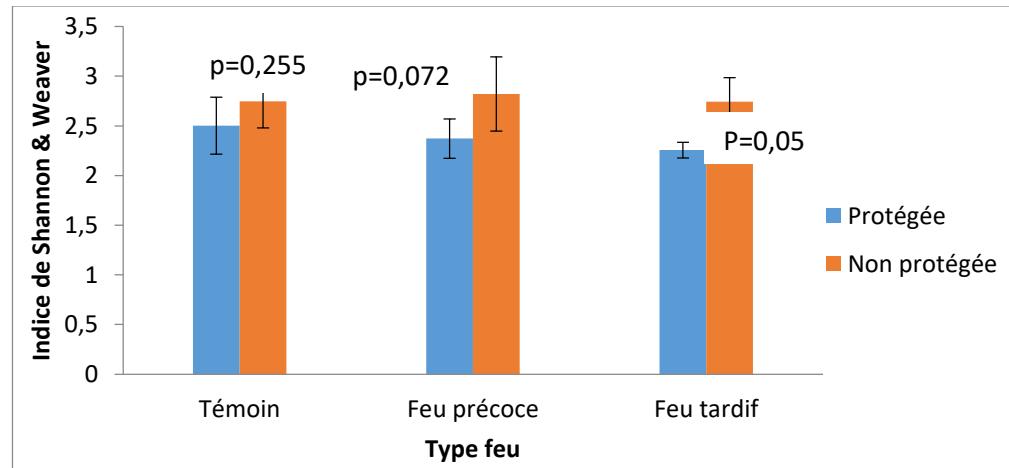


Figure1 : Effet du feu et du pâturage sur la diversité floristique

Le tableau montre la variation de la diversité floristique durant les cinq années d'observation. En condition protégée, la diversité maximale est plus élevée que celle des feux précoce et tardifs. La diversité maximale varie chaque année mais, elle est stable en 2012 et 2013 (4,7) et augmente en 2014 (4,91) cas du feu tardif. En condition non protégée, la diversité maximale du témoin est élevée en 2012 (5,25) et elle tend à diminuer en 2013 (5,13) et en 2014 (5,04). Avec, le feu précoce, la diversité maximale pendant cinq ans (de 4,95 en 2010 à 4,7 en 2014). Contrairement au feu tardif, sa diversité maximale augmente d'une année 4,58 ; 4,7 ; 4,81 et 5,08 respectivement en 2011, 2012, 2013 et 2014. Les indices de Shannon et Weaver, et de régularité augmentent également avec le tardif surtout en condition non protégée. Donc, l'effet de feu le (feu tardif) et le pâturage augmentent les indices de diversité floristique.

La figure 1 montre le résultat d'analyse de variance sur l'effet du feu et du pâturage au de la diversité floristique. Le résultat montre que ni le témoin, ni le feu précoce ne présente aucun significatif sur diversité floristique en condition pâturee ou non. Par contre, le feu tardif augmente la diversité floristique notamment en condition pâturee. Le fait que la mise en feu tardif est avant la saison de pluie et la nécessité du passage de feu de certaine plante pour germer expliquent la diversité élevée après le feu tardif.

Discussion

Les résultats montrent que le feu précoce augmente la diversité floristique. Ceci est similaire aux résultats de Rakotoarimanana (2002) et Rakotoarimanana et al. (2001) qui ont trouvé que le feu, qu'il soit précoce ou tardif, accroît la diversité floristique. La protection contre le feu favorise la dominance d'un nombre restreint d'espèces ; ce qui traduirait une forte organisation du système. Celle-ci aboutirait, à terme, à une homogénéisation de la flore avec prédominance de taxons à faible résistance au feu. Ces résultats s'opposent à ceux trouvés par Akpo et al. (1999) et Puetro & Rico (1997) qui font état d'une réduction de la diversité spécifique sous l'effet du feu en général. Les indices de diversité augmentent avec le pâturage. Ce résultat est comparable à celui trouvé par Rakotoarimanana et al. (2001) à Madagascar, mais l'intensité du pâturage doit être prise en compte pour détecter l'effet du pâturage sur la diversité floristique. Ainsi Balent et al. (1998) montrent que le pâturage augmente la diversité spécifique des prairies quand l'intensité est moyenne (cas de Sud-Ouest de Madagascar) et la diminue quand l'intensité du pâturage est forte (cas du Sahel).

Conclusion

Cette étude, qui a porté sur les effets du feu et du pâturage de zébus sur la richesse et diversité floristiques des savanes du Sud-Est de Madagascar, aboutit aux conclusions suivantes :

- A Mahabo-Mananivo le feu, quel que soit son type, diminue la richesse et la diversité floristiques. Par contre, le pâturage agit de manière différente car il augmente la richesse et diversité floristique. De ce fait, la pratique du pâturage est indispensable pour augmenter la richesse et la diversité floristique de la savane du Sud-est de Madagascar. L'interaction détectée entre feu et pâturage est significative au niveau de la richesse spécifique en l'augmentant surtout avec le feu tardif. La présente étude ne permet encore de recommander le type de feu qu'il faut adopter. Elle doit être associée avec d'autres études comme les analyses de la production primaire et des qualités fourragères ;
- La pratique du feu et du pâturage sont des phénomènes incontournables dans le Sud-est de Madagascar. Le présent travail peut contribuer à éclaircir les interactions entre ces deux facteurs pour définir une nouvelle manière de gérer le feu et le pâturage. Cette nouvelle gestion requiert une approche participative, afin de prendre en compte les attentes et les contraintes des paysans tout en les informant des effets de leurs pratiques. Il serait donc utile d'aménager ces deux pratiques pour une utilisation optimale. Une étude approfondie sur l'intensité du pâturage s'avère nécessaire afin de déterminer son effet sur la richesse et la diversité floristiques.

Références bibliographiques

- Akpo E., Grouzis M., Bada F., Pontanier R., Floret C., 1999 : « Effet du couvert ligneux sur la structure de la végétation herbacée de jachères soudaniennes ». *Sécheresse*, 10 (4) : p. 253-61.
- Balent G., Alard D., Blanfort V., Gibon A., 1998 : « Activités de pâturage, paysages et biodiversité ». *Ann. Zootech.*, 47 : p. 419-429.
- Barbault R., 1997 : *Ecologie générale. Structure et fonctionnement de la biosphère*. Paris: Masson et Cie (Eds), 286 p.
- Bekdouche F., Derridj A., Krouch F., 2008 : « Evolution après feu de la composition floristique de la Suberaie de Mizrana (Tizi-ouzou, Algérie) ». *Sciences & Technologie C*, n°28: p. 19-29.
- Biswell H.H., 1974: « Effects of fire on chaparral », dans T.T. Kozlowski, C.E. Ahlgren (eds.), *Fire and Ecosystems*, New York: Academic Press: p. 321-364.

- Boudy P., 1950 : *Économie forestière nord-africaine. II. Monographie et traitement des essences forestières*. Paris: Larose, 887 p.
- Cole M., 1986: *The Savannas: Biogeography and Geobotany*. London : Academic Press, 438 p.
- Daget Ph., Poissonet J., 1971 : « Une méthode d'analyse phytologique des prairies, critères d'application ». *Annales Agronomiques*, 22 (1) : p. 5-41.
- Decleire Y., 1999 : *Développement de la gestion des feux de brousse aux Sénégala*. GTZ, PSACD, 5 p.
- Frontier S., Pichod-Viale D., 1993 : *Ecosystèmes : structure, fonctionnement, évolution*. Paris : Masson et Cie. (Collection d'Ecologie 21), 392 p.
- Grouzis M., 1988 : *Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina Faso)*. Paris: ORSTOM, (Coll. Etudes et Thèses), 336 p.
- Harper J. L., 1977. *Population biology of plants*. Academic Press, London. 30 p.
- Hiernaux P., 1998: « Effects of grazing on plant species composition and spatial distribution in rangelands of the Sahel ». *Plant Ecology*, 138 : p. 191-202.
- Jacquin A., 2010 : *Dynamique de la végétation des savanes en lien avec l'usage des feux à Madagascar. Analyse par série temporelle d'images de télédétection*. Thèse de Doctorat, Université Toulouse, 146 p.
- Koechlin J., Guillaumet J.L., MORAT Ph., 1974 : *Flore et végétation de Madagascar*. Vaduz: Cramer, 687 p.
- Kull C., 2002: « Madagascar's burning issue: the persistant conflict over fire prescribed burning ». *Environment and History*, 44 : p. 8-19.
- Ludovic R., Rakotoarivony F., Birkinshaw C., Randrianasolo A., 2005 : *Conservation communautaire de la forêt d'Agnalazaha : description, évaluation du site et stratégie de conservation*. Missouri Botanical Garden, Mahabo-Mananivo, 101 p.
- Madhow A., Andriatsarafara S., Raveloharisoa C., Razafindrakoto L., Razafindratandra A., 1994 : *Rapport sur l'Etat de l'Environnement à Madagascar*. Office National de l'Environnement (Eds), PNUD-Banque Mondiale : p. 10-40.
- Madoui A., Gehu J.M., Alatou D., 2002 : « L'effet du feu sur la composition des pinèdes de *Pinus halepensis* Mill. dans le Nord de la forêt de Bou-Taleb, Algérie ». *Ecologia mediterranea*, Vol. 32 : p. 104.
- Morat Ph., 1973 : *Les savanes du sud-ouest de Madagascar*. Paris: ORSTOM (Mémoire de l'ORSTOM n°68), 235 p.
- Puetro A., Rico M., 1997: Edaphic variability and floristic structure on Mediterranean grassland slopes. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 11 : p. 9-22.
- Rakotoarimanana V., 2002 : *Feu, pâturage et dynamique des savanes à Heteropogon contortus (L.) P. Beauv. ex-Roem. Et Schult dans le sud-ouest de Madagascar (région de Sakaraha)*. Thèse Doctorat du 3^{ème} cycle. Ecologie Végétale, Université d'Antananarivo, 177 p.
- Rakotoarimanana V., Le Floc'h E., Grouzis M., 2001 : « Influence du feu et du paturage sur la diversité floristique et la production de la végétation herbacée d'une savane à *Heteropogon contortus* (région de Sakaraha) », dans S. Razanaka, M. Grouzis, P. Milleville, B. Moizo, C. Aubry (eds.), *Sociétés paysannes, transitions agraires et dynamiques écologiques dans le sud-ouest de Madagascar*. Antananarivo : Actes de l'atelier CNRE/IRD, 8-10/11/1999 : p. 339-353.
- Rasambainarivo J.H., 1997. Les pratiques agro-pastorales et la conservation des sols à Madagascar. In RASOAFARANAIVO M.H., 2005. *Impacts du feu sur la biologie de quelques espèces du massif d'Ibity*. Mémoire de DEA, Ecologie végétale, Université d'Antananarivo : 78 p.
- Rasoafaranaivo M.H., 2005 : *Impacts du feu sur la biologie de quelques espèces du massif d'Ibity*. Mémoire de DEA, Ecologie végétale, Université d'Antananarivo, 78 p.
- Ratovonirina G., 2009 : *Dynamique des savanes incluses du centre du corridor forestier de Fianarantsoa*. Mémoire de DEA, Ecologie Végétale, Université d'Antananarivo, 66 p.
- Ribot J.J., 1985 : *L'élevage malgache. Origine, importances techniques*. Colloque international sur l'amélioration de l'élevage en zone tropicale : cas de Madagascar : 13 p.
- Trabaud, 1993 : « Reconstitution après incendie de communautés ligneuses des Albères (Pyrénées-orientales Françaises) ». *Vie Milieu*, vol.1: p. 43-51.
- Trabaud L., Lepart J., 1980: « Diversity and stability in Garrigue ecosystems after fire ». *Vegetation*, 43: p. 49-57.

6. Structures et rythmes phénologiques des formations végétales, habitats de *Propithecus verreauxi* (Grandidier, 1867), dans la réserve privée de Berenty (Madagascar)

Andriamirado Tahina RAMAHANDRISON¹, Edmond ROGER¹, Bernard RIERA²

¹ Département de Biologie et écologie Végétales, Faculté des Sciences Université d'Antananarivo,

² Museum National d'Histoire Naturelle - Paris

Résumé

La réserve privée de Berenty abrite six espèces de lémuriens dont *Propithecus verreauxi*. Afin d'apporter plus d'informations sur son habitat (biodiversité et structure) ainsi que sur son mode de vie, une étude de la relation végétation - *Propithecus* a été entreprise. Les observations réalisées dans la réserve ont permis d'identifier trois types de formations végétales : une ripisylve, une forêt secondaire et des fourrés xérophiles. Les fourrés et les formations ripisylves présentent peu de perturbations. La forêt secondaire, par contre, a été sujette à l'introduction d'espèces (*Pithecellobium dulce*, *Cordia sinensis*...). Des relevés sur la structure et la composition floristique dans des parcelles de 0,1 ha ont permis d'identifier quatre habitats type de *Propithecus verreauxi*. L'habitat 1 est rencontré dans la forêt secondaire, les habitats 2 et 3 dans les formations ripisylves et l'habitat 4, dans les fourrés xérophiles. Les études allométriques sur la hauteur et le diamètre (hauteur en fonction du diamètre) montrent que l'habitat 1 est composé en majeure partie d'individus, de hauteur supérieure à 10 m ($N_i : 144$) et l'habitat 4 comprend le moins d'individus dépassant les 10 m ($N_i : 55$). Du point de vue diamètre, l'habitat 4 présente beaucoup plus d'individus de diamètre supérieur à 10 cm ($n_i : 217$), contrairement à l'habitat 3 ($n_i : 59$). Les calculs de l'indice de valeur d'importance IVI de la diversité ont montré la dominance de *Pithecellobium dulce* (FABACEAE) et *Rinorea greveana* (VIOLACEAE) dans l'habitat 1, *Rinorea greveana* (VIOLACEAE) et *Tamarindus indica* (FABACEAE) et dans l'habitat 2, *Rinorea greveana* (VIOLACEAE) et *Celtis madagascariensis* (CELTIDACEAE) dans l'habitat 3 et *Alluaudia procera* (DIDIREEACEAE) et *Commiphora humbertii* (BURSERACEAE) dans l'habitat 4. Une plus forte biodiversité est rencontrée dans l'habitat 4, avec 72 espèces contre seulement 14 espèces pour l'habitat 1. La fréquentation par *Propithecus verreauxi* des habitats varie suivant la disponibilité des ressources, il a été remarqué que l'alimentation varie suivant le rythme phénologique allant de 0,5 % à 25% de fleurs, en période de floraison (octobre – mars), 3 % à 36 % de fruit en période de fructification (novembre – aout), jusqu'à 71 % de jeunes feuilles, en période de débourrement (décembre – mars). Pendant la saison sèche l'alimentation de *P. verreauxi* est surtout composée de feuilles matures (juin – octobre). Le choix des dortoirs et des zones vitales est conditionné par la structure de la végétation. Une préférence pour les habitats ayant des arbres dépassant les 17 m de hauteur a été remarquée, soit une plus forte concentration de la population de *P. verreauxi* dans l'habitat 1 (3 individu/ha). Au final, les résultats de ces recherches seront des bases pour d'éventuelles actions de pérennisation de l'espèce et de son habitat.

Mots clés : Habitat, *Propithecus verreauxi*, structure, biodiversité, phénologie, Reserve privée de Berenty

Introduction

La réserve de Berenty, créée en 1936, est située dans le Sud de Madagascar, entre 25°00' et 25°02' de latitude Sud et 46° 17' et 46°19' longitude Est. C'est une région classée comme haute priorité de diversité biologique (ONE, 2003). Depuis sa création (80 ans), elle permet de maintenir une zone de milieu naturel avec plusieurs types de formations végétales allant des formations ripisylves (Malaza), des formations secondaires (Ankoba) et des formations sèches riches en DIDIREEACEAE (Anefitany) (Rasoarisela, 2004). Ce site privé assure une connectivité entre les derniers résidus de milieux naturels et des zones protégées à proximité. Elle a également une très grande importance car son maintien permet la survie de plusieurs espèces animales et végétales. Parmi ces espèces, *Propithecus verreauxi* (Jolly et al., 2006), classé en danger (EN) par IUCN (2017). Des études démographiques de la population de *Propithecus verreauxi* dans la réserve montrent une différence de densité de population dans les trois grandes formations végétales. Une plus forte concentration est remarquée dans la forêt secondaire d'Ankoba (E.N.S, 2015 non publié).

C'est dans cette optique qu'une étude des habitats de ce lémurien (structure, flore et phénologie), et ses relations avec le milieu a été entrepris. Afin de comprendre cette répartition et d'établir des bases de données pour la pérennisation de l'espèce et de future actions pour la protection de son environnement. D'un autre coté afin d'observer les charges des habitats liées à la présence de *Propithecus verreauxi* car en 2016, une perturbation de la phénologie a soulevé une problématique liée avec la présence de *Propithecus verreauxi* dans la réserve (Ramahandrisson, 2016).

Matériaux et méthodes

a- Structure et flore des habitats de *Propithecus verreauxi*.

Douze parcelles de 0,1 ha ont été installées dans les trois grandes formations végétales de la réserve afin d'obtenir les données quantitatives de la végétation (densité, surface terrière). Pour la structure verticale (stratification) des transects suivant la méthode de Gautier (1994) ont été faites au sein des mêmes parcelles. Pour mettre en évidence la biodiversité végétale, les indices de valeur d'importance (IVI) pour chaque espèce (Curtis et Mc Intosh, 1950) ont été calculés.

$$IVI_R = D_r + G_r$$

Respectivement,

IVI : Indice de Valeur d'Importance

$$\text{Avec, } D_r = \frac{n_i}{N} \times 100$$

n_i : nombre d'individu de l'espèce i

$$G_r = \frac{g_i}{G} \times 100$$

N : nombre total d'individu

g_i : surface terrière due à l'individu i

G : surface terrière totale du plot

Les résultats obtenus ont été regroupés par classification hiérarchique ascendante (CAH) pour obtenir les habitats types de *Propithecus verreauxi*. Des analyses allométriques de la hauteur en fonction du diamètre des arbres a été faite pour chaque regroupement.

b- Suivi de la phénologie et des activités de *Propithecus verreauxi*

Les suivis phénologiques et les observations sur *Propithecus verreauxi* se sont faits le long de transect d'Est en Ouest et du Nord au Sud de la réserve. Les observations de la phénologie suivent la méthode de Le Floc'h (1969) qui est une quantification des observations des phases phénologiques. Pour les suivis de *Propithecus verreauxi* la méthode d'observation de Struhsaker (1981) a été adoptée. Les observations ont été faites lors des heures de pleine activité des groupes entre 6 h à 9 h du matin et 15 h à 18 h de l'après-midi.

Résultats et interprétations

a- Structure et flore des habitats de *Propithecus verreauxi*

Les analyses des relevés par CAH montrent la présence de quatre habitats type de *Propithecus verreauxi* dans la réserve. Le premier habitat est localisé dans la forêt secondaire d'Ankoba, les deuxièmes et troisièmes habitats sont localisés dans les formations ripisylves de Malaza et le dernier habitat dans les fourrés xérophiles d'Anefitany. Les études allométriques (figure 1) montrent qu'il y a une similarité sur le diamètre des individus composant les habitats 1, 2 et 4 avec une dominance des arbres de diamètre supérieur à 10 cm. Pour la hauteur aucune différence appréciable n'est observée pour les habitats 2, 3 et 4 contrairement à l'habitat 1 qui est composé en majeure partie d'individu de petite taille.

L'habitat 1 présente en majeure partie des individus de grande taille et de gros diamètre. Cet habitat possède une canopée fermée et des hauts émergeants. L'habitat 2 présente une moins forte hauteur mais avec des gros diamètres, c'est une forêt ripisylve à canopée fermée et des hauts émergeants. L'habitat 3 est composé en majeur partie d'individu de petit diamètre. C'est une forêt ripisylve basse à canopée ouverte. L'habitat 4 présente des individus de petite taille mais à gros diamètre. C'est un fourré bas présentant trois niveaux de végétation avec une dominance du sous-bois inférieur à 2 m.

Les études de la structure floristique (IVI) (annexe 1) montrent une grande variabilité de la diversité floristique dans les quatre habitats. L'habitat 1 est composé par 9 familles, 12 genres et 13 espèces. Les espèces les mieux représentées sont *Pithecellobium dulce* (FABACEAE) représentant la strate arborée et les émergeants de la forêt et *Rinorea greveana* (VIOLACEAE) avec respectivement 77,4 et 58,8 de valeur de IVI, cette valeur diminue à 26,5 pour *Celtis madagascariensis* (CELTIDACEAE) et 13,4 pour *Tamarindus indica*.

L'habitat 2 compte 19 familles réparties en 24 genres et 27 espèces. Les espèces les mieux représentées sont *Rinorea greveana* (VIOLACEAE) avec une valeur de IVI égale à 79,01 ; *Tamarindus indica* (FABACEAE) à 32 ; 21,4 pour *Celtis madagascariensis* (CELTIDACEAE) ; 13 pour *Crateva excelsa* (BRASSICACEAE)

L'habitat 3 compte 25 familles reparties en 38 genres et 46 espèces. Les espèces les mieux représentées par leur IVI sont *Rinorea greveana* (VIOLACEAE) et *Celtis madagascariensis* (CELTIDACEAE) avec une

valeur de IVI respectif de 54,5 et 48,9. Cette valeur décroît pour la troisième et quatrième espèce, soit une valeur de 22,2 pour *Tamarindus indica* (FABACEAE) et 17 pour *Neotina isoneura* (SAPINDACEAE).

L'habitat 4 compte 32 familles, 51 genres et 72 espèces. Par ordre de valeur d'importance (IVI) de la biodiversité végétale, l'espèce la mieux représentée est *Alluaudia procera* (DIDIERACEAE) avec une valeur de 84,6. Cette valeur décroît rapidement, avec une valeur de 15,8 pour *Commiphora humbertii* (BURSERACEAE) et 11 pour *Alantsilodendron alluaudianum* (FABACEAE).

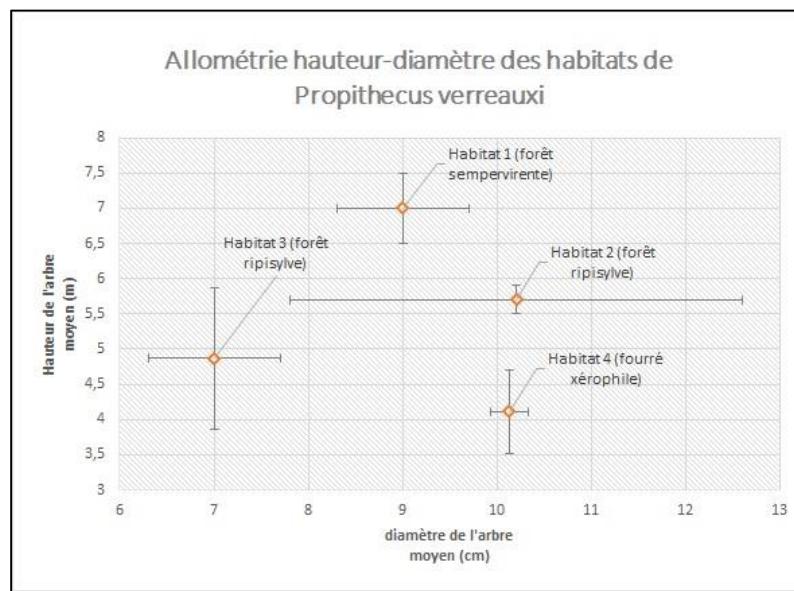


Figure 6 : Allométrie de la hauteur en fonction du diamètre des arbres moyens de chaque habitat

b- Phénologie des habitats de *Propithecus*

On observe un maximum d'activité phénologique lors de la saison des pluies. Le débourrement commence en Novembre. De janvier à mars plus de 90% des espèces atteignent la phase de maturité des feuilles. Une perte totale des feuilles est remarquée pour l'habitat 4 d'aout à Octobre. Cette défeuillaison est peu marquée dans les forêts ripisylves et secondaire de la réserve.

La floraison débute en octobre et commence et s'achevé en janvier mais pour certaine plante des fourrés xérophiles cette floraison commence au mois de juillet et s'achevé au mois de septembre et octobre. Cette particularité de production des fleurs est peut-être causée par les besoins de la plante qui produisent avant les premières pluies pour optimiser la dispersion des graines.

La fructification débute au mois de novembre et s'achève en avril. Pour les groupes à floraisons précoce des fourrés la fructification s'achève en novembre parmi ces espèces citons *Alluaudia procera*, *Alluaudia ascendens*, *Gyrocarpus americanus*.

Les suivis des plantes ayant les valeurs d'IVI les plus élevés pour chaque habitat sont représentés dans le phénogramme (tableau 1).

Tableau 2: Phénogramme des individus dominants des habitats de lémurien

		jan	fév	Mar	avr	Mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	Déc
FABACEAE	FE	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	1	1
	FL	3	3								1	1	2
	FR	1											1
<i>Rinorea greveana</i>	FE	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	1	1

VIOLACEAE	FL	3								1	2	2
	FR	1	2									1
<i>Celtis madagascariensis</i>	FE	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	1
CELTIDACEAE	FL	1	3									1
	FR	1	2	2								
<i>Tamarindus indica</i>	FE	1	1	2	2	2	2	3	3	3	1	1
FABACEAE	FL	1	2	2	3	3						1
	FR	3		1	1	1	2	2	2	2	3	3
<i>Crataeva excelsa</i>	FE	1	2	2	2	2	2	3			1	1
CAPPARACEAE	FL									1	2	3
	FR	2	2	3								1
<i>Neotina isoneura</i>	FE	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	1
SAPINDACEAE	FL	2	3									1
	FR		1	2	3							
<i>Alluaudia procera</i>	FE	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
DIDIEREACEAE	FL						1	1	2	3		
	FR								1	2	3	
<i>Alantsilodendron alluaudianum</i>	FE	1	1	2	2	2	3	3				1
	FL										1	2
	FR	2	3								1	2
<i>Commiphora humbertii</i>	FE	2	2	2	2	2	2	3	3		1	1
BURSERACEAE	FL									1	2	3
	FR	3									1	2
<i>Tephrosia alba</i>	FE	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
FABACEAE	FL	1	2	3								
	FR											

Légende

FE : feuillaison

1 : Début de phénophase

FL : Floraison

2 : Maturité de la phénophase

FR : fructification

3 : Fin de phénophase

c- Relation habitat-*Propithecus verreauxi*.

La forêt offre abris et nourriture aux espèces y habitant. Le pourcentage espèces mangé par habitat est représenté dans la figure 4

Pour l'habitat 1, toutes les espèces sont utilisées par *Propithecus*. Les aliments les plus consommés sont *Pithecellobium dulce*, *Azadirachta indica*, *Celtis gomphophilla*, *Cordia sinensis*. Ces dernières sont des plantes ornementales aux abords de la forêt secondaire et non dans la forêt. Pour l'habitat 2, on remarque une forte appréciation de *Ficus cocculifolia*, *Neotina isoneura*, *Crataeva excelsa*, *Rinorea greveana*. Une similarité des espèces mangée est remarquée pour les habitats 2 et 3, sauf la présence de *Cadaba virgata*, une liane très fréquente dans l'habitat 3. Dans l'habitat 4 une forte appréciation de *Alantsilodendron alluaudianum*, *Commiphora sp*, *Diospyros* et *Grewia sp.* est observée (figure 2).

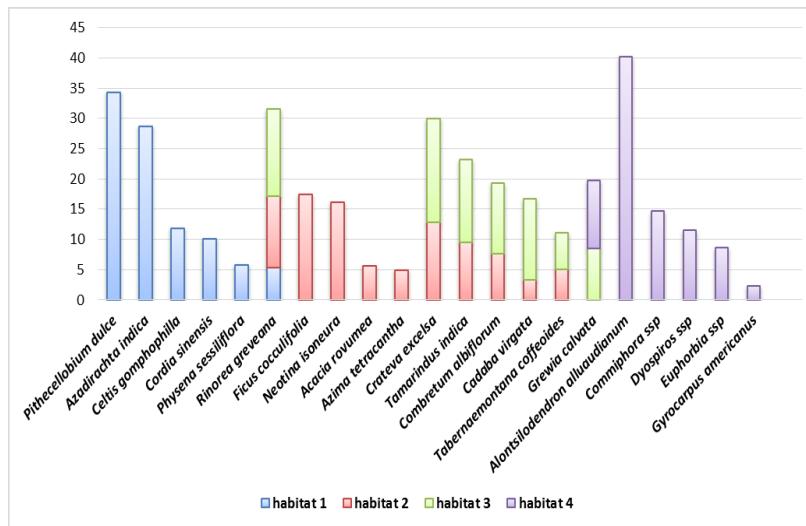


Figure 7: Pourcentage des espèces mangées par *Propithecus* par habitat

Pour le choix des dortoirs, *Propithecus verreauxi* choisi surtout des individus mesurant plus de 8 m. lors des suivis les dortoirs les plus observés sont *Tamarindus indica*, *Pithecellobium dulce*, *Neotina isoneura*, *Celtis bifida*. Pour les fourrés *Gyrocarpus americanus*, *Tetrapterocarpus geaei*, *Commiphora lamii*, *Alluaudia procera*.

Une variabilité du régime alimentaire de *Propithecus verreauxi* est également observé suivant la disponibilité des ressources et des phases phénologiques (figure 3) cette variabilité est à l'origine des perturbations observées dans le phénogramme, comme pour le genre *Pithecellobium* et *Rinorea* qui présente une rupture de la maturation des fruits en février.

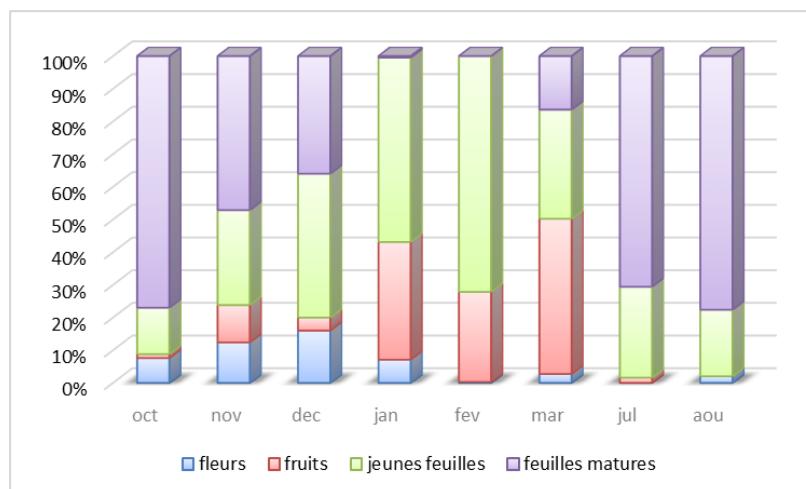


Figure 8: Variation de l'alimentation de *Propithecus* en fonction de la disponibilité des ressources

Pendant la saison des pluies de novembre à mars une tendance de l'alimentation tend vers les jeunes feuilles, les fruits et les fleurs. Pour les saisons sèches de juillet en octobre la tendance alimentaire se tourne surtout vers les feuilles matures.

Conclusion

Les quatre types d'habitats présentent chacun une densité de *Propithecus* différent, une plus forte densité est remarquée dans l'habitat 1. Structuralement cet habitat présente une forte présence d'individu de forte hauteur et de fort diamètre. Plus d'individus dans l'habitat 1 et habitat 2 (ENS, 2015 - non publié): Structure adéquat pour la survie de l'espèce: hauteur et diamètre des arbres. Ce choix est causé par la nature et le tempérament arboricole de l'animal.

Le pourcentage d'individus mangés par *Propithecus* varie suivant les espèces qui composent les habitats. Par adaptation dans les fourrés, le territoire des groupes est plus grand que ceux dans les forêts. Pour combler le déficit alimentaire. Espèce généralement folivore, le mode d'alimentation est sûrement causé par des adaptations au besoin de l'animal.

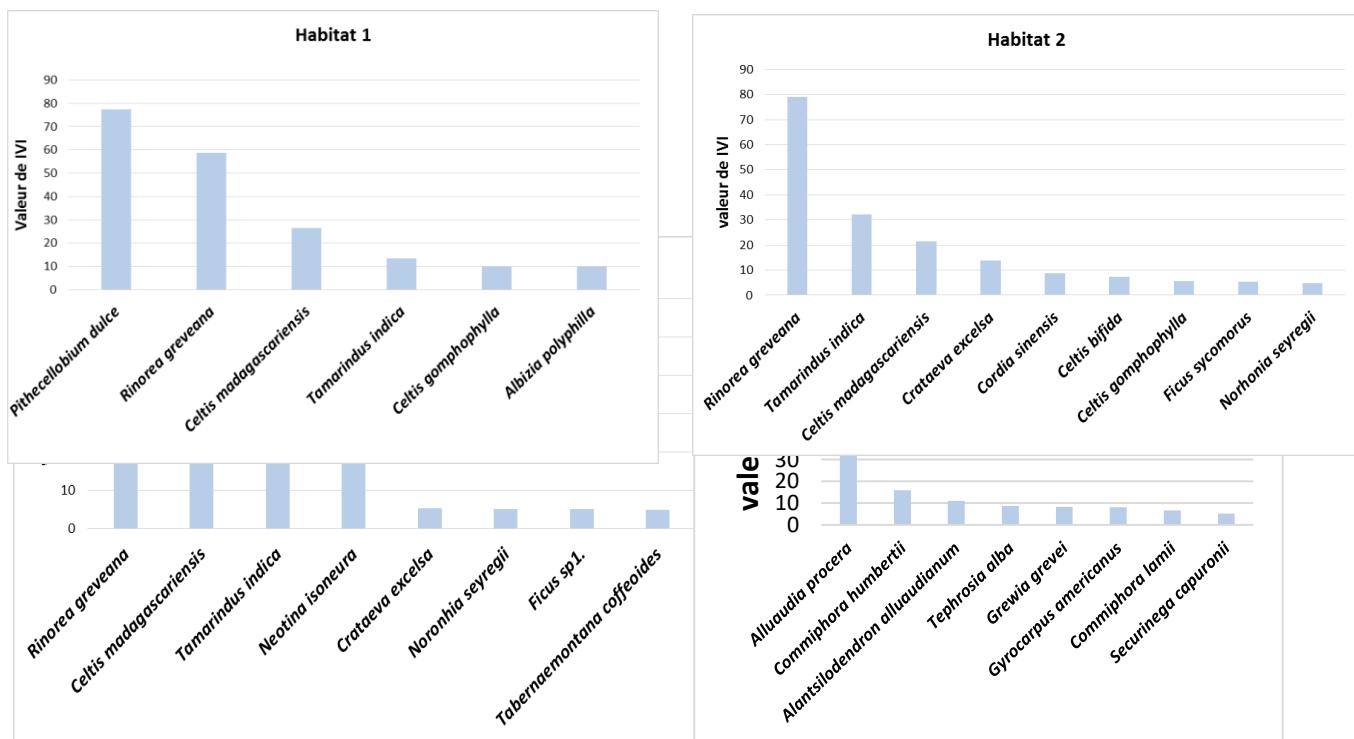
Les perturbations phénologiques observées sont dues au surpeuplement, autre que les *Propithecus* deux autres genres ayant plus ou moins le même régime alimentaire est présent.

Références bibliographiques

- Andriaharimalala, T., Roger, E., Rajeriarison, C. & Ganzhorn, J. U. 2012. Phenology of different vegetation types in Andohahela National Park, Southeastern Madagascar in relation to meteorological variations. *Malagasy Nature* 6 : 24 – 45.
- Andriaharimalala, T., Roger, E., Rajeriarison, C. & Ganzhorn, J. U. 2011. Analyse structurale des différents types de formation végétale du Parc National d'Andohahela (Madagascar) comme habitat des animaux. *Malagasy Nature* 5: 39-58.
- Andriaharimalala, T. 2014. Analyses floristique, structurale, phénologique et distribution spatiale des habitats de *microcebus* spp. dans le parc national d'Andohahela. Thèse. Univ. Antananarivo. 181p.
- Braun Blaquet, J. 1965. *Plant sociology*. New York and London. 439p.
- Charrier, A. ; Revue d'écologie 2007 ; vol. 62, no2-3 ; pp. 257-263.
- CREAM. 2013. *Monographie de l'Anosy*. 188p.
- Dazoz, R. 1975. *Précis d'écologie*. Edition Gauthier Villars. Paris. 543p.
- Fish, K. D., Genin, F. 2010. Niche separation between mouse lemurs (*Microcebus murinus*) and clutter-foraging bats at Berenty Private Reserve, Madagascar. *Anthropology*. Boulder, CO, University of Colorado. PhD.
- Frankie, G. W.; Baker, H. G. ct Opler P. A. 1974. Tropical plant phenology: applications for studies in community ecology. In:"*Phenology and seasonality modeling*" H. Lieth ed. Springer-Verlag, Berlin, 287-296.
- Gaussin, L. 1952. *Détermination des climats par les méthodes des courbes ombrothermique*. Compt.Rend.Heb. Séances Acad. Sc. 240 : 620-643.
- Guinochet, M. 1973. *Phytosociologie*. Collection écologie 1. Masson and Cie (eds). Paris. 177p.
- Gounot. 1969. *Méthode d'étude quantitative de la végétation*. Masson and Cie, Paris. 314p.
- Grall, J. & Coïc, N. 2005. *Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier*. 91p.
- Grouzis, M., Sicot, M. 1980. *Une méthode d'étude phénologique de populations d'espèces ligneuses sahéliennes. Influence de quelques facteurs écologiques*. A.C.C. *Lutte contre l'aridité dans l'Oudalan (Haute Yolta)* DGRST-ORSTOM, IIp.
- Jolly, A. 2004. *Lords and Lemurs: Mad Scientists, Kings with Spears, and the Survival of Di-versity in Madagascar*. Boston: Houghton Mifflin Co.
- Jolly A., Sussman R. W., Koyama N., Rasamimanana H. R. 2006. Ringtailed lemur biology. *Lemur catta* in Madagascar. USA. 375p.
- Koechlin, J., Guillaumet, J.L. & Morat, Ph. 1974. *Flore et végétation de Madagascar*, Cramer J., Vaduz. 687p.
- Mittermeier, R.A. , Edward, E.L.JR. 2010. *Lemurs of Madagascar* 3rd edition. Conservation International Publisher. U.S. 762p.
- Moat, J. & Smith, P. 2007. *Atlas of the vegetation of Madagascar*. The CEPF Madagascar vegetation mapping project. Publications of the Royal Botanical Garden, Kew. 124p.

- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca, G.A.B. & Kent, J. 2000. Biodiversity Hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Norscia, I. et al. 2006. Influence of dry season and food quality and quantity on behavior and feeding strategy of *Propithecus verreauxi* in Kirindy, Madagascar; in *International journal of Primatology* ; volume 27 N°4 ; p11-41.
- Phillipson, P. B. 1996. Endemism and non-endemism in the flora of south-west Madagascar. In Lourenço W. R ed. Biogéographie de Madagascar. pp. 125-136.
- Rafidimanana, D.V. 2015. Relations entre les descripteurs de végétation et la présence de lémuriens : *Varecia variegata*, *Eulemur rubriventer*, et *Eulemur rufifrons* dans les fragments forestiers de Kianjavato-région Vatovavy Fitovinany, Sud-Est de Madagascar. Mém.DEA. Ecologie végétale. Univ.Antananarivo. 91p.
- Rasamimanana, N. 2011. Influence de la variabilité climatique sur la phénologie de la forêt de la réserve speciale de Bezà Mahafaly. Mémoire. ESSA. 59p.
- Rasoarisela, F. 2004. Etudes écologiques comparatives des quelques formations végétales dans le sud de Madagascar (cas de : Tsimilamba, Berenty, Ankilivao). Mém.DEA. Ecologie végétale. Univ. Antananarivo. 111p.
- Ratovonamana, R. Y., Rajeriarison, C., Roger, E. & Ganzhorn, J. U. 2011. Phenology of different vegetation types in Tsimanampetsotsa National Park, south-western Madagascar. *Malagasy Nature*, 5: 14-38.
- Raven, P.H., & D.I Axelrod. "Angiosperm Biogeography and Past Continental Movements," Ann. Missouri Bot. Garden, 1974, 539-673.
- Rohner, U. & Sorg, J.-P. 1987. Observation phénologique en forêt dense sèche. Fiche technique N° 13. Tome 2. CFPF. Morondava. 96p.
- Schatz, G.E. 2001. *Flore Générique Des Arbres de Madagascar*. Kew: Royal Botanical Gardens.
- Simmen, B., Hladik A., Ramasiarisoa. 2003. Food intake and dietary overlap in native Lemur catta and *Propithecus verreauxi* and introduced *Eulemur fulvus* at Berenty, Southern Madagascar. *International Journal of Primatology*. 5 : 949-968
- Sorg, J-P & Rohner, U. 2002. Cycles phénologiques des arbres de la forêt dense sèche dans la région de Marofandilia/Morondava. ETH, Eidgenössische Technische Hochschule. Zürich. 15p.

Annexe 1 : Indice de valeur d'importance des espèces composants les habitats de *Propithecus verreauxi*



7. Ecologie des zones humides périurbaines de Mahajanga et évaluation de la prolifération *Ludwigia adscendens* subsp. *diffusa* (FORSSK.) P.H. Raven (ONAGRACEAE)

RAMIANDRISOA Botovao .Auguste¹, MAHAROMBAKA C¹., RANARIJAONA H.L.T¹.

¹Ecole Doctorale sur les Ecosystèmes Naturels (EDEN)

Résumé

NOMBREUSES SONT LES ZONES HUMIDES À LA PÉRIPHÉRIE DE LA VILLE DE MAHAJANGA. LES ENJEUX SONT MULTIPLES FACE À L'URBANISATION, À L'ANTHROPISSATION ET AU CHANGEMENT CLIMATIQUE. UN INVENTAIRE DES MACROPHYTES, SUIVI DE RELEVÉS FLORISTIQUES ET ÉTUDE DE LA BIOMASSE ONT ÉTÉ EFFECTUÉS. DES INDICES DE DIVERSITÉ BIOLOGIQUE ONT ÉTÉ CALCULÉS POUR AVOIR UNE INFORMATION SUR LE NIVEAU DE LA DIVERSITÉ, MAIS AUSSI L'ÉQUILIBRE D'UN ÉCOSYSTÈME PAR L'INDICE D'ÉQUITABILITÉ DE PIELOU. AU TOTAL, 77 ESPÈCES DISTRIBUÉES DANS 58 GENRES ET 28 FAMILLES ONT ÉTÉ RECENSÉES. LES FAMILLES LES PLUS DOMINANTES SONT POACEAE (21.05%), FABACEAE (15.58%), CYPERACEAE (12.98%). L'INDICE BIOLOGIQUE EST ÉLEVÉ DANS LES MARES VITRINE (AMBOROVY) ET KELILALINA (BELOBAKA), RESPECTIVEMENT DE 4.23 ET 4.09. CELUI-CI EST MOYENNEMENT ÉLEVÉ DANS LES MARES BETAMANGO ET BETAINGISY (BELOBAKA), AVEC DES VALEURS RESPECTIVES DE 3.8 ET 3.1. IL EST RELATIVEMENT FAIBLE DANS LA MARE BETAMANGO ANNEXE ET LE LAC MANGIDY (BELOBAKA) RESPECTIVEMENT DE 2.58 ET 1.94. L'ÉQUITABILITÉ DE PIELOU INDIQUE UNE VALEUR MOYENNE. PAR CONSÉQUENT, LA RÉPARTITION DES ESPÈCES DANS LEUR MILIEU NATUREL EST RÉGULIÈRE. LES VALEURS RESPECTIVES DE LA BIOMASSE DES ESPÈCES TELLES QUE *Ludwigia adscendens*, *Eichhornia crassipes*, *Azolla filiculoides* ET *Pistia stratiotes* SONT $675 \pm 388.91 \text{ g/m}^2$, $275 \pm 175.78 \text{ g/m}^2$, 100 g/m^2 ET $125 \pm 10.1 \text{ g/m}^2$. EN OUTRE, L'ESPÈCE MENACÉE TELLE QUE *Leersia perrieri* EST CONTRAINTE D'ÊTRE DISPARUE. DES RECOMMANDATIONS ONT ÉTÉ AVANCÉES POUR QU'IL Y AIT ÉQUILIBRE NATUREL PÉRENNE DES ZONES HUMIDES CIBLES.

Mots-clés : zones humides, Mahajanga, macrophytes, envahissante, *L. adscendens*

Introduction

DEPUIS DES DÉCENNIES, LE PROCESSUS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE EST PALPABLE NON SEULEMENT AU NIVEAU GLOBAL MAIS AUSSI AU NIVEAU DES ÉCOSYSTÈMES NOTAMMENT LES ZONES HUMIDES (SOURCES D'EAUX). MAHAJANGA FAIT PARTIE DE LA SUBDIVISION GÉOGRAPHIQUE DONT LE CLIMAT EST RELATIVEMENT ARIDE.

LA CONVENTION DE RAMSAR DE 1971 RELATIVE AUX ZONES HUMIDES D'IMPORTANCE INTERNATIONALE EST LA RÉFÉRENCE EN MATIÈRE DE DÉFINITION ET DE PRÉSÉRATION DES ZONES HUMIDES. MADAGASCAR A UNE IMPORTANTE SUPERFICIE DE CES ÉCOSYSTÈMES ET QUI EST RÉCEMMENT AUGMENTÉ LORS DE LA CONFÉRENCE DES PARTIES (COP12) ANNONCÉ EN JUIN 2016 EN URUGUAY (MIDI MADAGASCAR, 2016. RAMSAR.ORG, 2017).

Selon Michel (2012), les zones humides ont un rôle majeur au sein de l'écosystème et la régulation hydrique en zones urbaines et périurbaines. Une des six zones humides repérées en milieu périurbain de la ville de Mahajanga contient des espèces endémiques menacées selon l'IUCN et les six zones humides sont très vulnérables face à ce changement global et aussi aux différentes perturbations causées par l'homme. En effet, l'agriculture y prend une place considérable modifiant leur équilibre naturel. Le développement de certaines espèces est favorisé selon les conditions naturelles ou modifiées.

Par conséquent, toutes ces raisons nous a amené à choisir le thème, ayant comme objectifs : de faire connaître (i) la richesse floristique des macrophytes dans les zones humides cibles, les avantages de la zone humide pour le projet urbain et le cadre réglementaire à respecter (ii) leur écologie : expliquer le fonctionnement d'une zone humide et les principes d'implantation, de construction et d'intégration associés ; (iii) évaluer l'impact de la prolifération des espèces envahissantes ; (iv) de sensibiliser les pouvoirs politiques au fonctionnement des zones humides et aux services écosystémiques rendus par les zones humides à l'échelle urbaine ; (v) de transmettre une méthodologie d'approche et des principes de gestion.

Matériaux et méthodes

Sites d'étude



Carte 1: Sites d'études

Six zones humides (carte 1) ont été étudiées, dont les mares Vitrine (Amborovy), Betamango, Betamango annexe, Kelilalina, Mangidy et le lac Betaingisy (Belobaka). Le premier site se trouve à Amborovy avec une latitude S $15^{\circ}39'33.246''$ et de longitude E $46^{\circ}20'5.976''$ et les autres sites se localisent à une latitude S $15^{\circ}42'32.5''$ et de longitude E $46^{\circ}23'24.1''$. Ces derniers sont proches les uns des autres et au bord de la route nationale 4 (RN4) de Mahajanga vers Antananarivo.

Relevés écologiques

Chaque relevé est échantillonné dans une strate relativement homogène, à l'aide d'un quadrat de 2 m². Dans les relevés échantillonnes, chaque taxon a été désigné par leur taux de couverture végétale avec les indices d'abondance dominance adopté par Braun-Blanquet (1965).

Traitements de données

Indice de biodiversité

Une mesure a été effectuée sur la biodiversité dans chaque site étudié. Celle-ci nous donne une information sur le niveau et la répartition de cette diversité biologique. En effet, l'indice de biodiversité de Shannon et Weaver a été utilisé (Shannon., 1948, Shannon & Weaver., 1949), désigné par H' .

Par ailleurs, l'équitabilité de Pielou, symbolisée par J' , indique la répartition ou distribution de chaque taxon dans leur milieu naturel. Cet indice est calculé par le rapport entre l'indice de Shannon H' et la diversité maximale $H'max$. On peut dire qu'un milieu est concentré par une seule espèce si la valeur de celle-ci est faible ($0.6 > J'$), elle est relativement moyenne si J' est entre 0.6 et 0.8 et enfin répartie d'une façon isotrope quand cette valeur est forte $J' > 0.8$.

Calcul de la biomasse

Pour avoir la biomasse des échantillons, nous avons effectué des relevés dans la zone où l'espèce *Ludwigia adscendens* est abondante et prédominante avec une surface de 1 m². On a arraché tous ce qui se trouvait dans le quadrat d'un m² et a effectué une série de pesage. D'une part, le pesage consiste à avoir la biomasse fraîche de chaque taxon. On a procédé ensuite au séchage pour ôter toute trace d'eau dans les échantillons, d'autre part, le pesage de la biomasse sèche a été réalisé. Le test de Student est un test paramétrique qui s'applique à deux échantillons de petite taille. Cette statistique de test a pour objectif de comparer deux moyennes.

Résultats

Richesse floristique

Au total, 77 espèces distribuées dans 58 genres et 28 familles ont été recensées. Les familles les plus dominantes sont Poaceae (16 espèces soit 21.05%), Fabaceae (12 espèces soit 15.58%) et Cyperaceae (10 espèces soit 12.98%). Dans chaque site, le nombre de relevé est différent. Le nombre moyen d'espèces par relevé dans la mare Kelilalina est plus élevé avec 10.25 ± 3.62 espèces. Tandis que la valeur la plus faible se trouve dans la mare Mangidy avec 4.75 ± 1.26 espèces par relevé.

Indice de diversité biologique

La valeur de l'indice de diversité biologique de Shannon H' est plus élevé dans les mares Vitrine (Amborovy) et Kelilalina (Belobaka) comme indiqué dans le tableau. Celle-ci est moyenne dans les mares Betamango et le lac Betaingisy (Belobaka). Enfin, cette valeur est relativement faible dans les mares Betamango annexe et Mangidy (Belobaka). Tandis que l'indice d'équitableté de Pielou J' montre une valeur moyenne ($0.6 < J' < 0.8$), ce qui indique une équirépartition des espèces dans chaque sites.

TABLEAU I : Valeur de la mesure de la biodiversité

Nom du site	H'	J'	$H'max$
Mare Vitrine	4,23	0,79	5,36
Mare Kelilalina	4,09	0,76	5,36
Mare Betamango	3,8	0,79	4,81
Lac Betaingisy	3,1	0,79	3,91
Mare Betamango annexe	2,58	0,65	4
Mare Mangidy	1,94	0,61	3,16

Biomasse

Puisque l'espèce *Ludwigia adscendens* subsp.*diffusa* (FORSSK.) P.H. Raven prédomine dans la mare Vitrine (Amborovy), on a effectué une mesure de biomasse avec sa flore associée. D'après les résultats, la biomasse moyenne produite par l'échantillon *Ludwigia adscendens* est très élevé (675 ± 388.91 g/m²), *Eichhornia crassipes* (275 ± 175.78 g/m²), *Pistia stratiotes* (125 ± 10.1 g/m²) et enfin *Azolla filiculoides* (100 g/m²). La biomasse produite par ces espèces est d'autant plus élevée que le taxon est de grande taille et prédominant. Selon le résultat du test sur la biomasse fraîche et sèche de l'espèce *Ludwigia adscendens*, une différence significative a été constatée ($p < 0.05$).

Discussions

Le nombre de taxon dans chaque site est très important. Dans les mares Vitrine (Amborovy) et Kelilalina (Belobaka), le nombre d'espèces recensées est de 41 - ce qui est la plus élevée. Tandis que dans la mare Mangidy, elle ne compte que 9 espèces. Cette richesse élevée est vérifiée par l'adaptation de chaque taxon à s'associer les uns aux autres. Comme cité dans le résultat, ce sont les Poaceae (21.05%) qui prédominent en termes d'espèces, puis les Fabaceae (15.58%) et les Cyperaceae (12.98%). Cette richesse floristique est très importante par rapport aux autres zones humides stagnantes dans les alentours de Mahajanga et n'est pas fonction de l'étendue de celle ci, comme exemple dans l'étude effectuée par Ranarijaona *et al.* (2013), dans le lac Ravelobe, 29 espèces ont été recensées puis ce de Ramiandrisoa *et al* (2014), dans la NAP Antrema, 35 espèces et de Maharombaka (2012) dans la CMK, 67 espèces dans l'ensemble des sites étudiés.

La diversité biologique est plus importante dans certains sites mais aussi faible dans d'autres. Celle-ci est très élevée dans les mares Vitrine (Amborovy) et Kelilalina (Belobaka). Chaque taxon est plus tolérant avec d'autre d'où cette répartition relativement équitable.

Dans la mare Vitrine (Amborovy), des espèces envahissantes ont été observées telles que *Eichhornia crassipes*. Dans les études effectuées par Ranarijaona *et al* (2013) dans le lac Ravelobe, la biomasse fraîche moyenne dans 1 m² varie de 27.5 kg/m² et 22.5 kg/m² respectivement en saison humide et sèche. Dans 1 m², associé avec d'autre espèce, *E. crassipes* pèse en moyenne 1.550 kg/m². La prolifération de l'espèce *L. adscendens* est actuellement inquiétante. Cette espèce prédomine dans la mare et étouffe les espèces hydrophytes qui y sont installées à savoir *E. crassipes*, *Pistia stratiotes*, *Azolla filiculoides*. La biomasse fraîche de l'espèce *L. adscendens* est en moyenne de 4,2 kg/m² associé aux espèces citées précédemment.

L'espèce *L. adscendens* a un développement relativement rapide car elle peut produire des fleurs 70 jours seulement après la germination (Oziegbe *et al.*, 2011). Leur état végétatif est très intense ce qui favorise sa dominance dans un milieu donné. Vu que l'espèce occupe un espace considérable, la compétition est très rude pour les hydrophytes. Une strasse hydrique est alors observée au niveau de

la morphologie de *P. stratiotes*. Par ailleurs, cette espèce (*L. adscendens*) a une fonction allelopathique. Cet effet a été prouvé sur l'espèce *Corchorus olitorius* (Sakpere et al., 2010).

Un des sites étudiés présente une des espèces menacées selon IUCN (*Leersia perrieri* (A. Camus) Launert). Son habitat est relativement envahi par *Neptunia oleracea* et que sa population ne se trouve autre part que dans ce seul endroit. D'autres sites pourraient en avoir, mais vu la conversion rapide des berges et les zones humides peu profondes, en champ de culture, le niveau de survie de cette espèce est très mince. La préservation de ces zones humides contribue à la conservation de la biodiversité (faune et flore) et son biotope (habitat) (Lagorceix). Des stratégies consistent alors à mettre en évidence la conservation de la biodiversité (O. CIZEL, GHZH, 2010).

Trois zones humides sont privatisées à Belobaka, à savoir Betamango, Mangidy et Betaingisy ; or les zones humides sont les propriétés de l'Etat. Les zones humides urbaine et périurbaine ont un rôle important au service de l'écosystème (COP10, 2008) qui était résolu à Bucharest (2012). Les textes nous amènent à la gestion rationnelle et la conservation de la biodiversité, surtout dans les zones humides urbaine et périurbaine de Madagascar, notamment à Mahajanga.

Conclusion

L'écosystème aquatique est très fragile, quel soit continental ou littoral. Le niveau de la diversité biologique dépend de substrat que possède la zone humide. Cette richesse peut être modifiée selon les conditions immédiates et les perturbations causées par différents facteurs. Certaines espèces montrent une agressivité interspécifique. *Ludwigia adscendens* est actuellement une espèce proliférant qui provoque un déséquilibre écologique, c'est le cas de l'espèce *Eichhornia crassipes* dans d'autres sites. Il faut préserver la zone humide dans son intégralité, en organisant les éléments construits tout autour.

Références Bibliographiques

- Braun-Blanquet, 1965. Plants sociology. Ed. New York and London. 439p.
- Lagorceix. S., Prix. « Integration de la zone humide dans le projet urain » : Rochefort (17). Restauration des marais périurbains de Rochefort.
- Maharombaka C., Ranarijaona H.L.T, 2012. Suivi écologique des macrophytes dans le Complexe MahavavyKinkony. Département de Biologie végétale. Environnement BioHydroSystème. Université de Mahajanga.
- Michel, J.M. 2012. Comment intégrer les zones humides dans un projet urbain. Extrait du fascicule Grand Prix zones humides en milieu urbanisé : Palmarès, CERTU.
- O. CIZEL, GHZH. Protection et gestion des espaces humides et aquatiques. Guide juridique, pôle relais Lagunes, Agence de l'eau RM&C, 2010. Chapitre 8. Protection des espèces des zones humides.
- Oziegbe M., Faluyi J.O., 2011. Reproductive biology of *Ludwigia leptocarpa* and *L. adscendens* subsp. *Diffusa* in Ile Ife, Nigeria; Department of Botany, ObafemiAwolowo University, Ile Ife – NIGERIA.
- Ramiandrisoa B.A., Maharombaka C., Ranarijaona H.L.T., 2014. Typologie floristique de la région Boeny : cas des zones humides de la Nouvelle Aire Protégée (NAP) d'Antrema.
- Ramsar, Bucharest (2012). Principes pour la planification et la gestion des zones humides urbaines et périurbaine (Résolution XI.11, 2012).
- Ranarijaona H.L., 1999. La flore des eaux stagnante de Madagascar (lacs, marais et étangs) : essais de typologie. Thèse doctorat 3è cycle. Université d'Antananarivo, Faculté des sciences, Département de Botanique et Ecologie végétales, Option Ecologie végétale, 116pp.
- Ranarijaona H.L.T., Zainabo F., Andriamanantena A. H., Andrianasetsra G. S., 2013. Evaluation de la prolifération de la jacinthe d'eau du lac RavelobeAnkarafantsika et plan de restauration.
- Sakpere A.M., Oziegbe M., Bilesanmi I.A., 2010. Allelopathic of *Ludwigia decurrens* and *L. adscendens* subsp. *Diffusa*on Germination, Seedling Growth and Yield of *Corchorus olitorius* L. ObafemiAwolowo University, Department of Botany, Ile-Ife, Nigeria.
- Shannon, C. E. & Weaver, W., 1949. The mathematical theory of communication, University of Illinois Press Urbana
- Shannon, C. E., 1948. A Mathematical Theory of Communication. The Bell System technical Journal 27. 379-423, 623-656

Références Webographiques

<http://www.ramsar.org/news/madagascar-designates-five-ramsar-sites-on-world-wetlands-day>.

Ramsar, 2017.

<http://www.midi-madagasikara.mg/societe/2015/08/11/zones-humides-bientot-10-nouveaux-sites-ramsar-a-madagascar/> (Midi Madagasikara. 2016. Zones humides : Bientôt, 10 nouveaux sites Ramsar à Madagascar)

8. Etude de la dynamique spatio-temporelle de marais à *Hapalemur alaotrensis* dans le Sud-Ouest du Lac Alaotra, Région Alaotra-Mangoro

RAKOTOLALAINA Noelisoa Sylvain, RAZAFIMAMONJY Nivo, ROGER Edmond

Faculté des Sciences – Université d’Antananarivo

Résumé

Madagascar possède de nombreux écosystèmes et habitats naturels qui renferment une biodiversité unique dont la plupart des espèces animales et végétales sont endémiques. Comme tous les écosystèmes tropicaux dans le monde, ces écosystèmes malgaches ne sont pas épargnés par le recul constant de leur superficie. Le marais à *Hapalemur alaotrensis* fait partie des écosystèmes naturels en régression à cause de nombreuses pressions : extension des rizières dans la zone marécageuse, feux de marais par les pêcheurs. Il constitue pourtant l’habitat de l’unique espèce de lémurien endémique de la Région Alaotra Mangoro qui se retrouve ainsi menacée. La conservation de ce marais est une des principales solutions pour sauvegarder *Hapalemur alaotrensis*. Les connaissances de l’utilisation, de l’exploitation et de l’évolution d’un écosystème donné pourraient contribuer à sa gestion durable et à sa conservation naturelle d’où l’intérêt de cette étude. L’étude a utilisé des techniques de télédétection et de traitements d’images satellitaires à différentes années, de 1998 à 2015, dans la zone d’étude qui est l’immense marais entourant le lac Alaotra. La classification des images ont permis d’obtenir des informations sur les différentes occupations spatiales. Les cartes thématiques obtenues ont montré la diminution de la surface de marais à *Hapalemur alaotrensis*, estimée à 218 ha par an entre 1998 à 2009 et 116 ha par an entre 2009 et 2015. Les efforts de conservation déjà entamés dans la région du Lac Alaotra, qui est devenue une Nouvelle Aire Protégée et site RAMSAR en 2007, doivent être multipliés pour réduire voire éliminer les pressions anthropiques sur le marais à *Hapalemur alaotrensis*.

Introduction

Madagascar est connu pour ses écosystèmes et habitats naturels et pour sa biodiversité endémique. Les lémuriens sont des espèces animales endémiques et emblématiques de Madagascar. Par leur forte endémicité, leur conservation constitue une priorité mondiale (Mittermeier, 2009 ; Mittermeier et al. 2010). Cependant, leur habitat est particulièrement menacé par la déforestation et la dégradation (Harper et al. 2007). Le marais du lac Alaotra, l’habitat de l’unique espèce de lémurien endémique de la Région Alaotra Mangoro, *Hapalemur alaotrensis*, fait partie des écosystèmes naturels menacés à cause de nombreuses pressions : extension des rizières dans la zone marécageuse, feux de marais par les pêcheurs. Auparavant, sa superficie a été estimée à 60.000 à 80.000 ha (Moreau, 1987). En 1984, elle a diminué à 35.000 ha (Nicoll et Langrand, 1989), puis en 2000, il ne restait plus que 23.500 ha (RAMSAR, 2003). La perte de l’habitat est une énorme menace pour la biodiversité car elle provoque un déséquilibre dans l’écosystème concerné.

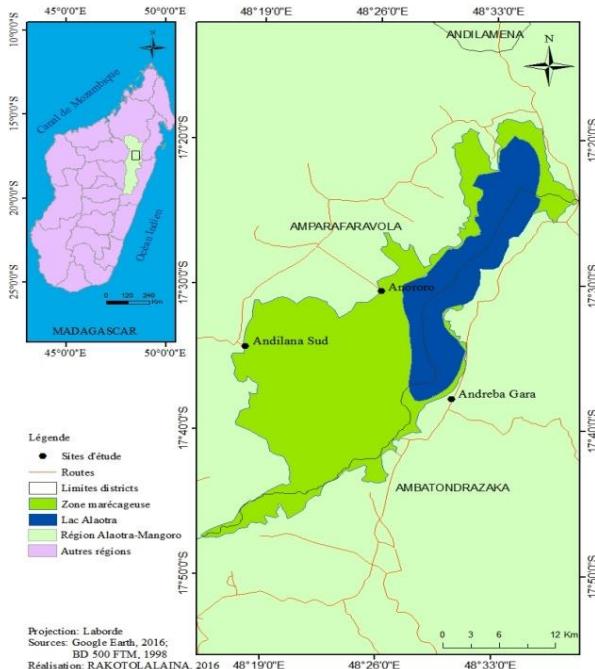
Face à la diminution alarmante de la surface de son habitat naturel, la population de *Hapalemur alaotrensis* est en déclin. Elle comptait environ 10.000 individus vers 1990 (DWCT, 2000). Elle ne comptait que 7500 individus en 1994 (Mutschler et Feistner, 1995) puis 5000 à 7000 individus en 1999 (Mutschler et al., 1999). La dernière estimation de la population totale dans l’ensemble du marais est de 2480 individus en 2002 (Ralainasolo, 2004). *Hapalemur alaotrensis* est ainsi classé dans la catégorie des espèces en danger critique d’extinction (CR), (UICN/CBSG, 2001). Plusieurs études ont montré que cette espèce de lémurien est plus menacée dans son habitat naturel (Maminirina et al., 2006 ; Guillera-Arroita et al., 2010 ; Rendigs et al., 2015). Des actions de conservation et de gestion de cette espèce et son habitat sont nécessaires pour éviter sa disparition.

Des efforts de conservation ont été déjà effectués depuis quelques années par les organisations environnementales, opérant dans la région et par les communautés locales. L’ensemble du lac et de ses marais environnants qui constituent la zone humide d’Alaotra a été classée site Ramsar en 2003 (Andrianandrasana et al., 2005). Sa classification officielle, en tant que Nouvelle Aire Protégée dans le cadre du Système des Aires Protégées de Madagascar a eu lieu en Janvier 2007 (Ranarijaona, 2007). Pour renforcer ces actions de conservation déjà entreprises, des compléments des connaissances et des compléments des données existantes sur les marais du lac Alaotra sont nécessaires. La conservation de son habitat est une des principales solutions pour sauvegarder cette espèce.

L'objectif principal de cette étude vise la conservation de l'espèce *Hapalemur alaotrensis* et de son habitat naturel. Ainsi, ce travail consiste à étudier l'évolution de l'habitat naturel de *Hapalemur alaotrensis* dans l'espace et dans le temps.

Milieu d'étude

Le travail a été effectué dans l'immense marais, qui se situe essentiellement dans le Sud-Ouest du lac Alaotra. (Carte 1).



Carte 1: Localisation de la zone d'étude

Méthodes d'étude

Cette étude consiste à étudier l'évolution spatio-temporelle de l'habitat à *Hapalemur alaotrensis*. Il s'agit d'un traitement d'images satellitaires prises à différentes années, pour avoir les cartes d'occupation du sol de la zone d'étude. Cette étude a été réalisée en trois étapes : téléchargement, prétraitements et classifications des images.

Le téléchargement des images Landsat a été effectué à partir du site USGS (United States Geological Survey). Selon l'objectif, trois images sont obtenues et utilisées dans cette étude (Tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques des images satellites utilisées dans cette étude

Date d'acquisition	Capteur
08 Mai 1998	Landsat-5 TM
20 Avril 2009	Landsat-5 TM
12 Septembre 2015	Landsat-8 OLI

Les images prises par les satellites ne sont pas utilisables directement, il est nécessaire d'effectuer des prétraitements. Les opérations de prétraitement permettent de travailler dans un environnement géoréférencé et de pouvoir utiliser des images dépourvues de défauts visuels (Dolbec *et al.*, 2005). Au cours des prétraitements, deux catégories d'opération sont regroupées : la calibration

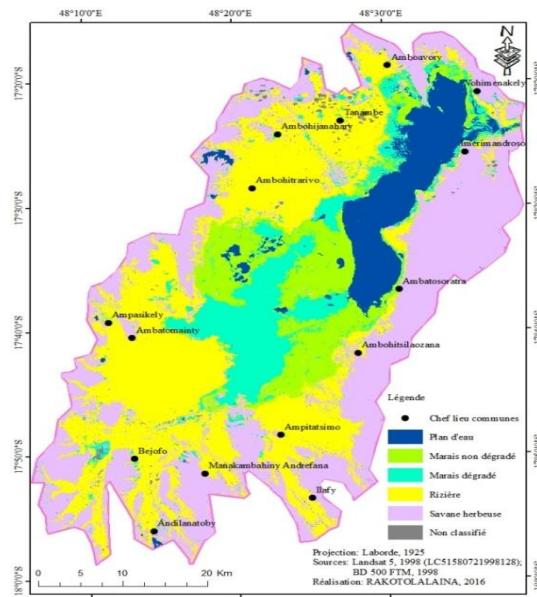
Résultats

La classification d'images a été faite sur une superficie occupée de près de 260.900 ha du lac Alaotra et de ses environs. Le résultat global de la classification est présenté dans le tableau 2.

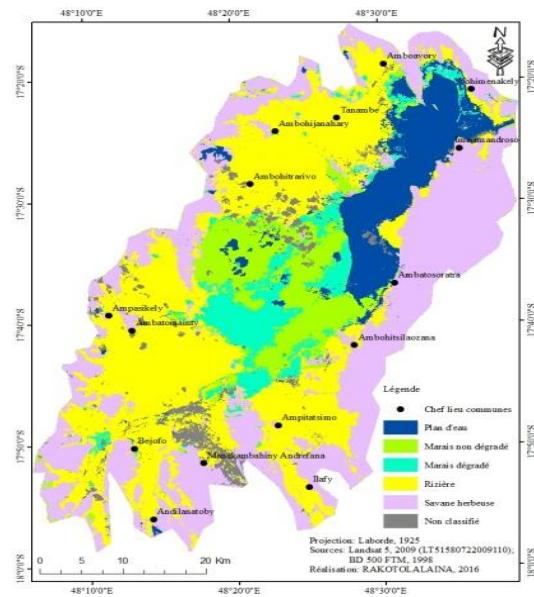
Tableau 2: Occupation du sol de la zone d'Alaotra pour les années 1998, 2009 et 2015

Occupation du sol en ha /Année	1998	2009	2015
Plan d'eau	20135	21633	19401
Marais non dégradé	24059	21660	20957
Marais dégradé	22921	24908	26744
Rizière	100209	96834	101730
Savane herbeuse	87924	82045	81340
Non classifié	5708	11860	8775

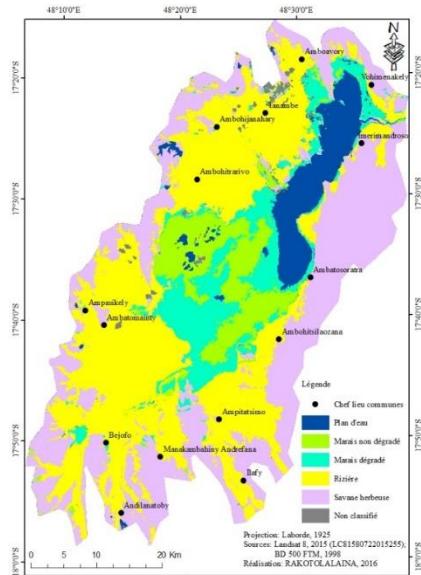
La partie non classifiée correspond aux nuages et leurs ombres. Parmi les classes d'occupation, le marais non dégradé correspond à l'habitat de *Hapalemur alaotrensis*. Il s'étendait sur une superficie de 24.059 ha en 1998 (Carte 2), 21.660 ha en 2009 (Carte 3) et 20.957 ha en 2015 (Carte 4). La diminution de la superficie du marais non dégradé est toujours observée pendant ces années considérées. Mais elle est importante entre 1998 à 2009. La dégradation est estimée à environ 218 ha par an. Entre 2009 et 2015, une baisse de la surface dégradée est constatée. La surface annuelle perdue a diminué puisqu'elle a été estimée à 116,6 ha.



Carte 2 : Carte d'occupation du sol de la zone d'Alaotra pour l'année 1998



Carte 3 : Carte d'occupation du sol de la zone d'Alaotra pour l'année 2009



Carte 4 : Carte d'occupation du sol de la zone d'Alaotra pour l'année 2015

Discussions et recommandations

La superficie de l'habitat de *Hapalemur alaotrensis* diminue dans le temps. Sa superficie a été estimée entre 60.000 à 80.000 ha auparavant (Moreau, 1987). En 1984, elle est à 35.000 ha (Nicoll et Langrand, 1989).

D'après les résultats de classification d'images, la réduction de la superficie des marais à *Hapalemur alaotrensis* continue actuellement. La surface de l'habitat perdue est importante entre 1998 à 2009, elle a aussi connu une baisse entre 2009 et 2015. Les principales menaces et pressions sur le marais sont les feux de marais et la pratique de « voly vary jebo » dans la zone marécageuse. La majorité des feux sont provoqués par les pêcheurs qui arrachent et brûlent le « Zetra » pour faciliter la recherche de poissons (Fibata) dans leurs trous. Les paysans coupent et brûlent aussi le « Zetra » pour le transformer facilement en rizières. Les catastrophes naturelles constituent aussi des menaces et pressions sur le « Zetra ». Lors du passage des cyclones, le niveau d'eau augmente et le vent souffle fortement en provoquant la séparation du « Zetra » en marais fragmenté. Les collectes des plantes surtout *Cyperus madagascariensis*, *Phragmites communis* et *Cyperus latifolius* pour différents usages : construction, artisanat entraînent également la destruction du « Zetra ».

Les efforts de conservation, tels que l'inscription de la zone humide d'Alaotra dans les sites RAMSAR et la création de la Nouvelle Aire Protégée ont contribué à la réduction de la surface détruite. La restauration écologique, la sensibilisation, les activités de conservation devront être renforcées et réalisées avec la participation active des communautés locales afin de limiter ou éradiquer les activités destructrices des marais surtout l'extension des rizières pour le « voly vary jebo » et les feux.

Conclusion

Le marais du lac Alaotra est connu surtout par la présence de *Hapalemur alaotrensis*, unique espèce des lémuriens observée seulement dans cette végétation. La destruction de cet habitat naturel constitue une grande menace pour cette espèce de lémuriens. Il diminue dans le temps et dans l'espace. Cette diminution est très marquée entre les années 1998 à 2009. La dégradation est estimée à environ 218 ha par an. Elle continue encore actuellement même si une baisse de la surface dégradée annuellement a été constatée. Des actions de conservation entreprises avec la création de la Nouvelle Aire Protégée du Lac Alaotra ont contribué à la diminution de la destruction du marais à *Hapalemur alaotrensis*. Elles devront être renforcées en vue de la gestion durable des ressources et de la conservation du marais.

Références

- ANDRIANANDRASANA, H. T., RANDRIAMAHEFASOA, J., DURBIN, J., LEWIS, R. E. and RATSIMBAZAFY, J. H., 2005. Participatory ecological monitoring of the Alaotra wetlands in Madagascar. *Biodiversity Conservation* 14, 11: 2757-2774.

DAGET, P., and POISSONNET, J., 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies, critères d'application. *Annales Agronomiques*, 22, 1: 5-41.

- DOLBEC, J. F., ALAIN, N., ROUSSEAU, P. D. and RENAUD, Q., 2005. *Développement d'un processus de classification d'images satellitaires afin de détecter les changements d'occupation du sol sur le bassin versant de la rivière Chaudière pour la période 1970 à 2000 : Exemple de l'image Landsat-5 du 6 août 1987.* INRS-ETE, Québec, 85p.
- DURRELL WILDLIFE CONSERVATION TRUST, 2000. *European Endangered Species programme for the Alaotran gentle Lemur, Hapalemur griseus alaotrensis*, Jersey, 23p.
- DURRELL WILDLIFE CONSERVATION TRUST, 2006. *Alaotran gentle lemur species factsheet*. 2p.
- GUILLERA-ARROITA, G., LAHOZ-MONFORT, J. J., MILNER-GULLAND, E. J. and YOUNG, R. P., 2010. Monitoring and conservation of the critically endangered Alaotran gentle lemur *Hapalemur alaotrensis*. *Madagascar Conservation & Development* 5:103-109.
- HARPER, G. J., STEININGER, M. K., TUCKER, C. J., JUHN, D. and HAWKINS, F., 2007. Fifty years of deforestation and forest fragmentation in Madagascar. *Environmental Conservation*, 34:1-9.
- MAMINIRINA, C. P., PASCAL G. and WAEBER, P. O., 2006. Comic Strips as Environmental Educative Tools for the Alaotra Region. *Madagascar Conservation & Development* 1:11-14.
- MITTERMEIER R.A., 2009. Biodiversity calendar 2009. Madagascar: Conservation International, p1.
- MITTERMEIER, R. A., LOUIS J. E. E., RICHARDSON, M., SCHWITZER, C., LANGRAND, O., RYLANDS, A. B., HAWKINS, F., RAJAOBELINA, S., RATSIMBAZAFY, J., & RASOLOARISON, R., 2010. *Lemurs of Madagascar*. Washington, DC: Conservation International.
- MOREAU, J., 1987. *African Wetlands and Shallow Water Bodies*. Burgis M. J. & J. J. Symoens (eds.). Paris, Orstom, pp. 595-606.
- MUTSCHLER, T. and FEISTNER, A. T. C. 1995. Conservation Status and Distribution of the Alaotran Gentle Lemur *Hapalemur griseus alaotrensis*. *Oryx* 29: 267-274.
- MUTSCHLER, T., 1999. *Folivory in a Small-bodied lemur: the Nutrition or the Alaotran Gentle Lemur Hapalemur griseus alaotrensis*. In New Direction in Lemur Studies. Rakotosamimanana B., Rasamimanana H., Ganzhorn, J. U. and Goodman, S. M. (eds.). New York, Plenum Press, pp. 221-239.
- NICOLL, M. E. and O. LANGRAND, 1989. *Madagascar : Revue de la Conservation et des Aires Protégées*. World Wide Fund for nature, Gland, Switzerland.
- RALAINASOLO, F. B., 2004. *Effets des actions anthropiques sur la dynamique de la population de Hapalemur griseus alaotrensis* (Rumpler, 1975) dans son habitat naturel. Mém. DEA, Département de Biologie Animale. Université d'Antananarivo, 86p.
- RAMSAR, 2003. *Information Sheet on Ramsar Wetlands*. Antananrivo, 12p.
- RANARIJAONA, H. L. T., 2007. Concept de modèle écologique pour la zone humide Alaotra. *Madagascar Conservation & Développement* 2, 1: 25-42.
- RENDIGS, A., REIBELT, L. M., RALAINASOLO, F. B., RATSIMBAZAFY, J. H. and WAEBER, P. O., 2015. Ten years into the marshes – *Hapalemur alaotrensis* conservation, one step forward and two steps back? *Madagascar Conservation & Development* 10:13-20.
- IUCN/CBSG, 2001. *Evaluation et plans de gestion pour la conservation de la faune de Madagascar*. Conservation Breeding Specialist Group.

9. Dynamique de la forêt des Mikea, entre 1973 et 1985, suivie à partir d'images Landsat 1 et 5

ANDRIANARIVO Avisoatolona.¹, Rasaona T.¹, Hervé D.²

¹ Mention Géographie, Université d'Antananarivo

² UMR GRED, IRD

Résumé

L'étude diachronique de la dynamique de la forêt des Mikea, à partir d'images satellites Landsat 1 et 5, a montré qu'entre 1973 et 1985, la couverture forestière a régressé, avec un taux de déforestation de 0,7 %. Plusieurs facteurs concourent à cette diminution de l'espace forestier des Mikea, notamment la pratique de la culture abattis-brûlis et la fabrication de charbon de bois, deux activités étant les plus dévoreuses d'espace de la forêt.

D'importants changements apparaissent dans la partie Ouest et Nord-Ouest de la fenêtre d'étude marquée par la conversion de la classe « Forêt » vers la classe « Non forêt ». Dans la partie Est, la

classe « Forêt » est fortement fragmentée, et le changement s'opère à l'intérieur même de la forêt, étant un signe de déplacement des activités anthropiques dans la forêt.

Mots clés : Mikea, actions anthropiques, dynamique, images Landsat.

Introduction

Madagascar est l'un des pays tropicaux et insulaires, riche en biodiversité de l'hémisphère Sud, classé parmi les hotspots de la biodiversité où le taux d'endémisme est élevé (Myers et al. 2000, PNAE, 2003, Mittermeier et al. 2004). Cette méga biodiversité couvre les besoins vitaux des populations riveraines. En effet, la déforestation qui dérive le plus souvent des activités anthropiques constitue l'une des menaces les plus importantes des diversités biologiques. Elle se manifeste par la transformation des massifs forestiers naturels en environnements artificiels de plus en plus fragmentés.

L'espace forestier des Mikea du Sud-Ouest de Madagascar, un grand massif de forêt dense sèche caducifoliée, d'une richesse floristique et faunistique exceptionnelle avec un fort taux d'endémisme des espèces présentes : 48 % au niveau des genres et 95 % au niveau des espèces (Perrier de la Bathie, 1921 ; Humbert, 1955 et 1965 ; Koechlin et al. 1974 ; Thomasson, 1991), tend de la même façon vers la fragmentation. Cet espace forestier a été affecté par plusieurs processus concourant à sa régression ((Razanaka, 1995, Lasry et al., 2004, Ravonjimalala et al., 2015) et qui lui confèrent sa dynamique : les migrations successives, l'aménagement du Bas-Mangoky, l'ouverture de la RN 9, et l'aménagement de la zone de baiboho dans le couloir d'Antseva. Les « booms » successifs des produits commerciaux : pois du Cap (mi 1970), coton (début 1980) et maïs (début 1990) sont le principal moteur des défrichements du massif forestier des Mikea (Razanaka, 1995, Milleville, 2000, Lasry, 2005).

En effet, ces conquêtes de l'espace de la forêt des Mikea sont renforcées d'une part, par la culture sur abattis-brûlis ou hatsake, base de la dégradation de la forêt (Razanaka et al., 2001), 55% de la forêt affectés entre 1971 et 2001 (Blanc-Pamard et al., 2005), et d'autre part, par la fabrication de charbon de bois pour l'approvisionnement des grandes villes du Sud (Mana et al., 1999 ; Razanaka et al., 2001).

Ainsi, pour conserver et préserver la forêt des Mikea, une procédure de création de parc national a été lancée depuis 2003, et elle a été finalisée en 2007 par sa mise en statut d'aire protégée sous la gestion de Madagascar National Parks (MNP).

Le présent travail porte sur l'étude de la dynamique de la forêt des Mikea, entre 1973 et 1985, suivie à partir d'images LandSat 1 et 5. Il a pour objectif de montrer et d'évaluer l'évolution de l'espace forestier des Mikea sur de temps long et de compléter les travaux antérieurs.

Matériels et méthodes

Localisation de la zone d'étude

La Forêt de Mikea est située entre entre 43°19'12" et 43°49'43" de longitude Est, et entre 21°47'12" et 22°51'41" de latitude Sud. Elle est limitée au Nord par le fleuve Mangoky, au Sud par celui de Manombo, à l'Ouest par le canal de Mozambique et à l'Est par la Route Nationale n°9. Cette forêt occupe une vaste pénéplaine littorale de 180 km sur 75 km (Ravonjimalala et al., 2015), couvrant une superficie de 1500 km². Sur le plan administratif, la forêt de Mikea est située dans la Région Sud-Ouest, au Nord de la ville du chef-lieu Toliara. Elle est à cheval sur les districts de Morombe et de Toliara II.

Cette contribution a été orientée dans la partie Nord du parc pour compléter les études antérieures effectuées à Analamisampy et Antanimieva. Le terrain d'application est la partie Nord de la forêt de Mikea, localisée dans les Communes de Basibasy et de Befandefana, dans le District de Morombe.

Conditions climatiques

Les données climatiques, de 1982 à 2012, sont issues du site fr.climate-data.org où des données sur Basibasy sont disponibles et prises comme référence pour l'ensemble des deux Communes Befandefana et Basibasy. Dans la zone d'étude, l'amplitude pluviométrique – variation des précipitations entre le mois le plus humide (Février avec 162 mm) et le mois le plus sec (Juillet avec 2 mm) – est de 160 mm. La pluviométrie annuelle est de 616 mm. Les mois de Décembre, Janvier, Février, Mars concentrent 83 % des précipitations annuelles avec 511 mm. La température moyenne annuelle est de 24,5 °C. L'amplitude thermique est de 7,4 °C, ce qui signifie que la température moyenne au court de l'année varie peu. Avec une température moyenne de 27,7 °C, le mois de Janvier est le plus chaud de l'année. Au mois de Juillet, la température moyenne est de 20,3 °C, ce qui fait de ce mois celui du plus froid de l'année. Ces paramètres permettent de classer la zone dans le type « Bsh : climat semi-aride » selon la nomenclature de Köppen.

Conditions édaphiques et formations végétales

Selon la notice de la carte bioclimatique de Madagascar (Cornet et Guillaumet, 1976), deux étages de végétation se succèdent dans cet espace. Sur la bande côtière prend place l'« étage de végétation sub-aride ». Le sol est à faciès sur sable et sur calcaire. On y rencontre le fourré xérophile à Didiéracées et Euphorbiacées ; et parfois la savane steppique à *Cenchrus ciliaris* et *Panicum voeltzkowii*. Sur les plaines et plateaux au-dessous de 600 m d'altitude, l'étage de végétation est « sec et semi-aride », à faciès sur sols latéritiques, sur sols arénacés et sur calcaires. On y rencontre la forêt dense sèche à *Dalbergia*, *Commiphora* et *Hildegardia*, quelques forêt macécageuses et des savanes herbeuses ou arborées, à palmiers ou à *Hyparrhenia rufa*, *Heteropogon contortus*, *Aristida rufescens*.

Les données utilisées

Une dynamique en 12 ans, entre 1973 et 1985, est suivie dans la présente étude. Les images ont été téléchargées depuis le site earthexplorer.usgs.gov, où sont répertoriées les archives LandSat. Quatre images ont été utilisées dans le traitement pour les deux dates : deux images par date couvrant le Nord et le Sud de la zone d'étude.

- Deux images Landsat 1, capteur *Multi-Spectral Scanner*, du 15 juin 1973.
- Deux images Landsat 5, capteur *Thematic Mapper*, du 17 janvier 1985.

Le traitement des données

La classification est effectuée à partir de l'algorithme de classification Séparateur à Vastes Marges (SVM), introduit en 1992. C'est une technique d'apprentissage supervisée, destinée à résoudre des problèmes de discrimination et de régression. En traitement d'images de télédétection, il s'agit de trouver un hyperplan séparant les données et une distance séparant l'hyperplan du plus proche exemple étant la plus grande possible. Le classificateur SVM suit une approche non-paramétrique.

Durant le traitement, cinq bandes ont été utilisées (vert, rouge, proche infra-rouge et moyen infra-rouge). Des néocanaux ont été calculés : l'indice normalisé de végétation (NDVI), l'indice de brillance (BI) et l'indice normalisé d'humidité 2 (NDWI2).

Des filtres et masques successifs ont été appliqués. Une première classification a été effectuée pour séparer « Eau » et « Non-Eau » qui constituerait ainsi la terre ferme. La partie « Eau » est masqué. Ensuite la partie « Non-Eau » est reclassifier en mode binaire pour avoir « Forêt » et « Non-Forêt ».

Pour la détection de changements l'algorithme *Change Detection* de Monteverdi a été utilisé. Pour ce faire, les bandes NDVI de chaque date ont été combinées. Puis cette combinaison a été reclassifiée avec l'algorithme SVM.

Résultats

Les résultats de la classification supervisée sont évalués par deux matrices de confusion correspondantes à l'occupation du sol des deux Communes Basibasy et Befandefa pour les années 1973 et 1985.

Tableau I : Matrice de confusion de la classification selon l'occupation du sol en 1973 à Basibasy et Befandefa

	Forêt	Non forêt	Plan d'eau	Total
Forêt	699 (95.10%)	36 (8.13%)	0 (0.00%)	735
Non forêt	0	443 (100.00%)	0 (0.00%)	443
Plan d'eau	0	0 (0.00%)	563 (100.00%)	563
Total	699	479	563	
Erreur de commission	8.13			
Erreur d'omission	4.89			

Tableau II : Matrice de confusion de la classification selon l'occupation du sol en 1985 à Basibasy et Bafandefa

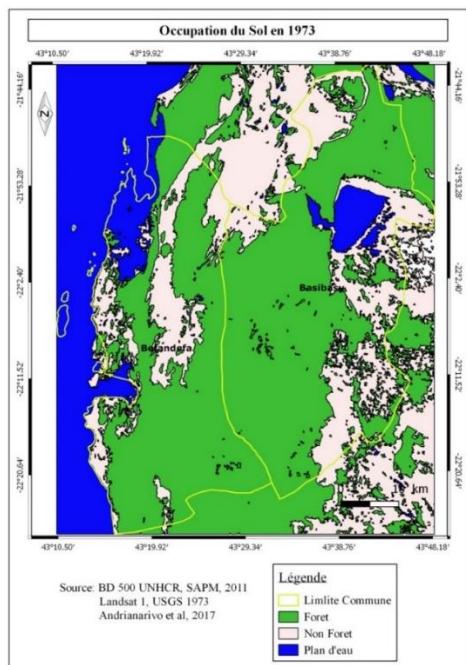
	Forêt	Non forêt	Plan d'eau	Total
Forêt	232(100.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	232
Non forêt	25 (6.05%)	388 (93.95%)	0 (0.00%)	413
Plan d'eau	0	0 (0.00%)	83 (100.00%)	83
Total	257	388	83	
Erreur de commission	10.77			
Erreur d'omission	6.05			

Les deux matrices de confusion du tableau I et II correspondent à la classification réalisée sur les deux images satellitaires de 1973 et de 1985. La précision globale de ces deux classifications,

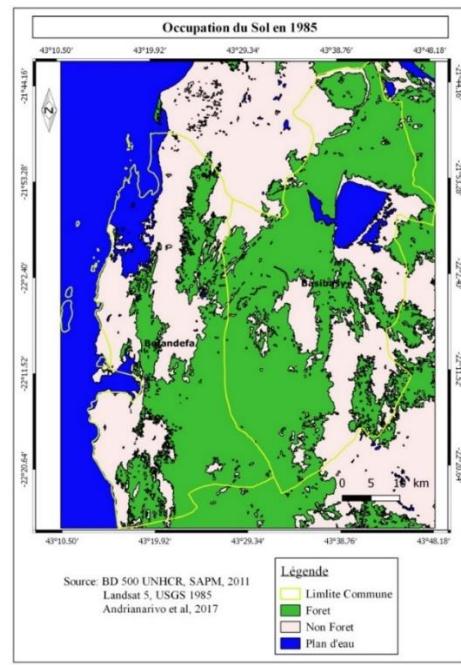
respectivement de 0,96 et de 0,84, indique une bonne classification des images. Pour l'image de 1973, les deux classes « Non forêt » et « Plan d'eau » ont été bien classifiées, alors que la classe « Forêt » est moins bien classifiée avec une erreur d'omission de 4,89%. Pour l'image 1985, ce sont les classes « Forêt » et « Plan d'eau » qui sont bien classifiées. Par ailleurs, la classe « Non forêt » a une erreur d'omission de 6,05%.

Cartes d'occupation du sol à Basibasy et Befandefa entre 1973 et 1985

En analysant les deux images satellitaires de LandSat 1 et 5, de 1973 et de 1985, sur une aire de référence de 3 100 km², la couverture forestière dans la zone d'étude s'est nettement réduite de 244,29 km² passant de 3 044,80 km² à 2 800,51 km². En espace de 12 ans, la zone a enregistré un taux de perte d'une surface forestière de 20,36 km^{2.an⁻¹, soit un taux de déforestation de l'ordre de 0,66% par an.}



Carte 1



Carte 2

Ces deux cartes montrent le grignotage de la forêt de la partie est vers l'ouest et dans la partie nord-ouest et ouest. En espace de douze ans, la forêt s'est fortement fragmentée. Cette fragmentation est due à plusieurs facteurs, notamment la pratique de la culture abattis-brûlis, les stratégies individuelles et collectives particulières adoptées pour l'extension des surfaces agricoles et l'exploitation forestière pour le charbonnage.

En effet, le caractère de forêt dense sèche décidue confère à la forêt des Mikea une faible résilience. Alors, après défrichement, la forêt laisse la place à des formations ouvertes dégradées évoluant vers un système savanique (Milleville et al., 1999 ; Grouzis et al., 2001 ; Razanaka et Grouzis, 2002 ; Leprun et al., 2003 ; Randriambanona et Grouzis, 2003) et se transforme en des types de végétation non forestière (Razanaka, 2001). De même, la dynamique de déforestation en cours aboutit à un déplacement continu vers l'ouest et le nord-ouest des fronts de défrichement et à une reconversion de la forêt en espaces agricoles et pastoraux (Razanaka, 2010).

Changement de l'occupation du sol à Basibasy et Befandefa entre 1973 et 1985

La détection de changement de la surface de référence est obtenue à partir de l'interpolation entre les images satellitaires LandSat 1 de 1973 et LandSat 5 de 1985 par la méthode de « *Change Detection* » du logiciel Monteverdi. La dernière fait la comparaison post-classification des deux cartes d'occupation des sols et une comparaison des classes.

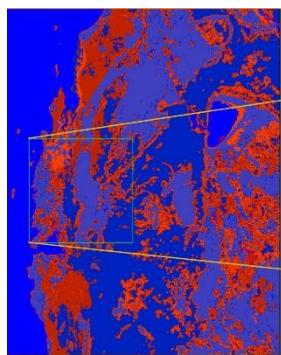


Figure 1

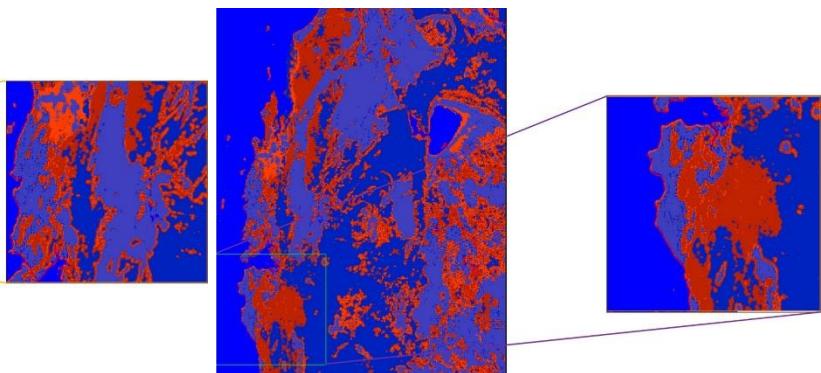


Figure 2

Ces figures présentent les changements observés entre 1973 (Figure 1) et 1985 (Figure 2). La teinte bleue foncée indique le non changement des classes « Forêt » et « Plan d'eau » et la teinte bleue claire, la classe « Non forêt ». Alors que la variation de la teinte rouge, qui va du rouge foncé au rouge orangé, indique le changement de l'occupation du sol. Cette variation de teinte est due au changement de chaque date. En effet, les deux figures zoom montrent en détail les changements apparus entre 1973 et 1985. Durant ces périodes, on observe des changements s'opérant dans la zone de forêt vers le Non-Forêt notamment dans la partie ouest et nord-ouest de la zone d'étude, et on remarque des fragmentations de changements dans la partie Est. Des intrusions de changement se voient à l'intérieur même de la forêt marquant déjà le déplacement des activités anthropiques vers la forêt.

Discussion

Avec l'absence de vérité terrain, les filtres choisis sont le filtre « Eau/Non eau » et le filtre « Forêt/Non Forêt ». Ce travail ne présente pas les différents types d'occupation du sol. Il met en exergue l'évolution de l'espace forestier des Mikea dans l'aire de référence de la partie nord et nord-ouest de la forêt. Le rythme d'évolution de la couverture forestière s'opérant dans l'aire de référence peut ne pas être similaire aux autres surfaces de référence choisies dans la partie Sud de la forêt. Plusieurs facteurs interfèrent et concourent dans cette différenciation. On peut noter la migration ancienne dans la partie Sud, d'est en ouest, dès les années 1920 avec la fondation des villages d'Ampasikibo en 1922, d'Analabo en 1943, d'Anjabetrongo en 1982, d'Andraketa en 1997 (Blanc-Pamard, 1999), l'aménagement de la zone de baiboho située à la marge orientale de la forêt, dans le couloir d'Antseva vers le milieu des années 1960 et la présence de la Route Nationale 9. La partie Nord et Nord-Ouest de la forêt n'est touchée pas la migration que vers les années 1960 (Ottino, 1963), ceci avec l'aménagement du périmètre du Bas-Mangoky vers le milieu des années 1960 (développement des cultures commerciales notamment le pois du Cap, le coton et le maïs). Le début des années 1980 marque alors les « booms » successifs des produits commerciaux dans le Sud-Ouest de Madagascar. Le changement s'opérant entre les deux dates, 1973 et 1985, est quantifié mais pas spatialisé.

Conclusion

L'analyse de la dynamique de la forêt des Mikea dans le Sud-Ouest de Madagascar, à partir des imageries satellites de Landsat 1 et 5, de 1973 et de 1985, montre que le couvert forestier se régresse avec une vitesse de déforestation de 0,7 % par an ; ce qui est aussi le chiffre obtenu par Razanaka et al. (2001). La comparaison entre les communes de Basibasy et de Befandefa n'a pas été traitée, mais fera l'objet d'une autre contribution.

Références bibliographiques

- Blanc-Pamard C., 2002. *La forêt et l'arbre en pays masikoro (Madagascar) : un paradoxe environnemental ?* In BFT N° 271 (1), 18 p.
- Hoerner J.-M., 1986. *Géographie régionale du Sud-Ouest de Madagascar. Association des géographes de Madagascar*, Imprimerie du Ftm, 188 p.
- Lasry F, Grouzis M, Milleville P, Razanaka S. *Dynamique de la déforestation et agriculture pionnière dans une région semi-aride du sud-ouest de Madagascar : exploitation diachronique de l'imagerie satellitaire haute résolution*. Symposium international « les régions arides surveillées depuis l'espace. De l'observation à la modélisation pour la gestion durable », Marrakech, 2001, 12 p.
- Mana P, Rajaonarivelo S, Milleville P. *Production de charbon de bois dans deux situations forestières de la région de Tuléar*. In : Razanaka S, et al., eds. Sociétés paysannes, transitions agraires et

dynamiques écologiques dans le sud ouest de Madagascar. Actes de l'atelier CNRE/IRD, 8-10 novembre 1999, Antananarivo, 2001, pp 199-210.

Milleville P, Grouzis M, Razanaka S, Razafindrandimby J. *Systèmes de culture sur abattis-brûlis et déterminisme de l'abandon cultural dans une zone semi-aride du sud-ouest de Madagascar*. In : Floret C, Pontanier R, eds. La jachère en Afrique Tropicale : rôles ; aménagements ; alternatives. Actes du séminaire international de Dakar. Paris : John Libbey Eurotext, 2000, pp 59-72.

Ottino P. 1963, *Les économies paysannes malgaches du Bas Mangoky*, L'homme d'Outre-mer, éd Berger-Levrault, Paris, 393p.

Randriambanona H.A., Bemaheva S.N.M., Alame M., Rejo-Fienena F., Ranaivo J., Razanaka S., Ravonjimalala H.R., Hervé D., *Étude des successions végétales entre deux dates 1997 et 2012 dans la forêt de Mikea (Sud-ouest de Madagascar)*. In Hervé D., Razanaka S., Rakotondraompiana S., Rafamantanantsoa F., Carrière S. (eds.), *Transitions agraires au Sud de Madagascar : Résilience et viabilité deux facettes de la conservation*, pp 95-112.

Rakotondraompiana S., Hervé D, Razanaka S., Rafamanantanantsoa F., 2015, *La télédétection pour le suivi de l'environnement en milieu sec*. In Hervé D., Razanaka S., Rakotondraompiana S., Rafamantanantsoa F., Carrière S. (eds.), *Transitions agraires au Sud de Madagascar : Résilience et viabilité deux facettes de la conservation*, pp 315-322.

Ravonjimalala H.R., Razanaka S., Randriambanona H., Hervé D., Rakotondraompiana S., 2015, *Evolution de la déforestation pour la culture de maïs sur défriche-brûlis dans la forêt de Mikea, avant et après sa mise sous statut d'aire protégée*. In Hervé D., Razanaka S., Rakotondraompiana S., Rafamantanantsoa F., Carrière S. (eds.), *Transitions agraires au Sud de Madagascar : Résilience et viabilité deux facettes de la conservation*, pp 85-94.

Razanaka S., Grouzis M., Milleville P., Moizo B., Aubry C. (eds.), 2001. Sociétés paysannes, transitions agraires et dynamiques écologiques dans le sud-ouest de Madagascar. Antananarivo : Actes de l'atelier CNRE/IRD, 8-10 novembre 1999, 400 p.

10. Plantes invasives dans les îles de l'Océan Indien : bilan et menaces futures

MATHIEU Rouget¹, Nicolas Juillet², Olivier Flores², Dominique Strasberg², Christophe Lavergne³, Alan Tye⁴

¹ CIRAD, UMR PVBMT, La Réunion, France, mathieu.rouget@cirad.fr

² Université de La Réunion, UMR PVBMT, La Réunion, France

³ Conservatoire Botanique National et Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement de Mascarin

⁴ International Union for the Conservation of Nature

Résumé

Les invasions biologiques représentent la menace principale de la biodiversité insulaire dans la région Océan Indien. La croissance des échanges commerciaux dans la zone augmente le risque des invasions biologiques. De plus un grand nombre d'espèces ont déjà été introduites mais n'ont pas encore atteint le stade d'invasion. Cependant les connaissances sur les espèces envahissantes n'ont pas fait l'objet de synthèse régionale ce qui nuit à la gestion de la biodiversité dans la région Océan Indien. Ce projet s'inscrit dans le cadre d'un programme de coopération régionale, Epi-Bio, qui vise notamment à harmoniser les connaissances et à mettre en réseau les acteurs pour mieux gérer les invasions. Nous présentons dans un premier temps un état des lieux du statut des plantes invasives pour chaque île, puis nous dressons un bilan préliminaire de la « dette d'invasion » (le nombre d'espèces qui pourraient devenir envahissantes) pour chaque île et concluons par des recommandations pour améliorer les connaissances et la gestion des plantes envahissantes. Regroupant les données disponibles pour Madagascar, l'Union des Comores, Mayotte, Seychelles, Maurice et La Réunion, nous avons identifié 377 plantes avérées envahissantes. Toutefois, très peu de ces espèces ont envahi l'ensemble de la région, mais beaucoup y sont présentes. Sur 377 plantes invasives, seulement 8 sont invasives sur toute la zone et plus de 70% ne sont recensées envahissantes que sur un territoire. Cependant la majorité (262 espèces) sont présentes sur au moins trois territoires. Parmi ces 377 plantes, 105 plantes sont listées comme invasives, 106 sont présentes mais non envahissantes, et 166 n'ont pas été recensées à Madagascar. Vu la similarité des conditions climatiques et écologiques entre les territoires de la zone, beaucoup d'espèces pourraient donc devenir envahissantes. A partir de critères d'impact, de distribution potentielle et de méthodes de lutte, une première liste prioritaire pourra être proposée. La liste des plantes invasives prioritaires pour la zone fera l'objet d'une charte de bonne conduite à définir avec les partenaires du programme Epi-Bio pour le renforcement des capacités régionales et nationales pour la protection de l'environnement. Un réseau de surveillance et

d'identification d'espèces potentiellement envahissantes entre les îles de la zone pourrait être ainsi établi.

Mots-clés : invasions biologiques, dette d'invasion, flore exotique, conservation de la biodiversité, zone sud-ouest de l'Océan Indien

Introduction

La zone sud-ouest de l'Océan Indien se caractérise par une forte diversité biologique. Dotée d'îles de taille variable (de Madagascar à l'archipel des Seychelles), elle comprend plus de 15000 plantes vasculaires, dont 12000 sont endémiques de la zone. Cette zone constitue un des points chauds de la biodiversité et représente un fort enjeu pour la conservation car sa biodiversité est fortement menacée. En effet, on observe une dégradation rapide et importante des milieux naturels liée à la déforestation (comme à Madagascar ou aux Comores) mais aussi liée aux invasions biologiques.

Les invasions biologiques représentent l'introduction par l'homme, volontaire ou non, d'espèces provenant d'une autre région qui, en envahissant les milieux agricoles et naturels, ont des conséquences négatives sur l'écologie, la santé et aussi l'économie du pays. Bien que certaines espèces introduites ont des conséquences positives, d'autres peuvent nuire au développement durable de la zone et contribuer à l'érosion croissante de la biodiversité. La croissance des échanges commerciaux dans la zone augmente le risque des invasions biologiques. De plus un grand nombre d'espèces ont déjà été introduites mais n'ont pas encore atteint le stade d'invasion. Il est donc important de synthétiser les connaissances sur les plantes invasives dans la zone afin de prioriser les actions à mener pour mieux gérer la biodiversité.

Une forte volonté de coopération régionale s'est manifestée depuis plusieurs années pour regrouper les connaissances et améliorer les méthodes de gestion des invasions biologiques. Cette thématique a fait régionalement l'objet de plusieurs rencontres, écoles thématiques et ateliers de travail. Ce projet s'inscrit dans un programme régional de santé végétale, intitulé « EpiBio » (Epidémirosurveillance et Bio-contrôle dans la zone de l'Océan Indien). Une des composantes du programme EpiBio vise notamment à harmoniser les connaissances sur les plantes invasives et à mettre en réseau les acteurs pour mieux gérer les invasions. Nous présentons ici un premier état des lieux du statut des plantes invasives pour chaque île, puis nous dressons un bilan préliminaire de la « dette d'invasion » (le nombre d'espèces qui pourraient devenir envahissantes) pour chaque île et concluons par des recommandations pour améliorer les connaissances et la gestion des plantes envahissantes.

Matériels et méthodes

Pour chaque pays/territoire (Seychelles, Union des Comores, Mayotte, Madagascar, La Réunion, Maurice et Rodrigues), nous avons regroupé les principales sources pour constituer une liste régionale des plantes invasives dans la zone (Tableau 1). Le choix a été fait de sélectionner des sources de données reconnues et expertisées localement (synthèse publiée, conservatoire botanique ou herbier national...) plutôt que des données issues de publications ou de littérature grise, plus difficile à localiser et à homogénéiser. La première version de la liste régionale a été obtenue par la concaténation des différentes listes « nationales ». Les noms des taxons ont été validés en utilisant un référentiel unique « www.PlantList.org » jugé suffisamment complet pour décrire les flores de la région. Nous avons aussi tenté d'harmoniser le statut d'invasion parmi les bases de données. Des différences d'interprétations du terme « invasif » existent, néanmoins, nous avons considéré comme invasive toute plante introduite qui se reproduit et se propage en milieu naturel en ayant (potentiellement) des conséquences négatives sur la biodiversité. Une fois la liste des plantes invasives établie pour la zone de l'Océan Indien, nous avons vérifié le statut (absent, présent ou invasif) de ces plantes dans les autres îles à partir des mêmes bases de données (Tableau 1).

Tableau 1 : Liste des sources utilisées pour compiler la liste des plantes invasives dans les territoires de l'Océan Indien

ILE	SOURCE	CATEGORIE UTILISEE	ESPECES EXOTIQUES/INVASIVES
Madagascar	www.griis.org (basé sur Kull et al. 2012)	« Invasive »	544/105
Réunion	CBNM 2016	« 4 » et « 5 »	1004/129
Mayotte	CBNM 2017	« 4 » et « 5 »	511/21
Maurice	Buckland et al. 2015	« invasive » et « invasive (?) »	1981/95
Rodrigues	Buckland et al. 2015	« invasive » et « invasive (?) »	665/21

Seychelles	Rocamora et Henriette 2015, National Herbarium 2017	Toutes sauf « naturalized, invading agriculture and anthropogenic habitats »	930/67
Comores	www.griis.org (basé sur Vos 2004)	« Invasive »	111/111

Résultats

Regroupant les données disponibles pour Madagascar, l'Union des Comores, Mayotte, les Seychelles, Maurice, Rodrigues et La Réunion, nous avons identifiés 377 plantes citées comme invasives dont la diversité varie par île (Tableau 1). Entre 21 (Mayotte et Rodrigues) et 129 (La Réunion) plantes sont listées comme invasives pour chaque territoire et un grand nombre d'espèces n'ont pas été recensées ; par exemple, 182 espèces citées comme invasives dans la zone sont absentes (ou pas recensées) aux Seychelles (Figure 1). Parmi ces 377 plantes, 105 plantes sont listées comme invasives, 106 sont présentes mais pas envahissantes, et 166 n'ont pas été recensées à Madagascar.

Toutefois, très peu de ces espèces ont envahi l'ensemble de la région mais beaucoup y sont introduites. Sur 377 plantes invasives, seulement 8 sont invasives sur toute la zone (6 îles et plus) : *Eichhornia crassipes*, *Leucaena leucocephala*, *Litsea glutinosa*, *Psidium cattleianum*, *Syzygium jambos*, *Furcraea foetida* (7 îles), et *Lantana camara* (7 îles). A l'inverse, plus de 70% ne sont recensées envahissantes que sur un seul territoire (Figure 2a). Parmi les plantes invasives dans une île seulement, certaines sont présentes dans toute la zone comme *Desmodium incanum* (invasive aux Comores seulement) ou *Dioscorea bulbifera* (invasive aux Seychelles). D'autres sont invasives et présentes sur une île seulement, comme *Begonia rex* (à La Réunion) ou *Homalanthus populifolius* (à Maurice). On observe toutefois une répartition plus homogène de ces espèces parmi les îles (espèces présentes mais pas toujours invasives). La majorité de ces plantes (262 espèces) sont présentes sur au moins trois territoires (Figure 2b).

La connaissance du statut et de la distribution de ces plantes invasives dans la zone de l'Océan Indien peut aider à l'identification de nouvelles espèces potentiellement invasives. En effet, on peut distinguer trois groupes de plantes qui pourraient devenir invasives demain (Figure 3) :

- Celles déjà introduites mais pas encore invasives. A Madagascar, on dénote 106 espèces qui sont listées comme invasive dans la zone mais pas encore à Madagascar
- Celles qui pourraient être introduites depuis la zone Océan Indien et devenir invasives. Parmi les plantes invasives de la zone, 166 sont encore absentes à Madagascar mais présentent un risque d'introduction,
- Enfin, les plantes qui pourraient être introduites à partir d'autres régions du monde.

Il est évident que toutes ces plantes n'ont pas le même risque d'invasion, celui-là varie en fonction des voies d'introduction et des conditions pédoclimatiques par exemple. A Madagascar, le risque d'introduction de plantes invasives est élevé depuis La Réunion (77 espèces) et relativement faible depuis Mayotte (2 espèces) (Figure 4a). Les plantes invasives à Madagascar présentent aussi un risque pour les autres îles, notamment pour l'Union des Comores, où 74 des espèces invasives à Madagascar ne sont pas encore recensées (Figure 4b).

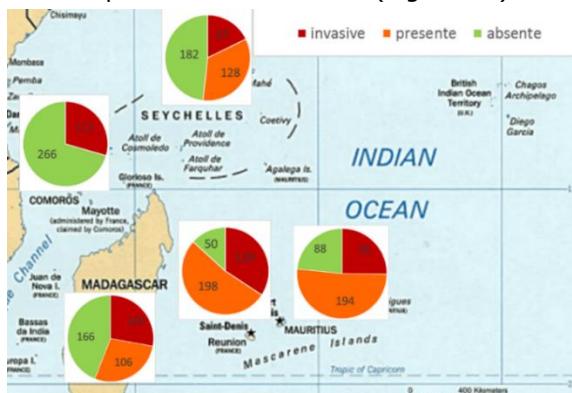


Figure 1 : Statut des 377 plantes invasives sur chaque territoire (Union des Comores Madagascar, Seychelles, La Réunion et Maurice), réparti entre invasif, présent mais non invasif, ou absent.

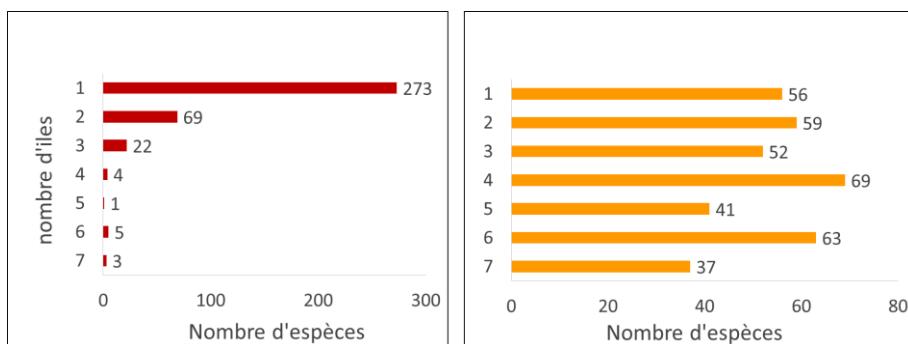


Figure 2 : Répartition du nombre de plantes partagée entre les îles de la zone de l’Océan Indien : a) nombre de plantes invasives communes entre les îles, b) nombre de plantes présentes communes entre les îles.

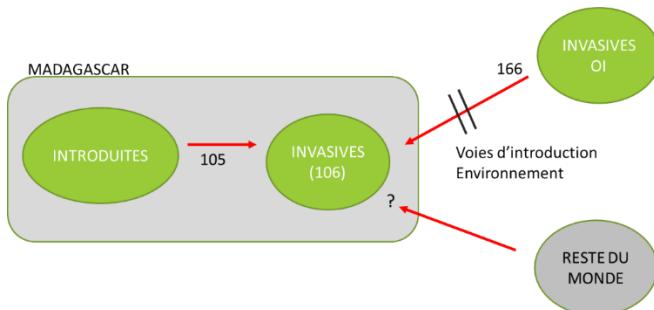


Figure 3 : Schéma illustrant la dette d'invasion, le nombre d'espèces supplémentaires qui pourrait devenir invasives à Madagascar.



Figure 4 : Risque d'introduction de plantes invasives, a) depuis les autres îles vers Madagascar, b) depuis Madagascar vers les autres îles

Discussion

Les informations existantes ont révélé un nombre important de plantes listées comme étant invasives dans la zone de l’Océan Indien. Ces espèces ont toutefois une répartition inégale au sein de la zone, la plupart n’étant invasive que dans une île. Etant donné les échanges croissants entre les îles et la similarité des habitats, cela pose un risque d’introduction.

Ces résultats ont mis en avant le manque de données sur le statut et la distribution des plantes invasives dans la zone. Les informations présentées ici sont basées sur une première version de la synthèse des données. L’amélioration des données dans chaque île permettra d'affiner la synthèse régionale. Le degré d’envahissement dans chaque île selon une définition et des critères communs doit être reflété. La perception des plantes invasives et des moyens de lutte à mettre en place varie de pays en pays. Il serait important de bien documenter les impacts, coûts et bénéfices associés au contrôle des plantes invasives afin de définir des priorités régionales.

Pour aller plus loin, de nombreuses autres informations pourraient être liées à ces données de présence, pour enrichir l’analyse, comme l’usage, la localisation par zone biogéographique ou par aire protégée, la date et le mode d’introduction sur le territoire. Ces informations certes plus longues et complexes à acquérir permettent d’analyser plus finement les invasions, et permettent également de proposer les mesures de surveillance ou de gestion plus ciblées. Pour cela, le réseau régional d’acteurs concernant les invasions biologiques devra être renforcé.

Remerciements

Ce projet a été co-financé par l'Union Européenne : Fond Européen de Développement Régional (FEDER, programme INTERREG V), le Conseil Régional de La Réunion et le Centre de Coopération internationale en Recherche agronomique pour le Développement (CIRAD).

Références

- Buckland S., Flores O., Luckhun R., Bissessur P., Baret S., Reynaud B., Strasberg D. (2015) Deliverable 4a : List of alien plant species in the Mascarene Archipelago.
- Conservatoire Botanique National de Mascarin (Bouillet V., Viscardi G., Picot F., coordinateurs) Index de la Flore vasculaire de Mayotte (Trachéophytes) : statuts, menaces et protections. Version 2016.1. (16/12/2016). Conservatoire Botanique National de Mascarin, Saint-Leu (Réunion).
- Conservatoire Botanique National de Mascarin (auteur principal : Bouillet V., coordonnateurs : Bouillet V., Picot F.) Index de la flore vasculaire de la Réunion (Trachéophytes) : statuts, menaces et protections. Version 2017.1. (19/01/2017). Conservatoire Botanique National de Mascarin, Saint-Leu (Réunion).
- Kull C.A., Tassin J., Moreau S., Ramiarantsoa H.R., Blanc-Pamard C., Carrière S.M. (2012) The introduced flora of Madagascar. Biological Invasions 14:875-888
- Rocamora G., Henriette E. (2015) Invasive alien species in Seychelles. University of Seychelles Island Biodiversity and Conservation Centre and Biotope Editions, Anse Royale, Seychelles, 2015, 384 pp
- Vos, P. (2004) Case studies on the status of invasive woody plant species in the Western Indian Ocean: 2. The Comoros Archipelago (Union of the Comoros and Mayotte). Forest Health & Biosecurity Working Papers FBS/4-2E.

11. Impact du développement des filières vanille et girofle sur la conservation des ressources naturelles, cas de la Réserve de Biosphère de Mananara Nord

RASAMBO Sedera Norotiana¹, RAZAFIARIJAONA Jules²

¹ DP Forêt et Biodiversité (CIRAD et Université d'Antananarivo), ² Ecole Doctorale GRND

Introduction

Les problèmes liés à la conservation et à la valorisation des ressources naturelles restent un défi important à Madagascar, malgré les différentes politiques de conservation de la biodiversité instaurées. L'extension du réseau des aires protégées de Madagascar implique d'importantes restrictions des droits d'accès des populations locales aux ressources naturelles dont elles dépendent (AUBERT et al., 2013). La création de la Réserve de Biosphère de Mananara Nord (RBMN) a engendré la mise en défens de l'aire protégée et l'exploitation des ressources naturelles qui, autrefois faisait partie des activités quotidiennes des ménages est aujourd'hui restreinte. En vue de compenser ces ménages, plusieurs projets d'appui au développement et à la conservation ont été mis en place. La plupart a préconisé le développement des cultures de rente, notamment les cultures de girofle et de la vanille qui font partie des principales activités de la population du district de Mananara Nord. Cependant, diverses pressions sont encore identifiées dans la réserve ces dernières années, notamment la défriche et l'exploitation des bois d'œuvre (RABE et al., 2000).

Les problèmes de production, de terrain de culture, de nourriture et de survie, l'emportent le plus souvent sur les considérations environnementales. Pourtant, la région présente une large potentialité agricole permettant le développement des produits de rente, qui sont des produits d'exportation, très demandés sur le marché international. De tous les districts de la région Analanjirofo, le district de Mananara produit le plus de vanille et de girofle, soit respectivement une production annuelle en moyenne de 745 tonnes et de 2 245 tonnes (BRAND et al., 2009). Selon le plan régional de développement de la région Analanjirofo en 2015, la vente des produits de rente est l'une des sources principales de revenu des paysans qui peut être évaluée, en moyenne, à 50 % du revenu brut d'un exploitant. Néanmoins, le développement de ces dernières n'a pas limité la pratique d'activités destructrices des ressources naturelles. Quelles sont alors les effets du développement de ces cultures quant à la conservation des ressources naturelles ?

L'objectif de cette étude est d'analyser la relation existante entre les cultures de rente et les pressions exercées sur les ressources naturelles à travers les comportements socio-économiques et socio-écosystémiques de la population. Ce qui conduit à l'hypothèse de travail selon laquelle la fluctuation des prix et des rendements du clou de girofle et de la vanille présente un effet sur la destruction des ressources naturelles dans la RBMN.

1. Matériels et méthodes

La zone d'étude choisie est la Réserve de Biosphère de Mananara Nord, se trouvant au Nord-Est de Madagascar, à l'entrée de la Baie d'Antongil et à 280 km au Nord de Toamasina. Cinq fokontany (FKT) de ce district ont été choisis comme zone d'étude, à savoir, le FKT Sahasoa, Ivontaka, Marotoko, Varary et Ambodivondrozona.

Différents ouvrages ont été consultés afin de répertorier les données et informations disponibles qui ont servi à cerner le contexte de la zone d'étude et des différentes filières à étudier. Puis la collecte des données a été réalisée lors d'une descente sur terrain moyennant des observations directes, des entretiens auprès des personnes ressources, ainsi que d'une enquête auprès d'un échantillon de 100 ménages de la zone d'étude.

Une étude de la corrélation entre (i) l'évolution de la superficie forestière de la RBMN, (ii) l'évolution du prix du clou de girofle et de la vanille, (iii) l'évolution de la superficie en ces deux cultures et (iv) l'évolution des productions du district de Mananara Nord a été effectuée sur le logiciel SPSS. Puis une typologie des ménages de la zone a été établie, moyennant une analyse factorielle discriminante (AFD) et la classification ascendante hiérarchique (CAH) sur XLSTAT 2008. Les stratégies d'adaptation de chaque type de ménage à la baisse du prix et/ou du rendement ont été par la suite analysées via une analyse des discours et une analyse de correspondance Multiples sur XLSTAT 2008.

Résultats

Corrélation entre l'évolution de la couverture forestière, la superficie de plantation, les prix et rendements des produits de rente

L'analyse de la corrélation, sur le logiciel SPSS, entre les variables cités ci-dessus, a démontré qu'il existe une corrélation positive significative avec $p < 0.05$ entre l'évolution de la superficie forestière et la production de girofle. Ce qui signifie que la diminution de la couverture forestière est en relation avec la diminution de la production en clou de girofle. De même, une corrélation négative forte significative avec $p < 0.05$ est observée entre l'évolution de la superficie forestière et l'évolution de la superficie de plantation des girofliers et de vanilliers, de même pour l'évolution de la couverture forestière et les prix en ces produits.

Ces résultats montrent que la diminution de la couverture forestière est en relation avec l'augmentation des superficies de girofliers et de vanilliers, avec l'augmentation du prix du clou de girofle et de la vanille verte, ainsi qu'avec la diminution du rendement en clou de girofle.

Tableau 1 : Corrélation entre la couverture forestière, la surface en girofliers et vanilliers, le rendement et le prix du clou de girofle et de la vanille verte

Variables		Couverture forestière	Superficie girofle	Superficie vanille	Production girofle	Production vanille	Prix girofle	Prix vanille
N		10	10	10	10	10	10	10
Couverture forestière	r	1	-,974	-,758	,647	,426	-,932**	-,667*
	p		,000	,011	,043	,219	,000	,035

Avec N : taille de l'échantillon (nombre d'années dans ce cas) ; r : coefficient de corrélation et p: valeur de significativité de r

Source : Auteur, 2016

Les stratégies d'adaptation à court terme des ménages face à la baisse du revenu

La vente du clou de girofle et de la vanille constitue plus de la moitié du revenu de toutes les classes de ménage au sein de la RBMN. De ce fait, la diminution du rendement et/ou du prix des clous de girofle et de la vanille impacte directement les revenus. Cela oblige les ménages à rechercher des stratégies d'adaptation, à court terme, à la diminution du prix et/ou du rendement qui diffèrent selon les classes des ménages.

Les 71% des ménages enquêtés de la zone font partie des plus vulnérables, en termes de sécurité alimentaire et ont une faible superficie en plantations de vanilliers et de girofliers. En cas de baisse de revenu due à la baisse du prix et/ou du rendement en vanille et/ou en clou de girofle, ces ménages pratiquent soit la coupe de bois d'œuvre, soit l'intensification de l'extraction de l'essence des feuilles de girofles. Ils peuvent également avoir recours aux crédits usuriers pour leur besoin de liquidité à court terme.

Quant aux ménages moyennement vulnérables qui constituent les 22% des enquêtés, ils ont pour principale stratégie l'intensification de la pratique de la pêche.

Les 7% des enquêtés regroupent les ménages les plus aisés, ayant une importante superficie agricole et produisant le plus de vanille et de clou de girofle. Ils sont moins touchés par la baisse du prix et/ou

du rendement en ces produits de rente et en cas de baisse de leur revenu, ils ont surtout comme stratégie la réduction de leurs dépenses familiales.

En cas de baisse à long terme du rendement, tous les ménages enquêtés cherchent à augmenter leur production à travers l'élargissement de leurs plantations.

2. Discussions et recommandations

Relation entre augmentation des superficies en produits de rente et baisse de la couverture forestière

Dans l'ensemble de la RBMN, l'augmentation de la superficie de plantation de girofliers et de vanilliers font partie des principales causes de l'augmentation de la défriche en forêt. Cela s'explique par le manque de terres arables dans le district de Mananara Nord. Vu la restriction de l'occupation de l'Aire Protégée, les riverains ont été obligés, soit de raccourcir la durée de jachère des terrains de culture, soit d'occuper illicitement l'Aire Protégée, en adoptant différentes manières. La plus pratiquée est la défriche de la forêt naturelle, en y installant d'abord la riziculture sur brûlis pendant une ou deux années avant d'y planter définitivement les girofliers en association avec de la vanille. Ainsi, la raréfaction des terres cultivables et la primauté des cultures de rente incitent les individus à s'approprier la terre en forêt (AUBERT, 2002). Toutefois, cette augmentation des superficies en plantation de vanilliers et de girofliers est surtout accentuée par la recherche d'augmentation du rendement pour ces produits de rente. En effet, il s'agit de pratiques de défrichement par nécessité en raison d'accaparer plus de terres arables et d'augmenter le revenu agricole, mais également de défrichement par opportunité incité par un objectif d'accroître le rendement des producteurs, qui en cas de meilleurs prix de ces produits de rente cherchent un profit maximum à travers l'élargissement des terrains de culture. D'autre part, il y a la baisse du rendement en culture de rente causée par divers facteurs à savoir, le vieillissement de la plantation, les catastrophes naturelles ainsi que les maladies et les insectes ravageurs. Cependant, il est à souligner que le développement de telles pratiques a pour cause sous-jacente l'insécurité foncière (Razafiarijaona et al. 2014) jusque dans, et autour des aires protégées.

Relation entre la baisse de revenu et l'exploitation des ressources naturelles

Par ailleurs, vu que la commercialisation du clou de girofle et de la vanille constitue plus de la moitié des revenus des ménages, la baisse imprévue du prix ou du rendement de ces produits oblige les ménages à rechercher des stratégies pour compenser le manque à gagner. La baisse de revenu issue de la vente de ces produits de rente oblige les paysans les plus vulnérables à recourir aux crédits usuriers ou à rechercher d'autres activités génératrices de revenus qui concernent surtout l'intensification de l'extraction d'essence des feuilles de clou de girofle, l'exploitation des bois d'œuvre et la pratique de la pêche illicite. L'extraction d'essence des feuilles de girofliers constitue une pratique néfaste à l'écosystème forestier puisque la cause d'une exploitation massive de bois énergie lui est attribuée. Le recours aux usuriers entraîne un endettement chronique des paysans et les oblige à rechercher en permanence des activités génératrices de revenus, notamment l'exploitation des ressources naturelles. Le recours au usuriers est surtout accentué par la difficulté des paysans à accéder aux crédits auprès des microfinances et à la mauvaise gestion de la trésorerie qui est surtout constatée lors des années d'importantes rentrées d'argent issu de la vente des produits de rente.

Ainsi, l'exploitation des ressources naturelles, en cas d'insuffisance de revenus, est devenue un cadre de comportement admissible pour la majorité de la population de la réserve malgré les mesures répressives de conservation mise en œuvre. Pourtant, les ménages ne peuvent adopter une logique de conservation, sans être en possession d'autres alternatives à leur insuffisance de revenu, cela est confirmé par la théorie des capacités de SEN (1982) (DUBOIS et al., 2009).

Recommandations

Néanmoins, la baisse de rendement peut être estimée par les producteurs, sauf en cas de catastrophe naturelle ou de maladies, alors que la fixation du prix résulte de la décision prise par les intermédiaires qui sont les agents hiérarchiquement supérieurs aux producteurs. Cela montre le manque de régulation sociale au niveau des différents acteurs des filières vanille et girofle (REYNAUD, 1997).

Ainsi, les producteurs devront s'organiser en coopérative afin qu'ils puissent être directement liés aux exportateurs et pouvoir négocier le prix de vente des produits. Cela leur permettra également d'être un centre autonome d'action et de décision (FABRE, 1994).

Pourtant, vu que la volatilité du prix dépend également des marchés internationaux, il faudrait que les producteurs arrivent à bien gérer leur trésorerie, à travers l'épargne en période d'importantes rentrées d'argent pour que celle-ci puisse servir en période de faible prix et rendement des produits de rente. Ainsi, la création des associations villageoises d'épargne et de crédit pourrait permettre aux ménages de se défaire de la dépendance aux usuriers et de combler les besoins de liquidité.

Quant à la baisse du rendement, le renouvellement des pieds qui sont assez vieilles sont nécessaires. Il faudrait également rechercher des moyens lutte contre les maladies et les insectes ravageurs.

Pourtant, vu le fait qu'il y a de la déforestation par opportunité au sein de la RBMN, la protection des ressources devrait être accompagnée par le renforcement des mesures répressives.

Conclusion

La fluctuation des revenus due à la variabilité du prix et du rendement en vanille et clou de girofle fait partie des variables explicatives de la diminution de la couverture forestière. Un meilleur prix incite les producteurs à effectuer une déforestation par opportunité, tandis que la baisse du rendement ou du prix les oblige à effectuer une déforestation par nécessité.

Les cultures de rente présentent un énorme enjeu. Elles contribuent le plus à la constitution des revenus des ménages, mais la cause de la diminution de la couverture forestière leur est également attribuée. L'appropriation des terrains pour l'augmentation de la superficie de plantation, le développement de la production d'essence de girofle font surtout partie des causes de la déforestation qu'il faudrait corriger par un processus de mise en place d'investissements structurants (RAZAFIARIJAONA, 2014) par les pouvoirs publics, dont la sécurisation foncière, la facilitation d'accès aux intrants et aux crédits. Ainsi, la fluctuation des prix et ou du rendement de la vanille et du clou de girofle aggrave la destruction des ressources naturelles au sein de la RBMN.

Références bibliographiques

- AUBERT Sigrid, RAMBINTSAOTRA Saholy et RAZAFIARIJAONA Jules, 2013, « L'insécurité foncière dans et autour des Aires Protégées de Madagascar : un obstacle à surmonter pour la conservation de la biodiversité et le développement rural», *Développement durable et territoires*, Vol. 4, n° 1, Réseau « Développement durable et territoires fragiles », Avril 2013, 19 p.
- AUBERT Sigrid, 2002, « La négociation patrimoniale à Madagascar ou la mise en cohérence de représentations plurales de la forêt au sein d'un système autonome d'application du droit » Audrey AKNIN, Géraldine FROGER, Vincent GERONIMI, Philippe MERAL et Patrick SCHEMBRI, Développement durable: Enjeux, regards et perspectives, Cahier du GEMDEV n°28, Paris, Avril 2002, pp. 105-115.
- DUBOIS Jean Luc et MAHIEU François Régis, 2009, « SEN, Liberté et pratique du développement », *Revue Tiers Monde*, Février 2009, n°198, pp. 245 - 261.
- REYNAUD Jean Daniel, 1990, « Les règles du jeu, l'action collective et la régulation sociale », Revue française de sociologie, 1990, Armand Colin, 1997, pp. 646-649.
- LOCATELLI Bruno, 2000, Pression démographique et construction du paysage rural des tropiques humides: l'exemple de Mananara (Madagascar), Thèse de Doctorat de l'ENGREF, Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts Centre de Montpellier, 25 Avril 2000, 396 p. + Annexes.
- RAZAFIARIJAONA Jules, 2007, Mécanismes de cadrage des politiques de conservation et de valorisation de la biodiversité pour le développement local : cas du corridor forestier Fandriana Marolambo, Thèse de Doctorat, Université d'Antananarivo, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Formation doctorale en Agro-Management, 135 p. +Annexes.
- RAZAFIARIJAONA Jules, 2014, Développement local et incertitudes, Publications in Mémoire de HDR, 7 p.
- BRAND Jürg, MORA Willy, 2009, Capitalisation de 7 ans d'expériences en conservation et développement 2003-2009, Rapport élaboré avec l'appui financier du projet ESAPP Q907, Madagascar National Parks Mananara-Nord, 100 p.
- FABRE Pierre. 1994. Note de méthodologie générale sur l'analyse de filière: Utilisation de l'analyse de filière pour l'analyse économique des politiques, Document de formation pour la planification agricole, FAO, 1994, Rome, 105 p.
- SIMON Herbert, 1992, « De la rationalité substantive à la rationalité procédurale », Revues PISTES, Octobre 1992, n°3, 14 p.
- Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche, 2003, Annuaire 2003 des statistiques agricoles, INSTAT 2003, 109 p.
- Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche, 2003, Monographie de la région de Toamasina, Juin 2003, 171 p.
- Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts et du Tourisme, 2008, Tableau de bord environnemental - Région Analanjirofo, ONE 2008, 254 p.
- RABE Charles et BRAND Jürg, 2000, Ecodéveloppement des populations de base pour la conservation de la RBMN (phase II), Rapport d'élaboration du plan de gestion de la Réserve de Biosphère Mananara Nord, Gouvernement de la République de Madagascar- ANGAP - UNESCO, Antananarivo, Octobre 2000, 89 p.
- RAZAFIARIJAONA Jules, 2000, « Sol, problématiques foncières et développement rural à Madagascar: Dimensions anthropo-juridique des rapports foncier-environnement », Conférence à l'Académie nationale des lettres et sciences, 2000, 6 p.
- Région Analanjirofo, 2015, Plan Régional de Développement. Fénérive-Est : Région Analanjirofo, Mars 2015, 91 p.

12. Écologie, menaces et mesures de conservation de la mangrove de Bombetoka

ANDRIAMANANTENA Fenozo.Heritiana.¹, RANARIJAONA H.L.T.¹, Delaître E.², ANDRIAHAMALALA T.³, Iltis J.²

1-Ecole Doctorale Ecosystèmes Naturels (Université de Mahajanga)

2-UMR 228 Espace pour le Développement

3-Centre National de Recherches sur l'Environnement

Résumé

Les mangroves offrent de nombreux services écologiques et économiques pour les populations. A Madagascar, une grande superficie se trouve surtout sur la côte occidentale. La mangrove de Bombetoka appartient à la commune rurale de Boanamary, dans le district de Mahajanga II de la Région Boeny. Elle est très riche en ressources naturelles. Une forte occupation humaine a été constatée ces dernières années malgré qu'elle soit une aire protégée à cause de la forte exploitation des bois de mangroves. Le présent travail a pour objet de démontrer les différentes menaces qui pèsent sur cette mangrove, ces impacts sur les palétuviers et les mesures prises et suggérées pour y remédier et gérer. Des prospections en pirogue et/ou en bateau ont été faites à l'intérieur des îlots accessibles suivies de relevés écologiques. Des transects de DUVIGNEAUD et des placeaux de BRAUN-BLANQUET ont été également faits. Egalement, des enquêtes ont été faites auprès des exploitants qui habitent dans les pseudo-îlots. Les îlots non accessibles sont interprétés à partir des images satellites Landsat 5 et 8. Les différentes menaces ont été recensées. La cartographie a été réalisée avec le logiciel de traitement d'image ENVI et le logiciel géomatique ArcGIS.

Au total, sept espèces de palétuviers appartenant à cinq familles y ont été recensées. Il a été constaté aussi que la mangrove de Bombetoka a une tendance monospécifique à *Avicennia marina*. Vu les vestiges observés, la surexploitation est très accentuée surtout dans les pseudo-îlots situés loin de la terre ferme. Outre le reboisement, et la présence de VOI¹ ou communauté Locale de Base sur place, des recommandations seront nécessaires pour avoir une gestion et conservation durable.

Mots-clés : Ecologie, menaces, mesures, durable, mangrove, Bombetoka

I-Introduction

La mangrove est un écosystème des zones humides littorales incluant un groupement de végétaux essentiellement ligneux, d'arbres et d'arbustes (Iltis, 2015). Cet écosystème se développe dans la zone de balancement des marées (Blasco, 1991). La mangrove est porteuse d'intérêts écologiques et économiques (IUCN, 2000 et Rakoto et al., 1993). Elle possède une gamme variée de ressource et de service pour l'homme et de la nature. Une forte occupation humaine qui va conduire à la disparition ou sa dégradation a été observée dans ce lieu (Moreau, 1991 et Gordon et al., 2009).

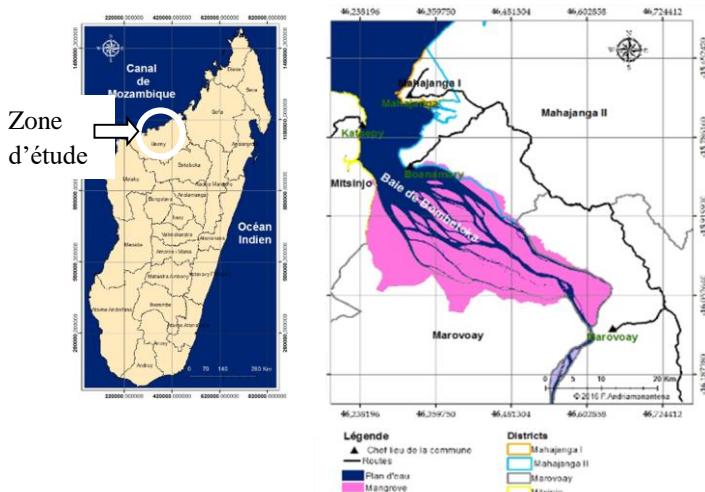
Cette étude vise à conserver et gérer durablement la mangrove de Bombetoka en sachant les différentes menaces, leurs impacts et les mesures adoptées.

II-Méthodologie

II-1-Milieu d'étude

La mangrove de Bombetoka fait partie de l'ex-province de Mahajanga, de la Région Boeny, dans le Nord-Ouest de Madagascar. La mangrove de Bombetoka est comprise entre 15°50' et 16°05' de latitude Sud et 46°15' et 46°40' de longitude Est.

¹ Vondron'Olona Ifotony ou communauté locale de base



Carte 2.
Carte de localisation de
Bombetoka

II-2-Méthodes

La prospection en pirogue, en bateau et/ou à pieds est une méthode pratique, nécessaire pour se familiariser avec la végétation et ses caractéristiques écologiques, en visitant les différents îlots accessibles. Les îlots, dont l'emplacement est difficile à accéder, sont étudiés par l'interprétation des images satellites.

Les espèces floristiques de l'amont vers l'aval du fleuve de Betsiboka ont été recensées. Des enquêtes ont été faites pour connaître les différentes exploitations de la mangrove, avec leur destination et les perceptions de la communauté locale sur les stratégies de conservation pour pouvoir avancer des suggestions.

Pour les relevés écologiques, neuf transects du Duvigneaud et trois placeaux de Braun-Blanquet ont été réalisés. Les sites de relevés ont été choisis suivant l'accessibilité des îlots, le degré d'anthropisation, la représentativité des milieux et l'âge des formations végétales sur les îlots. Le transect suit une ligne de 10m x 100 m étendu à travers la végétation, subdivisé en carrés contigus de 10m x 10m et discontinu ou continu. (Duvigneaud, 1980 et 1946). Ce transect est perpendiculaire au chenal et la mer. La méthode de placeau permet d'apprécier la dynamique de croissance des individus, mais aussi de déterminer les espèces associées à l'espèce cible, dans une zone homogène sur une surface de (50 x 20 m²) subdivisée en 10 placettes de 10m x 10m (Braun-Blanquet *et al.*, 1952). Pour chaque relevé, on a noté les paramètres géographiques (localisation, coordonnées géographiques, orientation et exposition) et les paramètres floristiques et phisonomiques (nom scientifique, nom vernaculaire, diamètre et hauteur maximale de tous les individus). En plus, l'étude de régénération naturelle permet de savoir la capacité de renouvellement d'un groupe de végétation ou d'une espèce et l'état de santé correspondant (Rollet, 1983 et Rothe, 1964). En ce qui concerne la régénération naturelle des mangroves, le diamètre du tronc et les stades de croissance des individus ont été pris en compte. On dit qu'un individu est adulte quand la hauteur est plus de 2m. Le jeune individu a une hauteur de 1 à 2m et pour la plantule une hauteur inférieure à 1m. Egalement, le nombre d'individus coupés ou morts accidentellement a été pris en compte ainsi que le nombre de vestiges.

Pour traiter les données biologiques obtenues, les calculs de la fréquence spécifique, de la densité et du taux de régénération a été appliqués. La fréquence et la densité permettent de savoir en général Le nombre d'individus de chaque espèce ainsi que la dominance en utilisant respectivement cette formule :

$$\text{Fréquence (\%)} = \frac{(n_i / N)}{100}$$

Avec : Nombre d'individus d'une espèce (n)
Nombre total d'individus inventoriés (N)

$$\text{Densité absolue (ind/m}^2\text{)} = \frac{(n_i / S)}{}$$

Avec : Nombre d'individus inventoriés (n)
Surface de relevé en m² (S).

Selon Rothe (1964), le taux de régénération ou TR est le pourcentage des individus régénérés (Nb. Reg) par rapport au nombre des individus semenciers (Nb. Sem). Une AFC a été effectuée avec le logiciel R pour savoir les facteurs écologiques déterminant la distribution des espèces palétuviers en utilisant plusieurs variables. Pour la texture du sol, trois types de substrats ont été observés sur le relevé tels que sol sablo-limoneux, le sol argileux et le sol argilo-limoneux. La fréquence de la montée de la mer est considérée en utilisant trois variables (moins, peu et très fréquents). Afin de réaliser une cartographie des mangroves, les images satellites Landsat 5 du 03 septembre 1995 et Landsat 8 en 28 août 2015 ont été utilisées suivis de traitement avec des logiciels ArcGIS et ENVI.

III-Résultats

III-1-Relevés écologiques

Au total, 7 espèces de palétuviers appartenant à 5 familles différentes et 28 espèces associées regroupées dans 18 familles ont été recensées. La famille RHIZOPHORACEAE prédomine avec 3 espèces de palétuviers.

Tableau 3. Densité et fréquence des palétuviers dans l'ensemble des relevés effectués

Espèces	Densité (indiv/ha)	Fréquence relative (%)
<i>Avicennia marina</i>	2126	90,4
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	2	0,1
<i>Ceriops tagal</i>	11	0,5
<i>Lumnitzera racemosa</i>	2	0,1
<i>Rhizophora mucronata</i>	85	3,6
<i>Sonneratia alba</i>	101	4,3
<i>Xylocarpus granatum</i>	26	1,1
Total	2353	

Avicennia marina est l'espèce la plus abondante suivie de *Sonneratia alba*. *Ceriops tagal*, *Bruguiera gymnorhiza* et *Lumnitzera racemosa* sont les espèces qui ont les plus faibles proportions.

Par contre, cette espèce *Avicennia marina* a beaucoup des vestiges par rapport aux autres palétuviers. En plus, c'est sur les estrans qu'on voit beaucoup de reste de cette espèce coupée.

III-2-Régénération, mesures biométriques et facteurs écologiques

La régénération dans chaque zone et les mesures biométriques prises sont présentées dans le Tableau n°2 suivant

Tableau 4. Taux de régénération et mesures biométriques des espèces

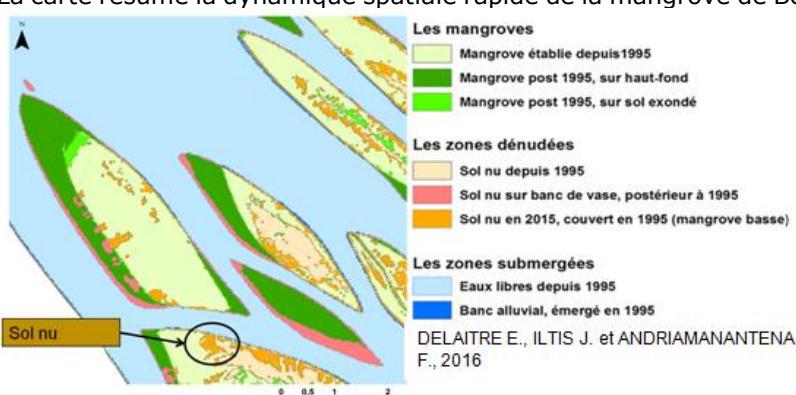
Zones de relevé	Espèces	Individus		Taux de régénération (%)	Hauteur max (m)	Diamètre max (cm)
		Régénérés	Semenciers			
Delta	<i>Avicennia marina</i>	801	438	182,9	15	65
	<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	0	2	0	3	20
	<i>Ceriops tagal</i>	7	1	700	6	18
	<i>Rhizophora mucronata</i>	40	3	1333,3	12	29
	<i>Sonneratia alba</i>	81	35	231,4	10	30
	<i>Xylocarpus granatum</i>	14	12	116,7	8	32
Estrans	<i>Avicennia marina</i>	14	214	6,5	12	97
	<i>Ceriops tagal</i>	5	1	500	3	13
	<i>Lumnitzera racemosa</i>				2	7
	<i>Rhizophora mucronata</i>	1	1	100	4	13
	<i>Xylocarpus granatum</i>	1	3	33,3	5	16

Selon le tableau, *Ceriops tagal* et *Rhizophora mucronata* régénèrent dans le delta et les estrans. Dans le delta, presque les espèces de palétuviers présentes ont un taux de régénération supérieur à 100%, ce qui signifie que la régénération est bonne.

Les facteurs écologiques sont : la fréquence de la montée de la mer et la texture du sol.

III-3-Cartographie et dynamique

La carte résume la dynamique spatiale rapide de la mangrove de Bombetoka durant vingtaine d'année.



Carte 3. Carte d'une dynamique spatiale rapide

Le sol nu peut être l'exploitation faite par l'Homme ou l'impact des pressions naturelles.

III-4-Menaces, pressions et impacts sur la mangrove de Bombetoka

A cause de la pauvreté, de la croissance démographique et de la demande de la population, l'Homme intervient dans la dégradation de la mangrove. L'exploitation irrationnelle et illicite du bois pour la chaux, la construction de maison ou de clôture ou de pirogue, le campement des pêcheurs et surtout pour le besoin en charbon et en bois de chauffe constitue une grave menace. Cette exploitation entraîne alors une diminution de l'individu d'une espèce floristique. Au niveau de la faune, comme la mangrove a un intérêt écologique, la qualité et la quantité des ressources de mangrove diminue aussi. Il existe une autre façon d'exploitation abusive et non réglementée à cause de la conversion de l'écosystème pour l'agriculture, du feu de brousse pour l'installation d'un village et du défrichement pour le bassin aquacole. La divagation des zébus dans les mangroves est observée pendant les marées basses aux estrans à Bombetoka et surtout pendant la sèche pour s'y reposer et s'y nourrir des feuilles et des fruits d'*Avicennia marina*. Par conséquent, elle détruit les jeunes plantules des palétuviers et modifie le caractère physique du substrat ainsi que la physionomie des palétuviers.

Par ailleurs, le cataclysme naturel tel que le passage du cyclone a un impact sur le développement des palétuviers. Des arbres ont été déracinés. Outre le cyclone, il y a le changement climatique traduites par la faiblesse des précipitations dans la région, la réduction des débits de l'eau dans le fleuve pendant la saison humide. Ce changement entraîne les phénomènes de sursalure et la mortalité des palétuviers, à cause de l'assèchement du milieu.

IV-Discussions et recommandations

Perspectives adoptées

La mangrove de Bombetoka est caractérisée par un peuplement monospécifique à *Avicennia marina* alors que ce n'est pas le cas d'autres mangroves situés à l'Ouest et Nord-Ouest de Madagascar, par exemple la mangrove de Mariarano (Andriamalala, 2007) et la Réserve de Biosphère de SAHAMALAZA (Razakanirina, 2012).

Des activités ont été adoptées pour la conservation et la restauration de la mangrove, à savoir : les textes officiels relatifs aux mangroves, la politique nationale de développement durable des zones côtières de Madagascar et la protection en aire protégée marine de la mangrove Bombetoka gérée par l'ONG Development and Environmental Law Center (DELCA) et les Communautés de Base (CoBa) ou Vondron'Olona Ifotony (VOI). Il y a aussi le reboisement des mangroves et l'enrichissement en espèces autochtones, la culture de *Boroceras madagascarensis* ou Landibe faite par l'association Femmes Entrepreneurs Environnement Mahajanga (FEEM) de Mahajanga et la sensibilisation des populations en matière de protection et de gestion rationnelle et durable des ressources naturelles.

Recommandations suivies

Les recommandations suivantes ont été apportées pour qu'il y ait une gestion durable de cet écosystème :

- Informer ou rappeler chaque année aux populations l'existence de textes officiels relatifs aux mangroves et d'une politique publique de gestion durable des zones côtières
- Restructurer et renforcer les textes suivant les cas observés
- Former les associations concernées à la gestion pour bien maîtriser la zone à protéger
- Bien appuyer moralement et financement les CoBa et les autres associations
- Faire un suivi du reboisement et de l'enrichissement faits ainsi que les rapports faits par les CoBa

Conclusion

La présente recherche a permis de mettre en évidence les caractéristiques écologiques, les menaces et les mesures nécessaires pour la mangrove de Bombetoka. Cette dernière, une mangrove de type estuaire a une tendance vers la monospécificité de l'espèce *Avicennia marina*. Six autres espèces de palétuviers sont présentes, à savoir *Ceriops tagal*, *Rhizophora mucronata*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Lumnitzera racemosa*, *Sonneratia alba* et *Xylocarpus granatum*. La dynamique spatiale rapide à partir des images satellites a permis de savoir la néoformation de mangroves denses en aval du fleuve, la salinisation et la perte de biomasse en amont. Ces images sont des outils indispensables si on voudrait faire le suivi de cette aire protégée. Par ailleurs, le renforcement de la protection des mangroves ainsi que la sensibilisation de la population locale est nécessaire pour la gestion durable de cette mangrove de Bombetoka.

Références bibliographiques

Andriamalala C. A. J. (2007). Etude écologique pour la gestion des mangroves - Comparaison d'une mangrove littorale et d'estuaire à l'aide de la télédétection. Thèse de doctorat. Basel.

Blasco F. (1991). Les mangroves. La recherche. 22 :443-453.

- Braun-Blanquet J., Roussine N. & Nègre R. (1952). Les groupements végétaux de la France méditerranéenne. Dir. Carte Group. Vég. Afr. Nord, CNRS, 292 p.
- Duvigneaud P. (1980). La synthèse écologique. 2ème édition. France.
- Duvigneaud P. (1946). La variabilité des associations végétales. Bulletin of the Belgium Royal Society of Botany 78 : 107-134.
- Gordon A. et al. (2009). Les défis et perspectives de la formulation d'une méthodologie communautaire généralisable pour évaluer la vulnérabilité et l'adaptation des écosystèmes de mangrove aux impacts du changement climatique : Expérience du Cameroun Article in Nature & Faune. Volume 24.
- Iltis J. (2015). La mangrove à Madagascar, une forêt pas comme les autres. Conférence à l'Alliance Française de Mahajanga. Madagascar.
- Iltis J. (1994). Compte rendu du séminaire CNRE-ORSTOM. Hommes et mangroves dans le Menabe. Morondava du 27 au 30 Juin 1994.
- IUCN (2000). Programme quadriennal de l'IUCN 2001-2004. Congrès mondial de la nature. Jordanie.
- Moreau N. (1991). Contribution de la télédétection à l'étude de l'évolution des paysages de mangroves de l'Afrique de l'Ouest. Thèse de doctorat de l'université de Bordeaux III.
- Rakoto E. et al. (1993). Pharmacopée de l'Ambongo et du Boina. CIDST. MRSTD. Antananarivo.
- Razakanirina H. (2012). Eco-morphologie et vulnérabilité au changement climatique des mangroves de la réserve de biosphère de Sahamalaza. Rapport final. Université d'Antananarivo. Madagascar.
- Rollet B. (1983). La régénération naturelle dans les trouées. Un processus général de la dynamique des forêts tropicales humides. Bois et forêts des tropiques, pp 19-34. 202p.
- Rothe P.L. (1964). Régénération naturelle en forêt tropicale de *Dipterocarpus dyeri* (Dau) sur le versant cambodgien de golfe du Siam. Bois et forêt des tropiques, n°94, pp 386 – 397.

13. Système de reproduction et étude d'impact de la fragmentation de l'habitat chez *Adansonia rubrostipa* dans la région de Menabe

Andry Laurent RAZAFIMAHEFA¹, O. Razanamaro¹, E. Roger , J-M. Leong Pock Tsy², P. Danthu³

1 Département de Biologie et Ecologie végétales, Université d'Antananarivo, Antananarivo, Madagascar

2 DP Forêts et Biodiversité, Antananarivo, Madagascar

3 Université Paris-Est Créteil

CIRAD, UPR B&SEF, Campus de Baillarguet, Montpellier

CIRAD, Direction régionale à Madagascar, Antananarivo

Le baobab malgache fait partie du patrimoine naturel mondial, grâce à ses valeurs scientifiques, socioculturelles, écotouristiques. Cependant, plusieurs populations de toutes les espèces sont maintenant retrouvées en milieux dégradés et risquent de disparaître à long terme. De plus, un vieillissement général de leurs populations est corrélé avec l'augmentation du niveau d'anthropisation et du degré de dégradation de l'écosystème. Cette étude a comme objectif de déterminer les impacts de la fragmentation des habitats sur la capacité de fructification et de production de graine chez *A. rubrostipa*. Elle a été entreprise dans la forêt sèche de Morondava où deux types de milieu ont été considérés : (i) milieu moins dégradé et (ii) milieu dégradé. Deux sites pour chaque milieu ont été étudiés. Le nombre total de fruits et de graines par arbre a été compté et une étude comparative a été effectuée ($p < 0,05$). La production de fruits et de graines diffère de façon significative. En moyenne, les individus en milieu dégradé produisent 40,88 % de fruits et 14,33 % pour ceux en milieux non dégradés ($F=5,98$; $p < 0,0001$), alors que la production de graine est plus grande, en moyenne 43,63 graines pour les individus en milieux non dégradés et 26,96 pour ceux en milieux dégradés ($F= 4,27$; $p < 0,0001$). En conclusion, la fragmentation de la forêt affecte négativement à la production de graines chez *A. rubrostipa* et peut menacer la structure démographique et la viabilité de l'espèce, une conservation devrait donc être une priorité pour la survie de ces espèces.

INTRODUCTION

Madagascar est reconnu internationalement comme étant un sanctuaire mondial de la faune et de la flore. C'est une île remarquable par sa flore et sa faune particulièrement riches et originelles. Madagascar fait partie des pays où les priorités majeures de conservation de biodiversité dans le monde sont importantes, en raison de la combinaison de diversité élevée, d'endémicité, et de degré de menace qui s'y retrouvent (WORLD BANK, 2003).

Cette richesse en matière de biodiversité est exposée à des menaces essentiellement d'origine anthropique. Chaque année, quelques 200 000 hectares de forêts disparaissent sur la Grande île ; 75% de cette perte sont liées à la déforestation et plusieurs espèces sont menacées d'extinction (MNP², 2011). Ce phénomène est aggravé par des pressions sociales et économiques comme une démographie galopante, une pauvreté qui prend du terrain, et une gestion inadaptée des ressources naturelles.

Plusieurs espèces de faune et de flore sont menacées d'extinction selon la classification des espèces menacées dans la liste rouge de l'IUCN (2001). Le genre *Adansonia* (Baobab), se figure parmi ces espèces menacées. La destruction des habitats est la menace qui affecte ces espèces. Les habitats des baobabs sont le plus souvent confrontés au défrichement exercé pour l'agriculture et le pâturage (BAUM, 1996). La conversion des forêts en terres agricoles constitue la première cause de dégradation de l'habitat de l'espèce. Ce défrichement entraîne une fragmentation de l'habitat des Baobabs où très peu de leur population est actuellement en forêt et la plupart se trouve en milieu dégradé. Selon RAZANAMAHERIZAKA (2009), plusieurs populations de toutes les espèces se sont maintenant retrouvées hors forêt et risquent de disparaître à long terme. De plus, un vieillissement général de leurs populations corrèle avec l'augmentation du niveau d'anthropisation et du degré de dégradation de l'écosystème.

C'est à travers ces problématiques que la présente étude qui s'intitule « **Impact de la fragmentation de l'habitat chez *Adansonia rubrostipa* dans la région Menabe** » a été mené.

Les objectifs spécifiques qui ont été fixés sont de :

- Evaluer la fructification de l'espèce en forêt et hors forêt ;
- Evaluer le nombre de graines produits suivant le gradient de la dégradation de leurs habitats.

Deux hypothèses sont alors émises :

- La fragmentation des habitats a un impact positif sur la capacité de fructification de l'espèce ;
- La fragmentation des habitats a un impact négatif sur la capacité de production de graine de l'espèce.

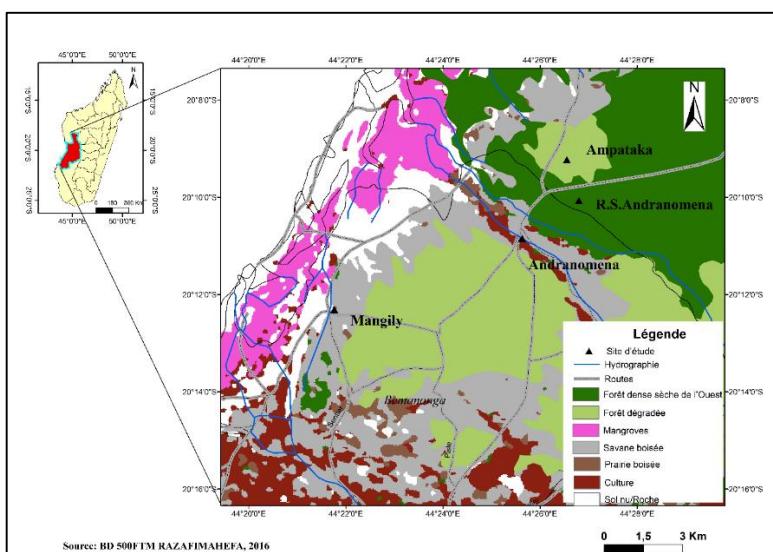
MATERIEL ET METHODES

1 Localisation géographique

Le choix des lieux de récolte et de relevé est basé sur l'abondance de l'espèce dans le site. Il a été déterminé suite aux études déjà menées dans les sites où l'on rencontre un maximum d'espèces de baobabs.

Quatre (4) sites ont été ciblés dans la Région Menabe (Carte 1) :

- 2 sites en forêt : la Réserve spéciale d'Andranomena et la Forêt d'Ampataka.
- 2 sites hors forêt : Andranomena et Mangily.



Carte1: Localisation des sites d'étude

² Madagascar National Parks

2 Méthode d'évaluation d'impact de la fragmentation sur la capacité reproductive d'*Adansonia rubrostipa*.

2.1 Choix des arbres

Pour examiner les effets de la fragmentation de la forêt sur la capacité reproductive d'*Adansonia rubrostipa*, la production de fruits ainsi que la production de graines des arbres, dans deux conditions d'habitat différents : perturbé (hors forêt) et non perturbé (en forêt), ont été comparées. Tous les arbres choisis étaient à l'état mature. L'habitat d'une population est considéré perturbé s'il est entouré par des champs ou des pâturages, avec moins de trois arbres régénérant par hectare. Les populations dans un habitat non perturbé sont entourées de forêt naturelle généralement située dans les Aires Protégées (QUESADA et al., 2003). Dans les deux sites en forêt (La Réserve Spéciale d'Andranomena et la forêt d'Ampataka), 30 pieds d'individus pour chaque site ont été choisis, il en est de même pour les deux sites hors forêt (Andranomena et Mangily) et chaque pied est géoréférencié. Au total, 120 pieds dans les quatre sites considérés ont été étudiés, là où les graines et les fruits ont été récoltés et comptés.

2.2 Evaluation de la fructification en forêt et hors forêt

Pour évaluer l'effet de fragmentation de forêt sur la capacité reproductive d'*Adansonia rubrostipa*, la production de fruits pour chaque pied a été déterminée. L'estimation de la production de fruits de chaque arbre individuel a été faite en comptant le nombre total de fruits produits pendant la période de fructification.

Pour déterminer si la condition d'habitat affecte la production de fruits, l'analyse de variance à un facteur (One-way ANOVA) a été utilisée.

Avec le logiciel XLSTAT-7.0, les résultats sont obtenus, avec un intervalle de confiance de 95%, c'est-à-dire que les risques d'erreur (ou probabilité p), sont de 0,05. Ainsi,

- _ La différence est non significative (NS) si $p \geq 0,05$;
- _ La différence est significative (S) si $0,01 < p < 0,05$;
- _ La différence est hautement significative (HS) si $p < 0,01$.

2.3 Evaluation de la production de graines suivant le gradient de la dégradation de l'habitat d'*Adansonia rubrostipa*.

Pour déterminer si la condition d'habitat affecte la production de graines, un échantillon de cinq fruits de chaque arbre sur 15 pieds dans les 4 habitats a été recueilli à l'aide d'une gaule de 7 m de long, et le nombre de graines de chaque fruit a été compté. Une analyse de la variance (one way ANOVA) a été utilisée, pour analyser les effets de la fragmentation d'habitat sur la production de graines par fruits.

RESULTATS

1. Capacité de fructification d'*Adansonia rubrostipa* en forêt et hors forêt

Le test de Fisher (Tableau 1) montre que la fructification était significativement différente selon les conditions d'habitat, ceci est vérifié par la valeur de Pr qui est inférieur à 0,0001. Le tableau des regroupements fait donc ressortir 2 groupes (A et B).

La production de fruit était significativement plus grande pour les individus se trouvant hors forêt que pour les individus en forêt. En moyenne, les individus hors forêt présentent 40,88 % de production de fruits, alors que ceci est seulement 14,33 % pour les individus en forêt (Figure 1).

La valeur de Pr montre ainsi une dépendance entre la production de fruits et la condition d'habitat.

Tableau 1: Test de comparaisons multiples pour la variable habitat sur la fructification

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 % :

Modalités	Pr.	Significatif
Hors forêt ~ En forêt	< 0,0001	Oui

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
Hors forêt	40,88	A
En forêt	14,33	B

Pr : Probabilité ou risque d'erreur

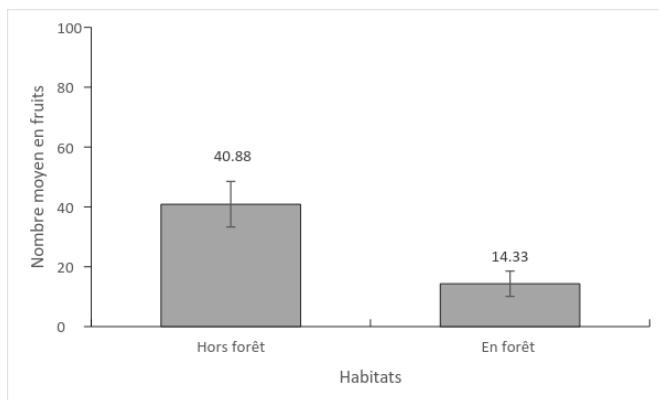


Figure 1: Moyenne de fructification selon les habitats

Entre les 4 sites étudiés, le test de Fisher (Tableau 2) présente des différences significatives sur la production de fruits avec un degré de confiance de 95% entre : Mangily ~ la forêt d'Ampataka, Mangily ~ la réserve spéciale d'Andranomena, Andranomena ~ la forêt d'Ampataka, et Andranomena ~ la Réserve Spéciale d'Andranomena (~ signifie : entre). Seules Mangily ~ Andranomena et la Réserve Spéciale d'Andranomena ~ la forêt d'Ampataka ne montrent aucune différence significative sur la production de fruits (~ signifie : et). Le tableau des regroupements fait donc ressortir 2 groupes (A et B).

Les deux sites en forêt (Réserve Spéciale d'Andranomena et la forêt d'Ampataka) ne montrent aucun écart de variation de production, de même que pour les deux sites hors forêt (Andranomena et Mangily) (Figure 2).

Tableau 5: Test de comparaisons multiples pour la variable site sur la fructification

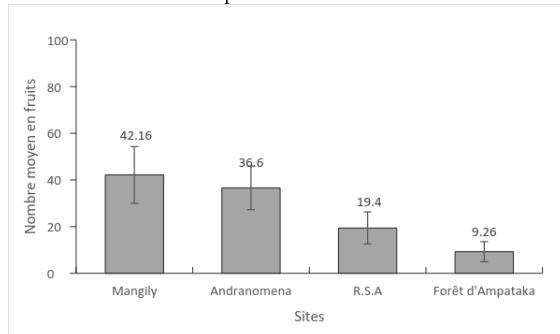
Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 % :

Modalités	Pr.	Significatif
Mangily ~ Ampataka	< 0,0001	Oui
Mangily ~ RSA	0,000	Oui
Mangily ~ Andranomena	0,682	Non
Andranomena ~ Ampataka	< 0,0001	Oui
Andranomena ~ RSA	0,002	Oui
RSA ~ Ampataka	0,108	Non

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements	
Mangily	42,17	A	
Andranomena	39,60	A	
R.S.A	19,40		B
Ampataka	9,27		B

Pr : Probabilité ou risque d'erreur



2 Capacité de production de graines d'*Adansonia rubrostipa* suivant le gradient de la dégradation de leurs habitats.

Le test de Fisher (Tableau 3) présente des différences significatives sur la production de graines avec un degré de confiance de 95% selon les conditions d'habitat, ceci est vérifié par la valeur de Pr qui est inférieur à 0,0001. Le tableau des regroupements fait donc ressortir 2 groupes (A et B).

La production de graines était de façon significative plus grande pour les individus des populations en forêt que pour ceux hors forêt. En moyenne, les individus en forêt présentent 44 % de production de graines alors que c'est seulement 27 % pour les individus en forêt, qui signifie 16% moins de production dans les habitats hors forêt qu'en forêt. (Figure 3).

La valeur de Pr montre ainsi une dépendance entre la production de graines et la condition d'habitat.

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 % :

Modalités	Pr.	Significatif
En forêt ~ Hors forêt	< 0,0001	Oui

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
En forêt	44	A
Hors forêt	27	B

Pr : Probabilité ou risque d'erreur

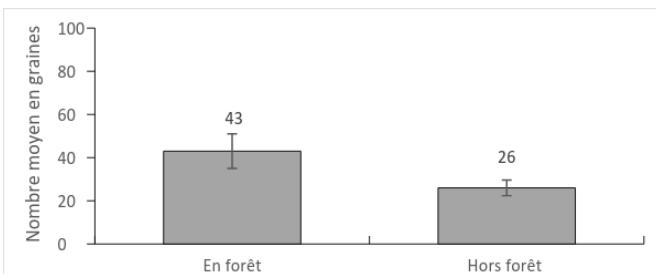


Figure 3: Moyenne de production de graines selon les habitats

Entre les 4 sites étudiés, le test de Fisher (Tableau 4) présente des différences significatives sur la production de graines avec un degré de confiance de 95% entre : la réserve spéciale d'Andranomena ~ Mangily, la réserve spéciale d'Andranomena ~ Andranomena, et la Réserve Spéciale d'Andranomena ~ la forêt d'Ampataka (~ signifie : et). Le tableau des regroupements fait donc ressortir 3 groupes (A, B et C).

La production de graines était de façon significative plus grande pour les individus dans la Réserve Spéciale d'Andranomena que pour les individus dans les autres sites. Et cette production diminue suivant le gradient de la dégradation de l'habitat (Figure 4).

Tableau 4: Test de comparaisons multiples pour la variable site sur la production de graines

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 % :

Modalités	Pr.	Significatif
RSA ~ Mangily	< 0,0001	Oui
RSA ~ Andranomena	< 0,0001	Oui
RSA ~ Ampataka	0,005	Oui
Ampataka ~ Mangily	0,016	Oui
Ampataka ~ Andranomena	0,106	Non
Andranomena ~ Mangily	0,321	Non

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
RSA	55	A
Ampataka	37	B
Andranomena	26	C
Mangily	25	D

Pr: Probabilité ou risque d'erreur

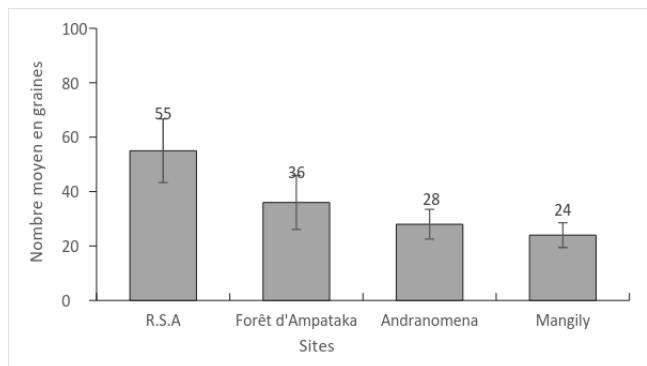


Figure 4: Moyenne de production de graines entre les quatre sites

DISCUSSION

La production de fruits de l'espèce

Les résultats de plusieurs études montrent que la fragmentation de forêt affecte négativement la reproduction des plantes en réduisant l'activité de pollinisateur (QUESADA et al., 2003), la déposition de pollen (CASCANTE et al., 2002 ; QUESADA et al., 2003), la production des fruits et des graines (FUCHS et al., 2003).

Les résultats ont indiqué une augmentation de la production de fruits pour les individus hors forêt et une faible production de fruits pour les individus en forêt. Cette faible production de fruits en forêt s'explique par l'action des polliniseurs d'*Adansonia rubrostipa* qui sont des sphingidae. En forêt, les branches entrecroisées se présentent comme des obstacles pour les polliniseurs, ainsi les nombres des fleurs pollinisées diminuent réduisant la fructification. Par contre hors forêt, l'isolement des pieds d'*Adansonia rubrostipa* fait que les polliniseurs peuvent passer librement entre les fleurs, augmentant ainsi le nombre des fleurs pollinisées. De plus hors forêt, l'odeur florale se diffuse librement dans l'air par l'isolement des pieds d'*Adansonia rubrostipa*, contrairement avec ce qui se passe en forêt. RYCKWEART (2011) précise que les sphinx ne viennent aux fleurs que s'il y a un minimum de vent d'environ 5 km/h. L'émission des odeurs par les fleurs attirent les polliniseurs (RAZANAMARO, 2016). En effet, les espèces de sphinx comme *Agrius convolvuli* et *Coelonia solani* sont les polliniseurs qui contribuent efficacement à la pollinisation de quatre espèces des Longitubae (RASOAMANANA, 2015).

Une étude sur *Ceiba aesculifolia* (Bombacaceae), faite pour identifier l'effet de la fragmentation des forêts, a montré un résultat similaire au résultat de cette présente étude sur la production de fruits qui tend à augmenter. Selon les résultats de HERRERIAS (2006), la production totale de fruits était plus grande pour les arbres, dans les habitats perturbés (hors forêt) que, dans les habitats non perturbés (en forêt). Pour KHAN et al., (2005), la grande production de fruits dans les habitats perturbés peut être attribuée à la disponibilité de ressources comme la lumière du soleil. La haute intensité solaire et la température élevée, augmentent la concentration de régulateurs de croissance, particulièrement la gibberelline, qui stimule la floraison et la fructification (ROSS et al., 1983). Contrairement aux attentes, les espèces pollinisatrices visitent plus de fleurs dans les habitats perturbés que dans les habitats non perturbés.

La production de graines

Comme pour la production des fruits, la production des graines était significativement différente entre les conditions de l'habitat. La production de graine est élevée en forêt, par rapport à la production de graine hors forêt qui est faible. Cela montre que la pollinisation est plus efficace en forêt, car pour QUESADA (2003), la variation de production de graine s'explique par le nombre de pollens déposés sur le stigmate. Le nombre d'ovules fécondés augmente avec le nombre de pollens déposés sur le stigmate (RAZANAMARO 2016, RASOAMANANA 2015). Le passage des sphinx sur les fleurs des pieds d'*Adansonia rubrostipa* hors forêt est donc de très courte durée, entraînant le faible dépôt de pollens sur le stigmate réduisant ainsi la production de graines. Car hors forêt les fleurs sont plus visibles exposant les polliniseurs aux prédateurs ce qui réduit leurs passages sur les fleurs.

Cette fragmentation d'habitat affecte négativement la production de graines d'*Adansonia rubrostipa*, qui sont les éléments vitaux pour la succession et la survie de l'espèce.

CONCLUSION

Adansonia rubrostipa a fait l'objet de cette première étude portant sur l'Impact de la fragmentation de l'habitat dans la région Menabe. Les études sur terrain ont permis de recueillir de nombreuses informations sur l'espèce, en particulier sur son habitat et sa biologie.

L'espèce est exposée à des menaces dues principalement aux actions anthropiques comme la déforestation, les défrichements et les cultures sur brûlis. Les risques d'extinction sont donc élevés. De ce fait, *Adansonia rubrostipa*, est classée Vulnérable (VU). De plus, la disparition des grands animaux disperseurs potentiels comme le grand oiseau ratite (*Aepyornis sp.*) les lémuriens géants (*Babakotia sp.*, *Megaladapis sp.*), les tortues géantes (*Aldabrachelys gigantea*), entraîne un déficit de régénération. On assiste alors à une population vieillissante.

L'étude sur les caractéristiques de l'habitat a permis de montrer que l'habitat de cette espèce est perturbé dans les forêts étudiées. La perturbation se manifeste par l'absence de certaines classes de diamètre, ou par la présence des espèces indicatrices de dégradation comme *Rhopalocarpus lucidus* et *Tamarindus indica* dans la formation. Par ailleurs, la plupart de ces espèces se trouve hors forêt dans les zones habitations, les zones de cultures, les rizières, or les baobabs sont des espèces forestières. Une régression de leurs habitats naturels est constatée. Les aires protégées gérées par les organismes nationaux comme MNP et les ONG sont les seules qui maintiennent encore certains pieds dans leurs habitats naturels.

Cette étude a permis d'évaluer la fructification et la production des graines de l'espèce dans deux habitats différents, en forêt et hors forêt. Les espèces en forêt produisent moins de fruits, mais plus de graines contrairement aux espèces hors forêt qui produisent plus de fruits, mais pas assez de graines. La fragmentation d'habitats peut entraîner un changement sur la fructification et la production de graines de l'espèce. En outre, la faible production de fruits dans l'habitat perturbé par rapport à celle de l'habitat non perturbé ne doit pas inciter à la destruction de la forêt. Ce sont surtout les graines qui assurent la succession et la survie des espèces.

Cette étude est, cependant, loin d'être complète. Ce qui incite à formuler d'autres perspectives de recherche pour combler les lacunes constatées. Etant donné que c'est la première étude faite sur l'impact de la fragmentation d'habitat chez les baobabs, de nouvelles perspectives de recherche sont à prendre en considération vis-à-vis de la conservation des espèces de baobabs. Une étude complète sur l'impact de la fragmentation d'habitats sur la phénologie et la capacité reproductive chez les baobabs s'avère donc indispensable afin de comprendre le fonctionnement de ces espèces dans les écosystèmes qui les abritent.

Les investigations sont encore à élargir concernant les baobabs malgaches. Mais, avant toute chose, il est nécessaire et fondamental de mettre en place une stratégie de conservation, de gestion et d'information sur cette espèce pour assurer sa durabilité, surtout à l'état sauvage, vu les lourdes menaces et pressions qui pèsent sur les espèces et sur leur habitat naturel. Ces mesures concernent la conservation *in situ* et *ex situ* et l'exploitation durable de cette espèce de baobab. L'efficacité de la conservation nécessite la responsabilisation de toutes les parties prenantes depuis l'Etat jusqu'au niveau des communautés de base.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAUM, D. A., 1996. The ecology and conservation of the baobabs of Madagascar. In GANZHORN J. U. & SORG J. P. (eds). *Ecology and economy of a tropical dry forest in Madagascar*. Primate report. pp 311-327.
- CASCANTE A., QUESADA, M., LOBO, J. A., & FUCHS, E. J., 2002. Effects of dry tropical forest fragmentation on the reproductive success and genetic structure of the tree *Samanea saman*. *Conservation Biology*, 16: 137-147.
- CRON, G.V., KARAMI, N., GLENNON, K. L., UDEH, C., WITKOWSKI, E.T.F., VENTER, S.M., ASSOGBADIO, A., BAUM, D.A., 2016. One African baobab species or two? A re-evaluation of *Adansonia kilima*. South African. *Journal of botany*, 103 : 312-323.
- DOUIE, C., WHITAKER, J., GRUNDY, I., 2015 Verifying the presence of the newly discovered African baobab, *Adansonia kilima*, in Zimbabwe through morphological analysis. South African. *Journal of Botany*, 100 : 164-168.
- FUCHS, E., LOBO, J., & QUESADA, M., 2003. Effects of Forest Fragmentation and Flowering Phenology on the Reproductive Success and Mating Patterns of the Tropical Dry Forest Tree *Pachira quinata*. *Conservation Biology*, 17 : 149-157.
- HERRERÍAS, D., QUESADA, M., STONER, K. E., & LOBO, J., 2006. Effects of Forest Fragmentation on Phenological Patterns and Reproductive Success of the Tropical Dry Forest Tree *Ceiba aesculifolia*. *Conservation Biology*, 20 : 1111-1120.
- KHAN, M. L., BHUYAN, P., & TRIPATHI, R. S., 2005. Effects of forest disturbance on fruit set, seed dispersal and predation of Rudraksh (*Elaeocarpus ganitrus Roxb.*) in northeast India. *Current Science*, 88 : 133-142.

- LEONG POCK TSY, J. M., SAUVE M., LUMARET, R., FLAVEN-NOGUIER, E., DUBOIS, M. P., & DANTHU, P., 2013. Nuclear microsatellite variation in Malagasy baobabs (*Adansonia*, Bombacoideae, Malvaceae) reveals past hybridization and introgression. *Annals of Botany*, 112 : 1759–1773.
- MADAGASCAR NATIONAL PARKS (MNP). 2011. *Plan d'aménagement et de gestion du Parc National NOSY HARA*. 85p.
- QUESADA, M. K. E., STONER, V., ROSAS-GUERRERO, C., GUEVARA, P., & LOBO, J. A., 2003. Effects of habitat disruption on the activity of nectarivorous bats in a dry forest: implications for the reproductive success of the Neotropical tree *Ceiba grandiflora*. *Oecologia*, 135 : 400–406.
- RASOAMANANA, N. E. 2015. *Biologie de la reproduction des baobabs (Adansonia L.) malgaches : palynologie, interactions pollen-pistil et fleur-pollinisateur*. Thèse de Doctorat. Faculté des Sciences. Université d'Antananarivo, 129p.
- RAZANAMARO, O. H. M., 2016. *Caractères phénologiques, morphologiques et biochimiques des fleurs, impliqués dans le mécanisme de la pollinisation chez les baobabs Malgaches*. Thèse de Doctorat en Sciences de la Vie. Spécialité : Science du végétal. 128p.
- RAZANAMAHERIZAKA, J. H. N., 2009. *Régénération, démographie, physiologie de la graine et des plantules du genre Adansonia à Madagascar*. Thèse de Doctorat. Faculté des Sciences. Université d'Antananarivo. 170p.
- REAU, B., 1996. *Dégradation de l'environnement forestier et réactions paysannes. Les migrants Antandroy sur la côte Ouest de Madagascar*. Thèse de doctorat de géographie tropicale. Université de Michel de Montagne. 365p.
- ROSS, S. D., PHARIS, R. P. & BINDER, W. D., 1983 Growth regulators and conifers: their physiology and potential uses in forestry. In *Plant Growth Regulating Chemicals* (ed. Nickell, L. G.). CRC Press. Florida, 2: 35–78.
- ROWER, J. E., ZAR, J. H., & CARL, VON, N, ENDE, 1990. *Field and laboratory Methods for General Ecology*. 3rd Ed. Brower publishers. 237p.
- RYCKWEART, P., RAZANAMARO, O., RASOAMANANA, E., RAKOTOARIMIHAJA, T., RAMAVOVOLOLONA, P. & DANTHU, P., 2011. Les Sphingidae, probables polliniseurs des baobabs malgaches. *Bois Et Forêts Des Tropiques*. n° 307 (1). pp 55-58.
- IUCN, 2001. *Catégorie et critères de l'IUCN pour la liste rouge*. Version 3.1. Gland. Suisse. 32p.

14. Rôle de l'hybridation dans la diversité génétique : modèle genre *Andansonia*

Jean Michel LEONG POCK TSY^{1,2}, Pascal Danthu^{1,3}, Juvet Razanameharizaka^{1,4}, Roger Edmond^{1,4}

1 : dP Forêts & Biodiversité, Antananarivo Madagascar, 2 : DRFGRN FOFIFA, Antananarivo Madagascar, 3 : Unité HortSys CIRAD, Montpellier France, 4 : MBEV Faculté des Sciences, Antananarivo Madagascar

Introduction

Les Baobabs, du genre *Adansonia* L. (famille des Bombacaceae, super famille des Malvaceae), sont représentés par neuf espèces dans le monde tropical. Deux espèces (*A. digitata* L. et *A. kilima*) occupent principalement les régions sèches de l'Afrique continentale, la seconde espèce (*A. gregorii* Mueller) est présente dans la partie nord-ouest de l'Australie. Les six dernières espèces sont endémiques des forêts sèches malgaches (Baum, 1995a, Wickens & Lowe, 2007, Pettigrew et al. 2012). La liste rouge de l'IUCN classe trois des baobabs malgaches, *A. perrieri*, *A. grandidieri* et *A. suarezensis*, parmi les espèces en danger d'extinction alors que *A. za*, *A. rubrostipa* et *A. madagascariensis* sont considérées comme peu menacées (I.U.C.N 2010).

En se basant sur la morphologie des fleurs, les espèces malgaches sont regroupées en deux sections (Baum, 1995a). La section *Brevitubae*, comprenant *A. grandidieri* et *A. suarezensis*, présentent des boutons floraux ovoïdes et érigés et des pétales blancs et celle des *Longitubae* comprend les quatre dernières espèces malgaches (*A. za*, *A. madagascariensis*, *A. rubrostipa*, *A. perrieri*) qui se différencie par un bouton floral allongé, cylindrique et érigé. La couleur des pétales peut être soit jaune (*A. za* et *A. perrieri*), rouge (*A. madagascariensis*), orange (*A. rubrostipa*) (Baum 1995b, Baum et al. 1998, Wickens & Lowe 2008).

D'anciens travaux ont mis en évidence une grande variabilité de la biologie, de la biogéographie, de la morphologie florale et de la caryologie (Jumelle & Perrier de la Bâthie 1913, Perrier de la Bâthie 1952, Perrier de la Bâthie & Hochreutiner 1955, Miège 1974, Baum & Oginuma 1994, Baum 1995a, 1995b, Du Puy 1996, Baum et al. 1998) d'où la complexité au sein de la systématique du genre

Adansonia. L'aire malgache de distribution du genre couvre toute la partie occidentale de la Grande Île, allant du Cap d'Ambre (région d'Antsiranana) à la forêt de transition d'Andohahela (région de Taolagnaro). *A. perrieri* est représenté par un très petit nombre d'individus (peut-être moins de cent) dans le Nord. *A. rubrostipa* est essentiellement côtier. *A. madagascariensis* est présent dans le nord-ouest, principalement dans les talwegs et en bordure de mer. L'aire de présence de *A. za* est la plus large (Leong Pock Tsy et al. 2010). Baum (1996) suppose que cette large distribution géographique est liée à une grande plasticité écologique de l'espèce.

Des observations récentes révèlent une grande variabilité morphologique florale, non prise par la classification actuelle. Des populations de baobab morphologiquement intermédiaires entre des espèces de *Longitubae* ont été observées dans des domaines spécifiques et différents de l'habitat des Baobabs. Ces observations suggèrent l'apparition d'une hybridation interspécifique qui est un processus évolutif à l'origine du rayonnement des espèces de baobab à Madagascar. Les microsatellites nucléaires (ou nSSR) sont des marqueurs génétiques codominants avec des taux d'évolution très élevés. Ces caractéristiques rendent leur utilisation appropriée pour révéler l'hybridation et l'introgression interspécifiques récentes.

Dans le présent travail, cette variation morphologique est présentée et des hypothèses sont formulées pour tenter d'en expliquer l'origine en utilisant des marqueurs moléculaires afin de répondre à l'hypothèse d'une hybridation interspécifique. Par conséquent, la recherche met en évidence la possibilité d'une adaptation des nouvelles entités face aux modifications d'un milieu ou d'un habitat.

Méthodologie

Espèces considérées

Les six espèces de Baobabs malgaches ont fait l'objet de l'étude, plus particulièrement les espèces de la section de *Longitubae* où les hybridations interspécifiques ont été mise en évidence, *A.za*, *A. rubrostipa*, *A. madagascariensis* et *A. perrieri*. Les échantillonnages ont été réalisés dans l'aire de répartition de chacune des espèces et au sein des populations intermédiaires.

Diversité génétique

Onze marqueurs microsatellites ont été utilisés, avec des amorces développées pour *A. rubrostipa* (Leong Pock Tsy et al. 2013).

Le regroupement a été effectué avec le logiciel STRUCTURE 2.0 (Pritchard et al., 2000) pour assigner des individus à des groupes, en utilisant les algorithmes Monte Carlo de Chaîne de Markov (MCMC). STRUCTURE HARVESTER (Earl et von Holdt, 2012) a permis détecter le nombre de groupes K qui ont le mieux adapté à l'ensemble de données selon la méthode d'Evanno et al. (2005). A partir de la valeur K, le logiciel STRUCTURE 2.0 de regrouper les individus des six espèces étudiées et de mettre en évidence des individus hybrides.

Caractéristiques climatiques

Les caractéristiques climatiques et écologiques des sites cibles ont fait l'objet d'une documentation qui a été corroborés avec une évaluation visuelle de la densité des populations.

Résultats et discussions

Diversité morphologique

Les quatre espèces de *Longitubae* que nous avions suivies se différencient par la couleur, la structure et la morphologie des fleurs, en se basant sur les critères de détermination des travaux antérieurs (Jumelle & Perrier de la Bathie, 1910, Perrier de la Bâthie & Hochreutiner 1955, Baum 1995a, 1995b) :

- l'espèce *A. za* a des pétales jaunes, avec le filet des étamines blanc. Les filets sont plus longs que le tube staminal,
- l'espèce *A. rubrostipa* a des pétales jaune clair à orangé, avec le filet des étamines de couleur jaune clair. Les filets sont aussi plus longs que le tube staminal,
- l'espèce *A. madagascariensis* a des pétales rouge vif, avec le filet des étamines de couleur jaune clair. Les filets sont de même longueur que le tube staminal,
- l'espèce *A. perrieri* a des pétales larges et blancs, avec le filet des étamines de couleur blanche. Les filets sont dix fois plus petits que le tube staminal.

En plus de ces populations, dites de références, nous avions observés des populations avec des morphologies florales intermédiaires dans des zones spécifiques :

- des populations intermédiaires entre *A. za* et *A. perrieri* qui se trouvent dans la région humide du Sambirano. Ces individus sont caractérisés par des pétales blancs et larges avec le filet des étamines blanc plus longs que le tube staminal. Ces individus ont été déjà identifiés par Jumelle & Perrier de la Bathie (1910) dans cette même zone comme *A. alba*. Cette nomination a été rejetée par Baum (1995b),

- des populations intermédiaires entre *A. za*, *A. rubrostipa* ou *A. madagascariensis* dans les régions sub aride du sud de Madagascar où les populations de l'espèce *A. za* sont les plus importantes. Ces individus sont caractérisés par des pétales présentant un mélange de rouge et de jaune. Ces individus ont été identifiés comme *A. za* par Baum (1995b).

L'existence de ces individus, présentant des caractères morphologiques intermédiaires, démontrent l'existence d'une hybridation interspécifique entre les espèces de la section *Longitubae*. Cette hypothèse a été rejetée par Baum (1995b). Pour l'auteur, l'hybridation interspécifique ne peut exister si les espèces mis en question possèdent des polliniseurs communs et une floraison qui se chevauchent.

Diversité génétique

Dans la présente étude, les 12 locus microsatellites, développés pour *A. rubrostipa*, ont été bien adaptés sur les cinq autres espèces malgaches et sur l'espèce *A. gregorii* (Leong Pock Tsy et al. 2013).

L'analyse par correspondance factorielle, à partir des génotypes multilocus, ont mis en évidence sept groupes qui correspondent aux sept espèces de baobab. Les analyses ont montré que les espèces *A. perrieri*, *A. madagascariensis* et *A. za* sont étroitement proches génétiquement. Cette proximité a été mise en évidence avec d'autres marqueurs dans les travaux de Baum et al. (1998).

L'analyse, avec le logiciel STRUCTURE, a été effectuée avec les populations en sympatrie entre les espèces de la section *Longitubae*. Cette analyse a mis en évidence des individus dans des positions intermédiaires entre les groupes *A. rubrostipa* et *A. za* (dans le sub aride du sud) ou entre ceux de *A. perrieri* et *A. za* (Sambirano), avec 50% de caractères génétiques de chaque espèce mis en jeu dans l'hybridation.

Les études de Ryckewaert et al. (2011) ont montré l'existence de polliniseurs communs entre les espèces de la section *Longitubae* qui sont des papillons de nuit du genre *Sphingidae* (*Agrius convolvuli*, *Coelonia solani*, *Xanthopan morgani* et *Coelonia fulvinotata*). Les études de Andriantsaralaza et al. (2016) ont montré que la floraison des espèces de la section *Longitubae* se chevauchent et vivent en sympatrie deux à deux. Ces conditions permettent l'existence d'hybridation interspécifique chez les *Longitubae*, qui n'a pas été mis en évidence par Baum (1995a).

L'importance de l'hybridation interspécifique a été relatée par Seehausen (2004). Ce phénomène peut faciliter l'adaptation des populations lors de la colonisation d'habitats modifiés par sélection naturelle. L'hybridation interspécifique est un événement rare qui a lieu chez des organismes végétaux à longue durée de vie où elle peut entraîner un changement génétique rapide (Petit et Hampe, 2006). Les baobabs malgaches constituent des individus vivant plus de mille ans (Pärtut et al., 2007).

Conclusion

L'étude a mis en évidence l'existence d'une diversité importante au sein de la section *Longitubae*. La présence d'individus morphologiquement intermédiaires est localisée dans des zones ou régions où le climat et l'environnement sont différents de l'habitat habituel de baobabs, région de Sambirano avec un climat humide et région sub aride du sud de Madagascar, caractérisé par un déficit de pluviométrie.

L'étude a démontré que les marqueurs moléculaires, les microsatellites nucléaires, sont d'importants outils pour la discrimination des espèces de baobabs malgaches et pour la mise en évidence des hybrides interspécifiques au sein de la section *Longitubae*. Il a été mis en évidence l'existence d'entités hybrides entre les espèces *A. za* et *A. perrieri* dans la région humide Sambirano. Dans la partie sub aride du sud de Madagascar, nous avions mis en évidence de populations de l'espèce *A. za* introgressées par *A. rubrostipa*.

Ces résultats confirment l'hypothèse de l'existence d'hybridation spécifique chez les baobabs malgaches, espèces à longue durée de vie. Madagascar, pays sensible au changement climatique, possède un modèle d'espèce qui pourrait avoir la capacité d'adaptation aux changements des habitats.

Références bibliographiques

Andriantsaralazo S., Rasoamanana E., Razanamaro O., Elgoyen C., Ramavololona P., Leong Pock Tsy J.M., Rakouth B., Roger E., Danthu P. (2016) Vers une compréhension des relations entre les baobabs

et quelques éléments des écosystèmes forestiers de l'ouest de Madagascar : polliniseurs, disperseurs et prédateurs. Rapport ECOBAO.

Baum D.A. (1995a) A systematic revision of *Adansonia* (Bombacaceae). Annals of the Missouri Botanical Garden 82: 440--471.

Baum D.A. (1995b) The comparative pollination and floral biology of baobabs *Adansonia* - Bombacaceae). Annals of the Missouri Botanical Garden 82: 322--348.

Baum D.A., Oginuma K. (1994) A review of chromosome numbers in Bombacaceae with new counts for *Adansonia* (Bombacaceae). Taxon 43: 11--20.

Baum D.A. (1996) The ecology and conservation of the baobabs of Madagascar. Primate Report. Special Issue 46: 311--328.

Baum D.A., Small R.L., Wendel J.F. (1998) Biogeography and floral evolution of baobabs (*Adansonia*, Bombacaceae) as inferred from multiple data sets. Systematic Biology 47: 181--207.

Earl DA, von Holdt BM. 2012. STRUCTURE HARVESTER: a website and program for visualizing STRUCTURE output and implementing the Evanno method. Conservation Genetics Resources 4: 359--361.

Evanno G, Regnaut S, Goudet J. 2005. Detecting the number of clusters of individuals using the software structure: a simulation study. Molecular Ecology 14: 2611--2620.

I.U.C.N. (*International Union for Conservation of Nature*), (2010) Red List of Threatened Species. Version 2010.3 [online]. Available from <http://www.iucnredlist.org> [accessed 1st October 2010].

Jumelle H., Perrier de la Bâthie H. (1910) Fragments biologiques de la flore de Madagascar. Annales du Musée Colonial de Marseille 8 : 373--468.

Jumelle H., Perrier de la Bâthie H. (1913) Les baobabs de Madagascar. Agriculture Pratiques des Pays Chauds 125 : 61--74.

Leong Pock Tsy J.M., Lumaret R., Danthu P. (2010) Complexité de la biodiversité à Madagascar : exemple des baobabs. Scripta Botanica Belgica 46: 358.

Leong Pock Tsy J.M., Lumaret R., Flaven-Noguier E., Sauve M., Dubois M.P., Danthu P. (2013) Nuclear microsatellite variation in Malagasy baobabs (*Adansonia*, Bombacoideae, Malvaceae) reveals past hybridization and introgression. Annals of Botany 112: 1759--1773, 2013.

Miège, J. (1974) Etude du genre *Adansonia*. II. Caryologie et blastogenèse. Candollea 29: 457--475.

Paˇtrut A., Von Reden K.F., Lowy D.A. (2007) Radiocarbon dating of a very large African baobab. Tree Physiology 27: 1569--1574.

Perrier de la Bâthie H. (1952) *Adansonia* de Madagascar. Clef et diagnoses. Notulae Systematicae 14: 300--304.

Perrier de la Bâthie H., Hochreutiner B.P.G. (1955) 130^e Famille. Bombacacées (*Bombacaceae*). In : Humbert H. (editor) Flore de Madagascar et des Comores : 1--22. Paris, Gouvernement général de Madagascar.

Petit RJ, Hampe A. (2006) Some evolutionary consequences of being a tree. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 37: 187--214.

Pettigrew J.D., Bell K.L., Bhagwandin A., Grinan E., Jillani N., Meyer J., Wabuyele E., Vickers C.E. (2012) Morphology, ploidy and molecular phylogenetics reveal a new diploid species from Africa in the baobab genus *Adansonia* (Malvaceae: Bombacoideae). Taxon 61(6): 1240--1250.

Pritchard JK, Stephens M, Donnelly P. (2000) Inference of population structure using multilocus genotype data. Genetics 155: 945--959.

Ryckewaert P., Razanamaro O., Rasoamanana E., Rakotoarimihaja T., Ramavololona P., Danthu P. (2011). Les Sphingidae, probables polliniseurs des baobabs malgaches. Bois et Forêts des Tropiques. 307 (1) : 56-68,

Seehausen O. (2004) Hybridization and adaptive radiation. Trends in Ecology and Evolution 19: 198--207.

Wickens G.E., Lowe P. (2008) The baobabs. Pachycauls of Africa, Madagascar and Australia. Kew, Springer Science.

15. Impact de l'état de la population de la grenouille *Mantidactylus pauliani* Guibé, 1974 (F. Mantellidae) est un indicateur de la santé de la source d'eau d'Ankaratra

RABIBISOA Nirhy Harinelina¹, Raoelison-Malala Josué¹, Rakotonaina M Joseph Daniel¹, et Rasoanambinina Hajanirina²

¹Parcours Zoo, Mention SVE, FSTE, Université de Mahajanga

² Institut Pasteur de Madagascar

Résumé

Mantidactylus pauliani est une espèce en danger critique d'extinction endémique de la NAP Manjakatompo-Ankaratra. Avant 2010, cette espèce est très rare et en voie de disparition avec au maximum deux individus observés à cause de la destruction des forêts aux environs de son habitat qui est les cours d'eau. L'objectif de cette étude est de faire le suivi de l'abondance de la population de *M. pauliani* en fonction des différents paramètres écologiques et physico-chimiques de l'eau suivant l'altitude après la mise en place du projet de restauration réalisées par l'Association VIF et les VOIs. Il s'agit aussi de voir la contribution de cette action de conservation au bien-être de la population locale à travers le service eau car on a constaté que la déforestation, outre l'impact négatif sur la qualité de l'eau affecte l'intégrité de cette grenouille en danger critique. La méthode de collecte des données consiste à un dénombrement direct avec multiple capture-relâche de Bailey aux différentes altitudes variant de 1900-2500 m. La densité linéaire est évaluée suivant la longueur du cours d'eau fixée à 100 m. Le transport de l'eau à analyser se fait dans une bouteille de 1,5 l gardée au froid et à l'ombre avant analyse au laboratoire. On a constaté que la densité linéaire de l'espèce augmente de façon évidente et reste stable entre 2010 et 2015, de 78 ind/100 m à 405ind./100 m en parallèle avec l'amélioration de la qualité physico-chimique de l'eau et son biotope. Aussi, l'augmentation du débit en eau des cours d'eau en amont favorise la riziculture, la pisciculture et l'eau potable en aval subséquemment les moyens de subsistance des communautés environnantes dépendant de l'agriculture. Mais l'érosion du sol dénudé entraîne la sédimentation et la production des embâcles dans les cours d'eaux entraînant des impacts négatifs sur la qualité d'eau (baisse des éléments normaux et augmentation des éléments indésirables et apparition des éléments toxiques). Cet accroissement peut entraîner des effets cancérigènes surtout si sa teneur dépasse la valeur de référence de la norme de potabilité. La conservation de la biodiversité comme la grenouille contribue ainsi à l'amélioration du service écosystémique qui est l'eau et en conséquence assure le bien-être de la communauté locale.

Mots-clés: Madagascar, NAP Manjakatompo-Ankaratra, *Mantidactylus pauliani*, service écosystémique, eau

Introduction

Mantidactylus pauliani, espèce endémique d'Ankaratra, est gravement menacée (IUCN SSC ASG, 2016) des étages supérieurs (> 1930 m d'altitudes). En 1974, lors de sa description, elle est présentée par 9 individus et n'est réinventoriée qu'en 2010-2011 lors de la mise en place de la NAP Manjakatompo-Ankaratra (Rabibisoa et al., 2012). Outre, cette richesse unique, elle fait face à une forte dégradation à cause d'un fort défrichement forestier non maîtrisables, des fabrications de charbon et la pollution des cours d'eau. Aussi, ce site est déclaré prioritaire pour la conservation mondiale ou site Alliance for Zero extinction, AZE (Carret et al., 2014) et aussi pour les services écosystémiques (cf. Neurgarten et al., 2016). A cause de l'état de croissance en perpétuelle déclinaison de *M. pauliani* (IUCN. 2014 ; ASG, 2016) et de l'altération de son habitat eau, des travaux de reboisement et de mise en place de pare-feux ont été entreprises à partir de 2010 par l'Association VIF et les VOIs pour restaurer la forêt. L'effet de ce défrichement se fait encore sentir sur la qualité de l'eau (Rasoanambinina, 2016).

L'objectif de cette étude est de faire le suivi de l'abondance de *M. pauliani*, en fonction des paramètres écologiques et de collecter les facteurs physico-chimiques de l'eau suivant l'altitude. Il s'agit aussi de voir la contribution de cette action de conservation au bien-être de la population locale, à travers le service eau. Ce service présente un enjeu délicat pour la survie de la population locale d'Ankaratra et les communes environnantes, pour ne citer que l'irrigation des rizières des bas-fonds, les rizipiscicultures, les eaux potables sources vitales pour la JIRAMA, la population et la Société NBM³ d'Ambatolampy.

³ Nouvelle Brasserie de Madagascar

Site d'études et transects

La Nouvelle Aire Protégée (NAP) de Manjakatombo/Ankaratra (fig. 2) se trouve à 17 km à l'ouest de la ville d'Ambatolampy. Elle est localisée dans les Communes Rurales de Tsiafajavona et de Sabotsy-Namatoana, district d'Ambatolampy, Région du Vakinankaratra, entre 19°19'et 19°24' Sud et 47°14' et 47°22' Est, culminant jusqu'à 2640 m d'altitudes. Sept transects ont été établis pour collecter les données bioécologiques et cinq pour les paramètres physico-chimiques de l'eau (tableau 1)

Méthodologie

Les données collectées intéressent les périodes pluvieuses de 2015 pour *M. pauliani* et les années 2012 et 2016, pour l'eau.

Abondance et facteurs écologiques de *Mantidactylus pauliani*

La collecte des données se fait le long des transects linéaires de 100 à 170 m le long des cours d'eau. Elle s'étale sur deux périodes de 15 jours, pendant lesquelles les amphibiens sont très actifs (février-mars et avril-mai 2015) pour une durée d'un mois, à travers d'une observation directe et des fouilles systématiques des microhabitats. Le dénombrement suit la technique à Multiple Capture-Recapture de Bailey (Chalmers *et al.*, 1986), pendant cinq jours et par site, avec un effort de recherches de 15 jours/homme. La densité linéaire est évaluée suivant la longueur du cours d'eau (Jaeger, 1994), fixée à 100 m. Les roches et les supports susceptibles d'héberger les animaux sont fouillés systématiquement et sont remis à leur place après l'observation pour ne pas perturber l'habitat. Les grenouilles adultes et juvéniles sont capturées à la main et les têtards à l'aide d'une épisette à maille fine. Comme c'est une espèce gravement menacée, l'identification des individus se font par leurs tailles et poids. Les paramètres écologiques et physiques sont collectés. Des photos des habitats et des animaux sont prises. Les données obtenues sont testées à l'aide de χ^2 , pour voir la relation abondance et qualité des habitats et aussi le test de corrélations de Pearson pour les interactions entre la densité linéaire et la température.

Facteur physico-chimique et bactériologique de l'eau

L'échantillonnage de l'eau s'est fait dans les 5 transects représentatifs de la NAP (cf. tableau 1). Le prélèvement se fait au moins à 2m de la berge. Leur transport se faisait dans une bouteille de 1,5 l, gardée au froid et à l'ombre pour une durée de 12 heures avant les analyses. La qualité de l'eau est déterminée à travers les paramètres physico-chimiques, organoleptiques et bactériologiques (cf. Rasoanambinina, 2016). Il s'agit respectivement de la profondeur, des débit/vitesse, les température/pH, la conductivité, les éléments chimiques comme les paramètres normaux (Ca, Mg, Cl₂, K, SO₄, O₂), les éléments indésirables comme les indices de pollution de matières azotées (NH₄, NO₃, NO₂, azote kjeldhal), Mn, et P₂O₅, les éléments toxiques par le titrage de Chlore totale, Al, Ni, As pouvant causer les altérations graves des organismes. L'analyse microbiologique se fait par titrage de bactéries dans 100 ml. La norme de potabilité suit le décret n°2004-635 du 15/06/04.

Résultats

1) Etat d'abondance de la population de *Mantidactylus pauliani* pendant la saison de pluie 2015

Un total de 231 et 954 individus ont été recensés respectivement au cours de deux phases de la période de reproduction (tableau 2). Le modèle de distribution quantitative des animaux n'est pas homogène et varie significativement suivant l'altitude et la période d'études ($\chi^2=49,18; p=0,0000$, ddl= 5). En moyenne, on a 38,5 individus tous les 100 m des cours d'eau dont la concentration maximum des individus se passe à la fin de la période de reproduction surtout à Maharavana (2100 m) et à Tavolotara (1993-2010m), avec respectivement 19,07% et 18,73% des individus (N=954). Par contre le pourcentage de concentration des individus la plus faible se fait pendant le milieu de la période de reproduction et se trouve à Ambitsika avec 0,76% suivi par Ambohimirandrana (1,69%) et Tsimiarimianadahy (1,77%). (Figure 3)

2) Densité linéaire par stade de développement

On a le même modèle de distribution quantitative entre les différents stades de développement, c'est-à-dire plus d'adultes (124 et 405) que de têtards (69 et 355) et de juvéniles (38 et 194) (fig. 4). Ce sont les effectifs par stade de développement par 100 m qui varie significativement pour et entre les deux phases de la période de reproduction ($\chi^2= 9,60$, ddl = 2 ; p = 0,008).

3) Effectif des individus en fonction de la température de l'eau

La distribution quantitative des individus varie linéairement et positivement (fév.-mars) et négativement (avril-mai) en fonction de la température mais de faible corrélation ($R=\pm 0,041$) entre les deux phases, avec comme optimum de 15 °C au cours du milieu de la période de reproduction et de 13°C à la fin de la période de reproduction (fig. 5). La majorité des individus se trouvent entre le préférendum thermique de 12 et 14°C au mois de février-mars et entre 14 et 16°C au mois d'avril-mai.

En terme d'abondance avec $R^2=0,172$ indiquent que seulement 17,2% des variations des nombres des individus sont expliquées par celles des températures.

4) Effectif des individus en fonction de la profondeur de l'eau

Pendant cette étude, on assiste à une migration verticale descendante des individus suivant la profondeur, en fonction des deux phases de la période de reproduction (fig. 6). L'optimum se situe entre]-20 ; -30] cm au cours du milieu de la période de reproduction (260 ind.) et]-10 ; -20] cm à la fin de la période de reproduction (485 ind.). La limite de tolérance est comprise entre]-10 ; -70] cm de profondeurs dont aucun individu n'est observé entre la profondeur]-50 ; -60] cm et c'est très rare qu'on observe des individus au niveau de la surface de l'eau.

5) Distribution des individus selon l'habitat par classe d'âge

M. pauliani préfère significativement le milieu forestier pendant la période de reproduction que le milieu savanien ($\chi^2= 106,54$; $p=0,000$; $ddl= 2$) que ce soit pour les Adultes et que les juvéniles, par contre les têtards sont indifférents pendant l'observation (211 individus forestiers et 213 individus savaniens) (Fig. 7).

Discussions

1) Tendance quantitative de la population entre 2010 et 2015

L'espèce n'est vraiment recensée qu'en 2011, avec un effectif de 78 ind. par 100 m (Rabemananjara et al., 2010), après la première description en 1974. En 2015, à la fin de la période de reproduction on assiste à une augmentation de la densité atteignant les 405 ind. adultes par 100 m (cf. fig. 4). Cette amélioration est rendue grâce à la connaissance de son habitat qui est une roche des cours d'eau, confiné entre les altitudes] 1990 - 2390] m et à la stabilité de son habitat eau qui est dans la norme (Rasoanambinina, 2016) grâce au travail de restauration et des efforts de recherche faits depuis 2010. En outre, la tendance de croissance de *M.pauliani* fluctue entre 2011 et 2015 dont le pic est toujours pendant la saison sèche et froide (cf. VIF 2015), c'est-à-dire contraire au standard des amphibiens de Madagascar. L'explication pourrait être due à la capacité de charge du milieu à travers les facteurs densité dépendante (ex. compétition intra spécifique...) ou densité non dépendante (changement climatique globale, maladie...). Ce modèle de distribution saisonnière unique nécessite des études plus approfondies dans le futur.

2) Impact de la déforestation sur la quantité d'eau et les animaux pendant la saison de pluie 2016

Entre 2012 et 2016, suite à un feu de brousse incontrôlé en amont, la quantité d'eaux de surface a relativement baissé à Ankaratra (tableau 3). Les paramètres « largeur et profondeur » sont réduits, augmentant ainsi la vitesse d'écoulement d'eau à cause de l'érosion et vont favoriser les débits des crues (cf. tableau 3). Cette perturbation de l'habitat va entraîner la perte des individus en 2015 (de 1262 à 231, fig. 8)

3) Impact de la déforestation de 2009-10 et la restauration sur la qualité de l'eau et la distribution des individus

a) Animaux

M. pauliani adulte et juvénile préfèrent les milieux forestiers que savaniens pendant la période de reproduction par contre les têtards sont indifférents. En outre, il y a plus de têtards qu'adultes dans les milieux savaniens. Ceux-ci pourraient être expliqués par la bonne qualité physico-chimique des milieux savaniens Ambohimandrana vs Ambintsika (cf. tableau 4 et 5) car la productivité est élevée (Rakotoniaina, 2016 ; Raoelison-Malala, 2016) par rapport aux milieux forestiers qui sont plus menacés par la déforestation (Indice de pression, Ip savanien= 18-20 <Ip forêt= 29) (Rakotoniaina, 2016). En outre, 17 % des effectifs sont expliqués par la température et les 83 % restants pourraient être expliqués par les autres facteurs physico-chimiques résultant de la pression anthropique sur l'eau (cf. tableau 4 et 5). Dans l'état actuel de nos connaissances nous ne pourrons pas se prononcer de façon évidente, mais d'ores et déjà, l'enjeu majeur des amphibiens est l'équilibre « eau » (perte et gain) pour éviter le desséchement dont l'excrétion rénale joue un rôle très importante et délicate à travers les pompes à ions dans l'équilibre « milieu intérieur/extérieur ». Ainsi, toutes variations brusques de la composition chimique, minéralogique et de pH (cf. tableau 4 et 5) de son habitat ont un impact sur leur survie. Le bilan négatif en eau va entraîner la perte d'individu ou de population. Quoi qu'il en soit, la restauration réalisée en amont et la mise en place de pare-feux mitigent l'effet du défrichement annuel constaté à travers la qualité de l'eau qui est encore dans la norme entre 2012 et 2014 (cf. Rasoanambinina 2016) sauf pour Ambintsika.

b) Potabilité de l'eau

On peut dire que les paramètres physiques, les éléments normaux et indésirables des sources analysées sont inférieurs à la valeur indiquée dans la norme de potabilité (Rasoanambinina, 2016). De ce fait, les sources et les cours d'eaux dans le site d'Ankaratra ont de très bonne qualité physico-chimique en amont avec les efforts de restauration réalisée depuis 2010. Cependant ils sont un peu

troubles en aval (cf. Tableau 4-6), là où les activités anthropiques sont intenses (coupe illicite, charbons...).

- **Paramètres physiques**

Les paramètres physiques de l'eau sont encore de bonne qualité et les valeurs sont faibles par rapport aux normes directives de l'analyse des eaux (Tableau 4, et Rasoanambinina, 2016). Les turbidités des cours d'eau sont très faibles ($NTU < 5$). Le pH reste neutre (6,5-9), sauf pour le Lac froid et Ambitsika (5,84-5,98) et à la limite de la norme (Rasoanambinina, 2016). La conductivité se trouve largement inférieure à la norme ($< 3000 \mu S.cm^{-1}$) indiquant qu'il y une faible concentration d'ions. Ceux-ci sont obtenus grâce aux activités de restauration initiés depuis 2010 à Ankaratra (cf. VIF, 2015).

- **Paramètres éléments normaux**

La comparaison entre 2012-2016 a montré une diminution de la teneur de chaque élément. Celle-ci résulte du défrichement continu en amont et les feux de brousse après la cessation de financement en 2016. Par exemple, les taux calcique et magnésium ont diminué de 50% à 100 %, le chlorure a chuté de 20% à 50% (Rasoanambinina, 2016).

- **Aspects des éléments indésirables dans l'eau**

Les éléments indésirables se trouvent dans le minimum de la norme directive (Rasoanambinina, 2016). Ces éléments étaient dans les plus faibles teneurs durant l'année 2012. Il n'y avait pas de risque pour la santé humaine et la biodiversité existante dans la NAP. Pendant la pluie, ces éléments ne sont plus filtrés par les arbres. C'est pourquoi, on assiste à une augmentation de l'azote (40% de taux d'ammonium, 30% de nitrate et 25% de nitrite) par rapport à l'année 2012.

- **Eléments microbiologiques**

Les cours d'eau en aval sont saturés en germes bactériens par rapport à ceux en amont (tableau 7) à cause des fortes activités humaines et des besoins urinaires et fécaux intenses.

4) Activités générées par la conservation de *Mantidactylus pauliani*

En parallèle avec les activités de conservation du site, des activités améliorant les moyens de subsistance de la population locale ont été aussi développés en aval particulièrement la pisciculture et la rizipisciculture, mettant en évidence les relations conservation/service eau/moyens de subsistance. Actuellement, les paysans d'Ankaratra s'associent et approvisionnent les marchés environnants en poisson. En outre, les sociétés NBM et JIRAMA continuent à bénéficier l'eau en abondance prenant comme source l'habitat de *M. pauliani* dans les étages supérieurs, comme Ambohimandrana et Tavolotara.

Conclusion

Le projet de conservation entamé à Ankaratra surtout dans les noyaux dures où se trouvent la grenouille *M. pauliani* depuis 2011 a permis de garder la qualité physico-chimique de l'eau dans la norme de potabilité au profit de la sécurisation du service eau indispensable à la survie des communautés locales à travers l'eau potable, le développement de pisciculture et rizipisciculture et les sociétés en aval qui tirent profit de ces sources d'eau comme la Jirama et la NBM (fabricant de bière) donc l'économie régionale et nationale. La fluctuation d'abondance, de haut et bas, de *M. pauliani* joue ainsi un rôle d'indicateur à cette qualité car c'est une espèce strictement aquatique et sténoète dont leur viabilité dépend de la stabilité physico-chimique du milieu eau.

Les conservations de la grenouille et de son habitat contribuent ainsi à la sécurisation du service eau et en concomitante assurant le bien-être de la communauté locale et régionale c'est-à-dire le développement durable de la région.

Références bibliographiques

1. Carret P., Rabarison H., Rabibisoa N., Andriamananjara S., Andriamboavonjy E., Ramarojaona P. et al. (2014). *Profil d'écosystème hotspot de Madagascar et des îles de l'océan indien*. Conservation International, CEPF.
2. Chalmers N, Parker P. et McConway K. (1986). Fieldwork and statsistics for Ecological Projects. Crothers J. Eds. Field Studies Council, ser. n° 9. Open University, Preston Montford. 59 p.
3. Guibé, 1974 : *Batrachiens nouveaux de Madagascar*. Bulletin du MNHN, sér. 3, Zoologie, vol. 171, p. 1169-11
4. Jaeger, G. R. 1994. Transect Sampling. In *Measuring and Monitoring Biological Diversity : Standard Methods for Amphibians*, eds. W. R. Heyer, M. A. Donnelly, R. W. MacDiarmid, L. C. Hayek et M. S. Foster, pp. 103-107. Smithsonian Institution, Washington.
5. Neugarten RA, HonzaÅk M, Carret P, Koenig K, Andriamaro L, Cano CA, et al. (2016). Rapid Assessment of Ecosystem Service Co-Benefits of Biodiversity Priority Areas in Madagascar. PLoS ONE 11(12): e016857. doi:10.1371/journal.pone.0168575.
6. Rabemananjara, F. C. E., Randriambahiniarime, M., Randrianirina, J. et Randriantsoa, J. (2010). Evaluation rapide des populations des deux espèces en Danger Critique d'extinction *Boophiswilliamsi* et

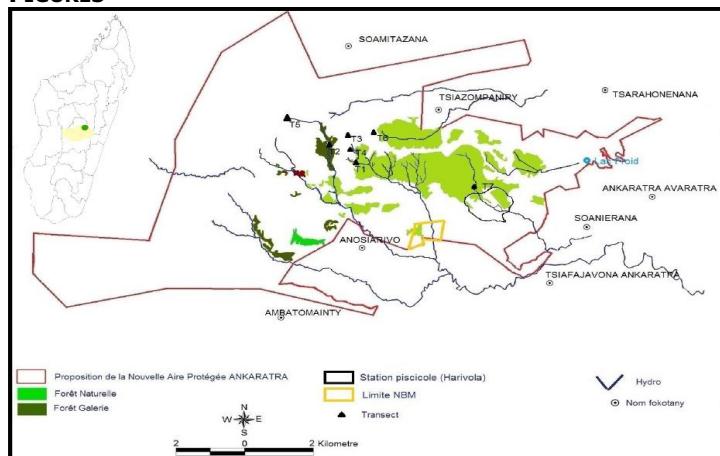
1. Mantidactylus paulianidu Massif de l'Ankaratra. Rapport N°55339, Conservation International, Antananarivo. 32 p.
2. Rabibisoa N. H., Mirana A., Randrianantenaina M., Randrianalison B. et Fulgence T. (2012). *La biodiversité d'Ankaratra.* 84 p.
3. Raoelison-Malala J. (2016). *Nouvelles données bioécologique et abondance de la population de Mantidactylus pauliani pendant la période de reproduction.* Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de MASTER en Sciences de la Vie et de l'Environnement. FSTE, Université de Mahajanga. 36 p.
4. Rakotoniaina J. D. (2016). *Morphométrie, abondance et écologie de Mantidactylus pauliani.* Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de MASTER en Sciences de la Vie et de l'Environnement. 72 p.
5. Rakotonoloy S. A. X (2012). *Biologie et écologie de deux espèces d'Amphibiens Boophis williamsi (Guibé, 1974) et Mantidactylus pauliani Guibé, 1974 critiquement en danger du Massif de l'Ankaratra.* Mémoire de DEA, Université d'Antananarivo, Antananarivo. 75 p
6. Rasoanambinina, 2016. *Impact de la déforestation sur la quantité et la qualité de l'eau dans la Nouvelle Aire Protégée d'Ankaratra.* Mémoire de Master II d'Ingénierie en Sciences et Techniques de l'Eau. Mention Chimie Organique. Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo. 65 p..
7. IUCN SSC Amphibian Specialist Group. (2016). *Mantidactylus pauliani.* The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T57509A84175039. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T57509A84175039.en>. Downloaded on 07 June 2017.
8. VIF, 2015. Creation of Ankaratra Protected Area Madagascar. Final report. Amphibian Survival Alliance, Global wildlife Conservation. Antananarivo. Madagascar. 43 p.

Remerciements

Cette recherche n'a été réalisée sans les permis de recherches octroyés par la Direction Générale des Forêts. Nous remercions respectivement Global Wildlife Conservation ; Mac Arthur Foundation et les Groupe des Spécialistes des Amphibiens de Madagascar pour les appuis financiers et techniques dans la réalisation de ce travail, l'association VIF pour les appuis logistiques, la JIRAMA pour les analyses physico-chimiques de l'eau en 2012, l'Institut Pasteur de Madagascar pour les analyses en 2016 ainsi que les guides et les assistants de terrains d'Ankaratra spécialement Ingahy Fara.

TABLEAUX ET FIGURES

FIGURES



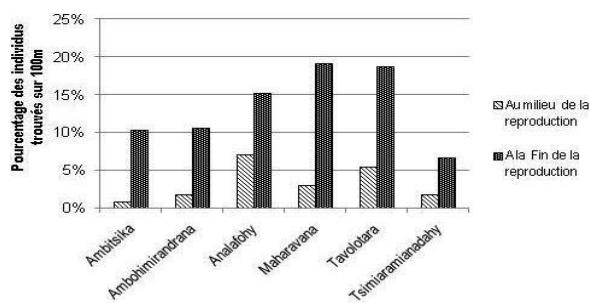


FIGURE 3. DENSITE LINEAIRE DES INDIVIDUS DANS LES DEUX PHASES DE LA PERIODE DE REPRODUCTION

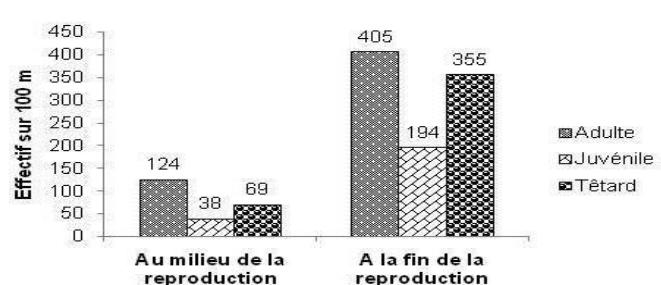


FIGURE 4. EFFECTIF PAR STADE DE DEVELOPPEMENT PENDANT LA PERIODE DE REPRODUCTION

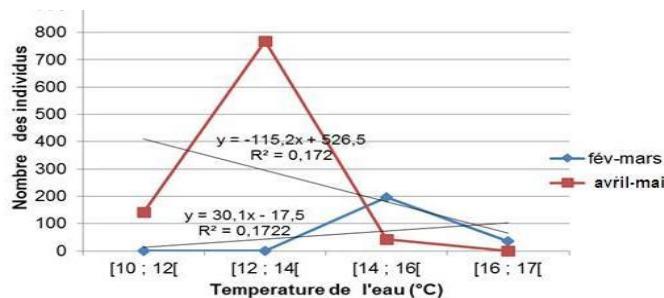


Figure 5. Corrélation entre température et distribution des individus

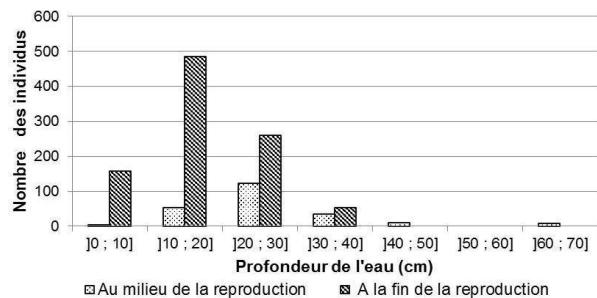
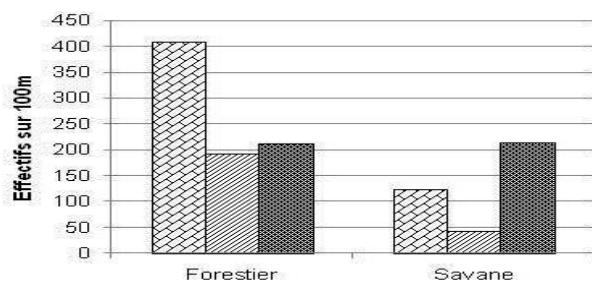


Figure 6. Relation distribution verticale des individus et profondeur



TABLEAUX

Tableau 1. Sites d'étude et transects

Transect	Altitudes (m)	Habitat	Longueur (m)	Coordonnées géographiques

T1 : Tavolotara	1993-2010	Foret ± intacte	100	19°20'45.1" S/47°16'44.7"E
T2 : Maharavana	2100	Foret ± intacte	100	19°20'27.2" S/47°16'05.1"E
T3 : Ambohimirandrana	2244-2303	Savane arbustive	170	19°20'23.6" S/47°16'24.8"E
T4 : Analafohy	2126-2137	Foret dégradée	100	19°20'41.7" S/47°16'29.9"E
T5 : Tsimiaranadianahy	2381-2390	Savane herbeuse	100	19°20'00.1" S/47°15'45.2"E
T6 : Ambitsika	2201	Savane arbustive très dégradée	100	19°20'07.6" S/47°16'53.9"E
T7 : Ambatomalama	1773	Foret ± intacte	100	19°21'12.4" S/47°18'40.6"E
T8 : Lac Froid	1605	Milieu ouvert, perturbé		19°21'47.0" S/47°19'21.0"E

Tableau 2. Effectif de *Mantidactylus pauliani* recensé par site pendant la saison de reproduction 2015. Site1 : Tavolotara ; Site 2 : Maharavana ; Site 3 : Ambohimirandrana ; Sites 4 : Analafohy ; Site 5 : Tsimiaranadianahy ; Site 6 : Ambitsika

Sites Périodes	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5	Site 6	Total
Milieu de la période de reproduction	64	34	20	83	21	9	231
Fin de la période de reproduction	222	226	125	180	79	122	954

Tableau 3. Débit et vitesse de l'eau en 2012 et 2016

Site	Débit2012 (m ³ .s ⁻¹)	Débit2016 (m ³ .s ⁻¹)	Vitesse 2012 (m/s ⁻¹)	Vitesse 2016 (m/s ⁻¹)
Ambohimirandrana (milieu savanien)	0,029-0,045	0,027-0,028	0,52-0,54	0,56-0,61
Tavolotara (milieu forestier des étages supérieurs)	0,122-0,161	0,117-0,124	0,41	0,45-0,49
Ambitsika (milieu très dégradé)	0,180-0,205	0,151-0,159	0,51-0,54	0,68-0,70
Ambatomalama (milieu forestier des étages inférieurs)	0,535	0,607	0,57	0,62

Tableau 4. Paramètres physiques en 2012 et 2016

Site	Turbidité 2012/2016 (NTU)	pH 2012/2016	Conductivité (µS/cm) 2012/2016	Température (°C) 2012/2016
Ambohimirandrana	0,02-0,05/0,08-0,10	7,02-7,74/6,74-6,87	25,45-26,24/21,3-21,7	19,8-20,1/22,3-22,8
Tavolotara	0,04-0,07/0,12-0,15	7,87-7,96/6,72-6,91	27,75-28,66/21,4-21,9	19,5-19,6/21,6-22,3
Ambitsika	0,13-0,15/1,30-1,37	7,58-7,63/5,84-5,98	24,47-25,70/15,73-16,5	19,7-20,2/23-23,2
Ambatomalama	0,07/1,31	7,97/6,82	26,41/20,81	20,2/21,8
Lac froid	1,84/3,36	7,45/5,94	24,34/15,82	20,6/23,5

Tableau 5. Paramètres normaux (mg.l⁻¹) en 2012 et 2016

Site	Ca	SO ₄ ²⁻	Cl	Mg
Ambohimirandrana	13,2-13,8/8,2-8,5	20-21/19-21	5,5-5,7/2,5-2,7	17-18/10-11
Tavolotara	12-12,5/9,3-10,9	16-17/18-20	4-4,6/2-2,8	18-20/10-15
Ambitsika	10,4-11/2,7-3,8	13-15/5-6	4,8-5,7/0-0,3	14-15/3-5
Ambatomalama	10,9/8,9	16/11	4,2/1,2	20/7
Lac Froid	11,3/4,3	18/8	4,5/0,5	16/5

Tableau 6. Paramètres indésirables en période de crue (mg.l⁻¹) en 2012 et 2016

Site	NH4 ⁺	Al	NO ₄	NO ₃	F	Fe	Cu	P	Mn	Zn
Ambohimirandrana	0,02-0,04/0,26-0,5	0/0,06-0,07	0/0,02-0,06	0/0	0,1-0,12/0,2-0,4	0/0-0,16	0/0	0/0,13-0,17	/0	0/0
Tavolotara	0,03-0,04/0,26-0,28	0,01/0,04-0,05	0/0,05-0,07	0/0	0,08-0,11/0-0,2	0/0	0/0	0/0,08-0,1	/0	0/0
Ambitsika	0,05-0,09/0,37-0,52	0,01/0,1-0,12	0/0,1-0,14	0/0,01	0,17-0,21/0,7-0,8	0,05/0,25-0,26	0,02-0,03/0,03-0,04	0,005/0,72-1,02	/0,01-0,02	0,11-0,15/0,4-0,5
Lac Froid	0,03/0,35	0,01/0,13	0/0,12	0,02/0,01	0,16/0,7	0,05/0,15	0,05/0,19	0,005/0,37	/0,01	0,05/0,1
Ambatomalama	0,07/0,29	0,01/0,06	0/0,05	0/0,01	0,06/0,3	0/0,2	0,02/0,06	0/0,19	/0	0/0

Tableau 7. Eléments microbiologiques en 2016 (l/100 mg)

Site	Altitude (m)	Coliformes totaux	E. coli	ASR	Entérocoques
Ambohimirandrana	2244-2303	7-10	1-5	4-7	7-11
Tavolotara	1993-2010	17-24	1-3	1-3	36-56
Ambitsika	2201-2202	23-26	6-15	13-15	4-34
Lac froid	1605 m	32	21	31	39
Ambatomalama	1773-1774	18	4	5	1

16. Perception paysanne de la relation entre défrichement forestier et perturbations agro-écologiques et climatiques dans les Communes Rurales d'Ambodiriana et de Sahambala - Toamasina II - Madagascar

RAKOTONIRINA Arsène Giovanni¹ et RAKOTOMAVO Andriamparany²

¹Doctorant à l'ISSEDD : Institut Supérieur de Sciences, Environnement et Développement Durable – Université Toamasina

²Maître de Conférences à l'ISSEDD- Université de Toamasina. andri.savaivo@blueline.mg

Résumé

L'Est malgache, à l'instar des deux Communes Rurales d'Ambodirina et de Sahambala – District de Toamasina II, enregistre annuellement une perte en superficie forestière pouvant aller jusqu'à 7%, selon les zones et les types de forêt. Il est pourtant admis que le changement de l'affectation des sols constitue l'une des causes essentielles du changement global qui se fait sentir actuellement. Le présent article a pour objet de cerner l'impact du défrichement forestier sur l'agro-écologie et le climat dans les deux Communes de Toamasina II. Il a pour objectif d'analyser les liens entre la perte en biodiversité et les changements globaux vécus par les paysans. L'étude part de l'hypothèse selon laquelle les perturbations agro-climatiques et agro-écologiques seraient liées au défrichement forestier. Des interviews semi-structurées (focus groups et ateliers villageois), couplées avec l'inventaire des ressources naturelles via transect et Système d'Information Géographique, ont été effectuées pour rassembler les données de base indispensables à la connaissance de la biodiversité floristico-forestière et agro-socio-économique des deux Communes. Le dépouillement et l'analyse statistique des données climatiques et agronomiques sur plus de 30 années d'observation ont permis de faire des recoupements au niveau des constats paysans. Les tests statistiques effectués ont permis de corrélérer et inter-relier les données scientifiques et paysannes ainsi collectées. La tendance climatique établie par les scientifiques pour l'Est malgache, en termes de précipitations, rime avec les constats paysans. En effet, l'analyse comparative du coefficient pluviométrique pour 1960-1990 et 2000-2013 montre la diminution des pluies dans la zone. Les activités de défrichement forestier annuel de 1 à 7 ha / adulte signalés par les paysans semblent corrélérer statistiquement avec les perturbations thermiques enregistrées durant ces dix dernières années. La montée de la température jusqu'à 35°C en début d'année, couplée avec la perte en biodiversité au niveau des lots de forêt défrichés, a eu des répercussions négatives sur l'agriculture. Les formations secondaires (savoka et broussailles) ainsi obtenues sont non seulement un habitat préféré de la faune sauvage, mais elles sont aussi exploitées localement pour des fins agricoles. Or, les perceptions paysannes font état d'une dégradation progressive des rendements agricoles, non seulement au fur et à mesure que les ligneuses disparaissent, mais aussi en fonction de la montée des températures et du dessèchement du climat de ces derniers temps. Compte tenu des tendances statistiques obtenues d'une part, et en se basant sur les corrélations relatives entre les dires paysans et les phénomènes liés au défrichement forestier, il est clair que la biodiversité joue en rôle prépondérant dans le développement durable des Communes étudiées. Selon la perception paysanne, sa dégradation a un triple impact inter-relié : perturbation du climat, dégradation du système agro-écologique et perturbation de la santé publique.

Mots clés : biodiversité, changement climatique, défrichement forestier, perception paysanne, Toamasina II

Introduction

Le changement climatique et ses effets sur la biodiversité et les modes de vie de la population humaine font partie des grandes préoccupations mondiales actuelles. Selon Cook (20015), la déforestation en Inde a provoqué une modification de la propreté hygrométrique de la mousson, entraînant une diminution de la pluviométrie de l'ordre de 30 %. Toujours cet auteur, plus il y a des surfaces forestières défrichées, plus il y a augmentation de l'albédo du sol, faisant ainsi diminuer le régime des précipitations. La déforestation en Amérique Latine aurait participé à la diminution de 10 à 20 % des précipitations dans la région ; la sécheresse qui en découle aurait contribué à la disparition de la civilisation Maya. En effet, la forêt amazonienne, rejette à elle seule près de 8 milliards de tonnes de vapeur d'eau par an dans l'atmosphère, impactant le climat des zones périphériques telles que le Mexique, le Texas, voire celui des Balkans (Cook, 2005). Ces liens entre l'état de la végétation et le climat sont-ils évidents pour Madagascar où les défrichements forestiers annuels ne sont plus à démontrer ?

Dans la Région Atsinanana – Madagascar, où les terres agricoles représentent moins de 10 % de sa superficie totale, la couverture végétale est sujette aux feux et aux *tavy* (culture dur brûlis) annuellement. Pour le cas des deux Communes Rurales d'Ambodiriana et de Sahambala, un taux de

déforestation annuel record de l'ordre de 6,6% a été enregistré au cours de ces 15 dernières années. Avec une perte en superficie forestière de 512 ha entre 2000 et 2015, on se demande s'il n'y a pas de liens entre les défrichements forestiers annuels, les perturbations agroécologiques et de certains paramètres climatiques, tels que les précipitations et la température. En outre, la diminution progressive des rendements agricoles, accompagnée d'une perte en biodiversité dans la zone et des perturbations climatiques de ces derniers temps, auraient poussé les paysans des deux Communes à avancer une hypothèse selon laquelle il existerait des liens entre la dégradation de la forêt, l'agriculture et le climat. Aussi, les questions de recherche qui en découlent se résument en trois points : (i) Le phénomène décrit par Cook (2005) sur la perturbation climatique liée à une perte forestière est-il valable pour Ambodiriana et Sahambala ? (ii) Quel est l'avis paysan quant aux liens entre défrichement forestier, perturbations agroécologiques et climatiques ? (iii) La perception paysanne y afférente rime-t-elle avec les constats scientifiques ?

Ayant pour objet de cerner l'impact du défrichement forestier sur l'agroécologie et le climat, le présent article a un double objectif de connaître, d'une part, l'avis paysan sur les liens entre la perte de surface forestière et les perturbations agroécologique et climatique ; il essaie, en outre, d'établir les éventuels liens scientifiques entre le défrichement forestier et le climat.

Matériels et méthodes

La zone d'étude

La zone d'étude concerne deux Communes Rurales : celle d'Ambodiriana et celle de Sahambala, lesquelles appartiennent à la Région Atsinanana – District de Toamasina II – Madagascar (figure 1), où tombent annuellement près de 2'000 mm de pluies. Près de 10% de son territoire forestier font l'objet de tavy, et ce, avec un rythme de défrichement de l'ordre de 34 ha/an. Du point de vue biodiversité, elle renferme 63 familles de plantes ligneuses dont trois endémiques PHYSENACEA (*Physena madagascariensis*), SARCOLAENACEAE (*Eremolaena humblotiana*) et SPHAEROSEPALACEAE (*Rhopalocarpus sp.*). Outre, les espèces endémiques locales telles que *Canarium betamponae* (BURSERACEAE), des Orchidées typiques comme *Grammangis ellisii* (Bosser et al., 2011) y sont menacées suite aux activités de défrichement pratiquées par les agriculteurs.

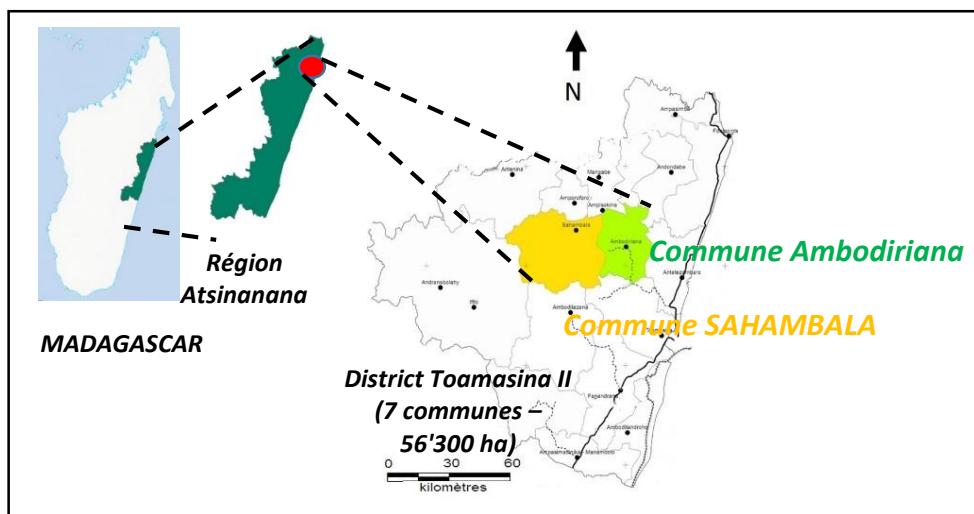


Figure 1 : Localisation de la zone d'études

Outils de collecte et d'analyse des données

Les données relatives à la perception paysanne ont été obtenues, à partir des outils de collecte suivants :

- *Focus Groups* réalisés auprès de divers acteurs issus de différentes catégories socio-professionnelles, dont notamment des agriculteurs
- Enquêtes formelles auprès de 107 personnes âgées de 12 à 70 ans, avec un taux d'échantillonnage de 25% par rapport à la population statistique étudiée

Quant aux traitement et analyse des données, les moyens suivants ont été utilisés :

- L'outil AFC⁴ sur ADE4 – PRO⁵ pour les données écologiques relatives aux résultats des inventaires floristiques, lesquels ont été obtenus à partir des transects linéaires de 50 m subdivisés en des placeaux de 10 m x 10m.
- La compilation et l'analyse statistiques des CPM (Coefficient Pluviométrique Mensuel) de 1960 à 2016 pour les précipitations, selon la formule :

$$CPM = \text{Hauteur de pluie mensuelle} \times 12 / \text{Hauteur de pluie annuelle}, \text{ avec :}$$

Saison pluvieuse si CPM > 1 ; Saison moins pluvieuse si CPM < 1 (Rakotozafy, 2009)

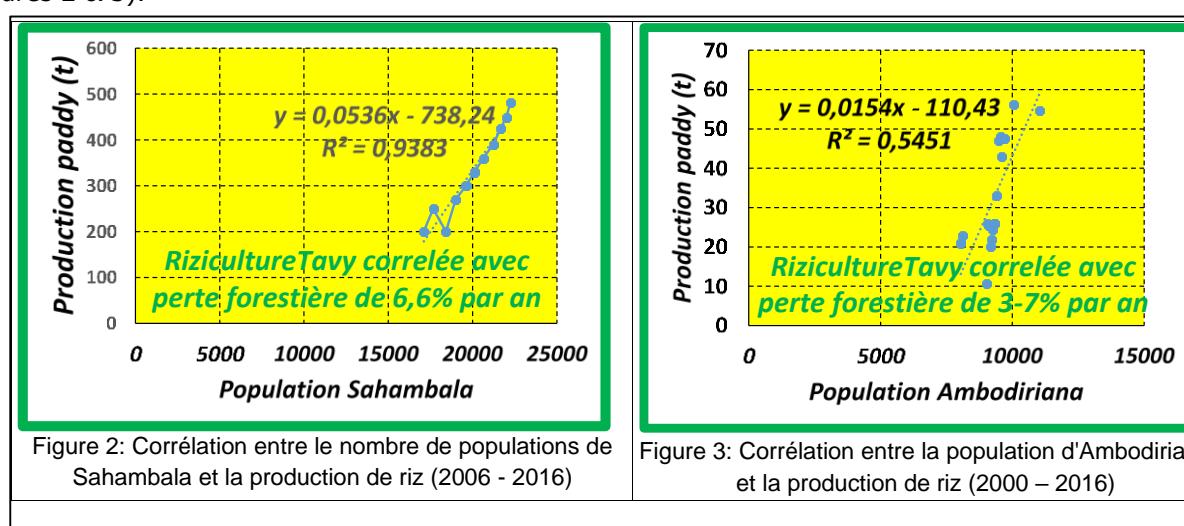
Des corrélations statistiques ont été vérifiées à l'aide des coefficients de détermination R², pour vérifier les liens entre les paramètres ci-après :

- Perte en superficie forestière via production rizicole (*tavy*) et effectif de population communale
- Précipitations (hauteur de pluies et CPM) et défrichement forestier

Le traitement et la comparaison des images satellitaires Landsat ont permis de mettre en évidence les surfaces incendiées pour les années 2011, 2012 et 2015.

Résultats et discussions

71% des ménages enquêtés défrichent annuellement 3 ha de forêt pour des fins agricoles dont la culture de riz sur brûlis (HERIMAMPIANINA, 2014). Ce défrichement est accompagné d'une perte forestière de l'ordre de 34 ha/an pour l'ensemble des deux Communes de Sahambala et d'Ambodiriana (figures 2 & 3).



L'analyse de la quantité de pluies recueillies au cours des deux périodes 1960-1989 et 1990-2016 confirme la diminution des précipitations et l'assèchement du climat, phénomènes constatés par les paysans. Les pertes forestières des 15 dernières années semblent corrélées avec une diminution des précipitations de 4% entre 1990 et 2016 (CPM<1) dans la zone (tableau 1) et une augmentation de la production de girofle de 400% entre 2006 et 2016 (figure 3). Autrement dit, l'accroissement des activités agricoles, accompagné d'un défrichement forestier et d'un accroissement démographique annuel assez conséquent de plus de 3,8% (CREAM, 2013 ; INSTAT-ENSMOND, 2013 ; ASCONIT-PARETO, 2011 ; ANDRIAMBOLATIANA et al., 2013 et USAID, 2016), rime avec une diminution significative des pluies, notamment pour les mois de juillet-août et novembre-décembre. S'agissant d'une tendance climatique déjà signalée par ASCONIT (2008), cette diminution de la quantité de pluies sur la Côte Est malgache ne serait pas uniquement liée aux défrichements forestiers de Sahambala et d'Ambodiriana ; elle résulterait d'une combinaison de paramètres globaux qui interagissent à une échelle spatio-temporelle assez large.

⁴ Analyse Factorielle des Correspondances

⁵ Analyse des Données Écologiques, méthode Exploratrice et Euclidienne appliquée en Sciences de l'Environnement

Tableau 1 : Evolution du CPM pour 1960 - 1989 et 1990 - 2016 (Toamasina)

Période	JANV	FÉVR	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOÛT	SEPT	OCT	NOV	DÉC
Pluies (mm) 1960 – 1989	419,02	374,66	482,12	314,34	230,33	258,43	288,75	217,65	124,19	130,32	169,51	346,28
Pluies (mm) 1990 – 2016	413,44	471,37	439,85	309,00	269,61	259,52	271,22	182,95	125,46	129,87	116,96	259,61
CPM 1960 – 1989	1,50	1,34	1,72	1,12	0,82	0,92	1,03	0,78	0,44	0,47	0,61	1,24
CPM 1990 – 2016	1,53	1,74	1,62	1,14	1,00	0,96	1,00	0,68	0,46	0,48	0,43	0,96

Les formes de perturbation climatique ci-après ont été enregistrées en janvier 2009 et en février 2013 : température moyenne de 30-35°C ; humidité moyenne de l'air de l'ordre de 85 à 95%. Ce phénomène a eu des répercussions négatives sur la production de girofle (figure 4), aussi bien selon les dires paysans, que, d'après les chiffres fournis par le Ministère de l'Agriculture (2016). Comme les girofliers ont besoin d'une fourchette de température de 22 à 28°C et d'une précipitation allant jusqu'à 3'300 mm/an, des fluctuations au niveau de la production ont eu lieu, malgré une hausse globale liée aux nouveaux terrains défrichés.

Figure 4 : Production de girofle - Sahambala 2006 - 2016

Les figures 5 & 6 montrent les points de feu observés au niveau des 2 Communes pour la période 2001 - 2015. La biodiversité de la zone en est victime / menacée suite à la disparition de la couverture forestière ; les niches écologiques des animaux sauvages tels que Reptiles, Batraciens et Mammifères étant perturbées. Plus de 87% des paysans affirment qu'en défrichant 1 ha de forêt, au moins 5 individus de Reptile, 0 à 2 individus de Batraciens et 0 à 1 Mammifère sont soit incendiés sur place, soit en fuite pour trouver refuge.

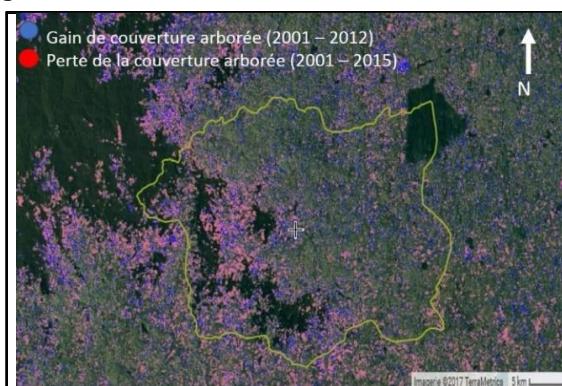
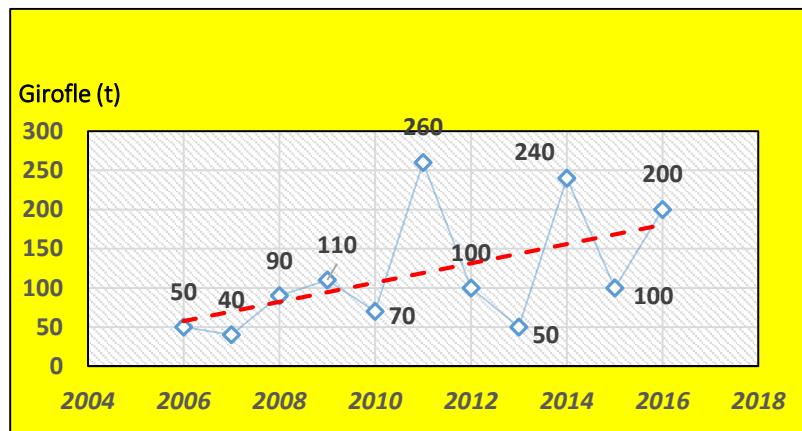


Figure 5 : Surface brûlée à Sahambala (2001 – 2015)



Figure 6 : Surface brûlée à Ambodiriana (2001 – 2015)

Conclusion

Plus de 80% des paysans enquêtés confirment avoir perçu l'existence de liens entre la diminution de la couverture forestière et les perturbations agroécologique et climatique de ces 15-20 dernières années. Les constats scientifiques en la matière riment avec cette perception paysanne, malgré le fait qu'un tel constat ne fait que confirmer les tendances globales en matière de changement climatique sur la Côte Est malgache. Quoi qu'il en soit, cette adéquation entre les constats scientifiques et l'avis paysan :

- Faciliterait les travaux d'Information-Education-Communication (IEC) qu'on devrait mener en matière de Changement Climatique et lutte contre la déforestation auprès des agriculteurs / éleveurs

- Confirme l'importance de l'avis paysan dans toute démarche de conservation et de développement
- L'utilité de la Recherche-Action lors de l'identification et de la vulgarisation des techniques agricoles adaptées aux effets du changement climatique

Références bibliographiques

- ANDRIAMBOLATIANA, S. et RANDRIAMAMPIANINA, M.. 2013. Changelent climatique : politique et perspectives à Madagascar. Rapport d'études. FES. 30p.
- ASCONIT & PARETO, 2011. Etude de vulnérabilité aux changements climatiques, évaluation qualitative, mars 2011, Madagascar. Rapport d'études. ACCLIMATE, COI, FFEM, Ambassade de France à Madagascar, Région Réunion. 83p.
- BOSSER, J. & LECOUFLE, M., 2011. Les orchidées de Madagascar. Orchids of Madagascar. Éditions Biotope, Mèze. 496p.
- COOK, 2005 in Étude de Cook avec la NASA en 2005 par Goddard Institute for Space Studies GISS et l'Université de Columbia Lamont Doherty Earth Observatory de New York Ville (<http://envol-vert.org/forets-services/2012/09/la-foret-les-pluies/>)
- CREAM, 2013. Monographie Région Atsinanana. Région Atsinanana, février 2013.
- HERIMAMPIANINA, L.M.J.D., 2014. Analyse des pourquoi de la non-adoption du système de riziculture Intensif dans la partie Nord de Toamasina. Mémoire de Licence. Institut Supérieur de Sciences, Environnement et Développement Durable – Université de Toamasina. 61p.
- INSTAT-ENSMOND, 2013. Caractéristiques socio-démographiques de la population, Enquête Nationale sur le Suivi des Indicateurs des Objectifs du Millénaire pour le Développement (ENSMOND), Madagascar 2012-2013
- RAKOTONDRAZAFY, A.R., 2009. Contribution à l'étude de la réduction des émissions de carbone du secteur touristique, le cas de la Commune Rurale d'Andasibe dans la Région Alaotra Mangoro. Mémoire de Master II, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines Département Géographie. Université d'Antananarivo. 164p.
- USAID, 2016. Profil du risque de changement climatique, Madagascar, Fiche documentaire. USAID. 5p.

17. Commerce légal abusif des espèces de Chamaeleonidae, de Gekkonidae et de Mantellidae, une véritable perte biologique et économique pour Madagascar

Tsibara MBOHOAHY,

Centre Universitaire Régional de l'Androy, Ambovombe Androy, Université de Toliara,

Résumé

Madagascar abrite environ 370 espèces de reptiles avec un taux d'endémisme plus de 95% et 235 espèces d'Amphibiens avec un taux d'endémisme 99%. Ces deux groupes de vertébrés font l'objet d'exportation légale et illicite. Le volume de l'exportation légale dépasse quelques fois le quota, ce qui menace la biodiversité et l'économie nationale. Pour évaluer l'ampleur de la menace due au commerce légal abusif des espèces de Chamaeleonidae, Gekkonidae et Mantellidae, une recherche basée sur l'exploitation de base des données de WCMC depuis 2000 au 2013 est faite. Cette base des données enregistre l'exploitation commerciale légale des différentes familles de la faune et flore sauvage du monde entier. Les résultats montrent que 26 espèces dont sept Chamaeleonidae appartenant aux deux genres tous endémiques : *Brookesia* et *Furcifer* et huit espèces de Gekkonidae, appartenant aux quatre genres : *Phelsuma*, *Uroplatus* et 11 espèces de Mantellidae du genre *Mantella* sont commercialisées légalement. L'analyse comparative de volume de l'exportation enregistré par rapport au quota fixé a permis de trouver que des espèces du genre *Brookesia*, *Furcifer*, *Mantella* et *Phelsuma* sont menacées d'un commerce légal abusif. Si la grande île a autorisé l'exportation de 162 144 individus de 11 espèces de ces genres, Madagascar a exporté 188 241 individus. 26 097 individus sont exportés hors quota. Les exploitants exportent une quantité significativement supérieure de la quantité fixée dans le quota annuel. Cette différence pourrait être due à l'insuffisance de contrôle et suivi minutieux de la conformité de volume exporté avant l'octroi d'une prochaine autorisation ou à la corruption. Ainsi, pour assurer la viabilité et la valorisation durable des espèces cibles d'exportation légale, il faudrait (i) intensifier le contrôle de base de données d'exportation avant l'octroi d'une

autorisation ou de permis d'exportation ; (ii) évaluer la taille de population des espèces cibles d'exportation dans l'habitat naturel ; (iii) appliquer effectivement les lois relatives aux actions frauduleuses et/ou à la corruption.

Mots-clés : WCMC, Commerce, abusive, Chamaeleonidae, Gekkonidae, Mantellidae

Introduction

Madagascar abrite les 2% de la biodiversité du globe (Les amis de la terre, 2012). Plusieurs espèces animales et végétales ne s'y trouvent nulles part ailleurs ce qui la classe parmi les pays «de mégadiversité» et parmi les pays prioritaire en conservation.

Parmi les vertébrés, les reptiles et les amphibiens ont une diversité importante. Madagascar abrite plus de 363 espèces, ce qui représente environ 4% de la population reptilienne mondiale (Uetz, 2015), avec le taux d'endémisme plus de 92%. Les amphibiens de la grande île comptent 238 espèces, avec le taux d'endémisme 99% (Andreone *et al.*, 2008). Ce taux rend leur conservation préoccupante (Vieites *et al.*, 2009). Par leur importance socioéconomique mondiale, Madagascar exporte légalement et illicitement d'importante quantité d'espèces de reptiles et d'amphibiens. Le volume de l'exportation légale dépasse quelques fois le quota ce qui menace la biodiversité et l'économie nationale.

Ainsi, cette recherche a pour objectif principal d'évaluer l'ampleur des pertes biologiques et économique dues au commerce légal. Une question se pose : « *Est ce que le commerce légal abusif des espèces appartenant à la famille de Chamaeleonidae, Gekkonidae et Mantellidae de Madagascar constitue-t-il une véritable perte biologique et économique de la nation ?* ». Pour répondre à cette question, on a avancé la condition de vérification suivante : « *si le taux d'exportation abusive est supérieur à 10% du quota, l'hypothèse est vérifiée, dans le cas contraire, l'hypothèse est refusée* ».

De ce fait, on a focalisé la recherche sur l'exploitation de base des données de wcmc depuis 2000 au 2013 en comparant le volume annuel d'exportation des espèces appartenant à ces trois familles enregistré par rapport au quota fixé. Des recommandations seront avancées pour assurer la viabilité et la valorisation commerciale durable des reptiles et amphibiens de Madagascar.

Méthode et analyse utilisées

La recherche sur la valorisation commerciale des espèces de Chamaeleonidae, Gekkonidae et Mantellidae de Madagascar se base sur la documentation des travaux effectués antérieurs. Une analyse de volume d'exportation légale enregistrée dans la base des données de wcmc pendant une dizaine d'année (2000 au 2013) est faite. L'analyse se focalise sur la comparaison des volumes d'exportation annuelle enregistrée au quota fixé.

Résultats

Espèces commercialisées légalement

Madagascar a exporté 26 espèces des reptiles et amphibiens. Elles appartiennent à la famille de Chamaeleonidae, Gekkonidae et Mantellidae. Il s'agit de sept espèces de deux genres de Chamaeleonidae : *Brookesia* (*Brookesia minima*, *B. perarmata*, *B. stumpffi*) et *Furcifer* (*Furcifer lateralis*, *F. oustaleti*, *F. pardalis*, *F. verrucosus*) ; huit espèces de quatre genres de Gekkonidae : *Phelsuma* (*Phelsuma laticauda*, *P. lineata*, *P. madagascariensis*, *P. quadriocellata*), *Uroplatus* (*Uroplatus ebenaui*, *U. lineatus*, *U. phantasticus*, *U. sikorae*) et onze espèces de Mantellidae : *Mantella* (*Mantella baroni*, *M. aurantiaca*, *M. betsileo*, *M. crocea*, *M. expectata*, *M. laevigata*, *M. madagascariensis*, *M. milotympanum*, *M. nigricans*, *M. pulchra*, *M. viridis*).

Volume d'exportation enregistrée dans la base des données de WCMC

Pour les 26 espèces de reptiles commercialisées, Madagascar a exporté 383 312 individus de Chamaeleonidae, Gekkonidae et Mantellidae. Elles sont composées à la fois des espèces avec quota et celles sans quota.

Parmi les 383 312 individus exporté légalement, 6 227 individus (2%) sont *Brookesia* ; 37 846 individus (10%) sont *Uroplatus* ; 85 413 individus (22%) sont *Furcifer* ; 121 773 individus (32%) sont *Phelsuma* ; et 132 053 individus (34%) sont *Mantella*. Les deux espèces de *Brookesia* (*B. perarmata* et *B. minima*) sont inscrites dans l'annexe I de la CITES : c'est-à-dire espèces strictement protégées (à zéro quota). Ces chiffres montrent que les espèces du genre *Mantella*, *Phelsuma* et *Furcifer* sont plus recommandées au marché international par leur vive couleur très attrayante.

Espèces significativement menacées par le commerce légal

La comparaison de quota total au volume total d'exportation légalement enregistré montre que 11 espèces de reptiles de Madagascar, appartenant aux trois genres : *Brookesia* (*B. minima*, *B. perarmata*) ; *Furcifer* (*F. lateralis*, *F. pardalis*) ; *Phelsuma* (*P. quadriocellata*, *P. madagascariensis*, *P.*

lineata, *P. laticauda*) ; *Mantella* (*M. crocea*, *M. madagascariensis*, *M. milotympanum*) subissent une l'exportation légale abusive. Considérant que le taux d'exportation abusive supérieure à 10% constitue significativement une menace pour la biodiversité, six espèces : *Brookesia minima* (100%) ; *B. perarmata* (100%) ; *Mantella madagascariensis* (90%) ; *M. crocea* (16,40%) ; *Phelsuma madagascariensis* (17,82%) et *P. laticauda* (15,82%) sont hautement menacées et trois sont menacées : *Phelsuma quadriocellata* (11,72%) *Mantella milotympanum* (11,68%) ; et *Phelsuma lineata* (11,56%). *Furcifer pardalis* et *P. lateralis* sont faiblement menacées, avec le taux excessif d'exportation respectif 6,98% et 4,58%.

Le nombre total de cette exportation abusive (hors quota) enregistré est 26 097 individus. Cette différence correspond à la perte biologique de Madagascar. Cette perte pourrait être due soit à l'insuffisance de contrôle et suivi minutieux de la conformité de volume exporté par exploitant avant l'octroi d'une nouvelle autorisation ou permis d'exportation ou soit à la corruption de toutes ses formes.

Tenant compte des prix d'exportation minima génériques connus: (*Furcifer* 65USD/individu; *Mantella* 40USD/individu; *Phelsuma* 25USD/individu), Madagascar a perdu au moins 700 milles USD qui vaut 2 520 000 000 MGA (soit une perte de 193 846 154 MGA/an) due à l'exportation légale abusive.

Discussion

Madagascar a exporté une quantité de reptiles non considérable par rapport aux autres pays. L'exportation de la grande île est 2,5% de l'exportation mondiale de reptiles, si El Salvador tient la première place (30.9%), Benin, Ghana & Togo en ont chacun 20.0% (Robinson et al., 2015). Par l'accroissement incessant de la demande du marché international, les acteurs faunistiques de Madagascar ont exporté illégalement d'énorme quantité de reptiles. Ainsi, Mbohoahy & Manjoazy, (non publié) ont rapporté 52 300 individus de reptiles exportés illégale ont été saisies durant une dizaine d'année dont 43% sont de tortues terrestres (*Astrochelys radiata*, *A. yniphora*, *Pyxis arachnoïde*), 34% de geckos et 24% de caméléons. Le prix de ces espèces saisies vaut jusqu'à 230 millions USD; alors que l'exportation légale apporte seulement 10 à 31 millions USD.

Considérant le volume d'exportation abusive comme illégale et tenant compte les résultats de recherche de Mbohoahy & Manjoazy (non publié), la perte économique représente 88% des apports d'exportation reptilienne et amphibiennne nationale. Ainsi, l'ampleur de l'exportation légale abusive constitue une menace considérable pour quelques espèces de reptiles et amphibiens de Madagascar. Le volume d'exportation hautement dépassant le quota fixé. L'exportation affecterait le dynamisme de population et porterait atteinte à l'équilibre de l'écosystème. Ces résultats renforcent les résultats de recherche de Jenkins et al. (2014) qui ont rapporté que les reptiles de Madagascar sont menacés par la perte de leur habitat, la dégradation de leur écosystème et les échanges commerciaux. Lors de leur évaluation, six espèces de reptiles de Madagascar sont classées dans la catégorie « en danger critique d'extinction » sur la liste rouge de l'IUCN (Jenkins et al., 2014) due à l'effet direct des captures illégales pour le commerce international et la restriction de la zone de distribution géographique. Leur répartition géographique faiblement représentée dans le réseau des aires protégées (Raselimanana, 2008) facilite leur collecte dans le milieu naturel. Les acteurs faunistiques collectent en effet les espèces cibles dans leur habitat naturel car Madagascar n'autorise pas actuellement les exportations en captivité des reptiles et les amphibiens (Robinson et al., 2015) ; il pourrait créer une échappatoire pour le blanchiment illégal des animaux sauvages (Lyons et Natusch, 2011). La crise politique cyclique favorise l'exploitation illégale et/ou incontrôlée des ressources naturelles. Elles prennent une vitesse croissante en exponentielle à partir de l'année 2000 (Mbohoahy & Manjoazy, non publié).

En additionnant le coût des exportations illégales (illicite 230 millions USD et abusive 700 milles USD), le coût de la perte, due à l'exportation illégale de reptiles et amphibiens, dépasse largement de budget de quelques Ministères, si on se réfère à la loi de finance initiale 2017 de Madagascar. En effet, si la gestion et la valorisation commerciale des ressources faunistiques sauvages de Madagascar respecte le principe de la bonne gouvernance, leur retombé peut couvrir les besoins financiers de Madagascar.

Conclusion et recommandations

Le volume d'exportation de quelques espèces de Chamaeleonidae, Gekkonidae et Mantellidae dépasse significativement le quota prévu. 26,097 individus sont vendus officiellement en dehors du quota, y compris des quantités considérables d'exportation de deux espèces du genre *Brookesia* : *B. perarmata* et *B. minima* à quota zéro. Les espèces vendues ayant de volume hors quota appartiennent à 11 espèces de quatre genres : *Brookesia* ; *Furcifer* ; *Phelsuma* ; *Mantella*.

Sur les 26 espèces commercialisées, 11 subissent un commerce abusif et parmi lesquelles, six espèces : *Brookesia minima* ; *B. perarmata* ; *Mantella madagascariensis* ; *M. crocea* ; *Phelsuma madagascariensis* et *P. laticauda* sont hautement menacées et trois espèces : *Phelsuma quadriocellata* ; *Mantella milotympanum* et *Phelsuma lineata* sont menacées. Ces résultats vérifient

donc l'hypothèse. Ainsi, l'exportation légale abusive des espèces de Chamaeleonidae, Gekkonidae et Mantellidae constitue une menace considérable pour la biodiversité et l'économie de Madagascar. Les espèces concernées disparaîtront dans leur habitat naturel après quelques années. Leur disparition a un effet négatif sur le dynamisme de population des espèces sauvages et entraînera des troubles des réseaux trophiques et de déséquilibre écologique sans égale des écosystèmes. Des écosystèmes vont perdre en conséquence leur équilibre et ils n'assureront plus les services écologiques. Ce déséquilibre de l'écosystème affectera négativement l'économie de Madagascar dans le temps et dans l'espace.

Ainsi, pour assurer la viabilité de la vie sauvage et la valorisation commerciale des reptiles de Madagascar, il faudrait :

- Intensifier le contrôle de base de données d'exportation avant l'octroi d'une autorisation ou de permis d'exportation ;
- Evaluer la taille de population des espèces cibles d'exportation dans l'habitat naturel
- Mettre en place toute disposition permettant l'élevage en captivité et chaque exportateur faunistiques devrait avoir effectivement un centre d'élevage en captivité permettant à la reproduction des espèces cibles d'exportation. En d'autres termes, les espèces exportées devraient être provenues d'un centre d'élevage en captivité. L'existence de ce centre réduit la pression de la population sauvage ;
- Revoir le volume d'exportation antérieur avant l'octroi d'un nouveau permis d'exportation. Cette disposition permet au responsable de suivi de respecter le quota d'exportation fixé ;
- Considérer le rapport d'exportation des deux sexes pour assurer la survie de la population ;
- Interdire l'exportation des jeunes animaux ;
- Appliquer effectivement les lois relatives aux actions frauduleuses et/ou à la corruption.

Références bibliographiques

- Andreone F., Carpenter A. I., Cox N., du Preez L., Freeman K., Furrer S., Garcia G., Glaw F., Glos J., Knox D., Köhler J., Mendelson J. R. III, Mercurio V., Mittermeier R. A., Moore R. D., Rabibisoa N. H. C., Randriamahazo H., Randrianasolo H., Raminosoa. R., Ramilijaona O. R., Raxworthy R. J., Vallan D., Vences M., Vieites D. R., Weldon C, **2008**. The challenge of conserving amphibian megadiversity in Madagascar. *PLoS Biology* 6(5): e118. doi:10.1371/journal. pbio.0060118
- Jenkins R. K. B., Tognelli M. F., Bowles P., Cox N., Brown J. L., Chan L., Andreone F., Andriamazava A., Andriantsimanarilafy Raphali. R., Mirana Anjeriniaina, Parfait Bora, Brady L. D., Hantalalaina E. F., Glaw F., Griffiths R. A., Taylor C. H., Hoffmann M., Katariya V., Rabibisoa N. H., Rafanomezantsoa J., Rakotomalala D., Rakotondravony H., Rakotondrazafy N. A., Ralambonirainy J., Ramanamanjato J-P., Randriamahazo H., Randrianantoandro J. C., Randrianasolo H. H., Randrianirina J. E., Randrianizahana H., Raselimanana A. P., Rasolohery A., Ratsoavina F. M., Raxworthy C. P., Robsomanitrandasana E., Rollande F., Dijk P. P. V., Yoder A. D., Vences M., **2014**. Extinction Risks and the Conservation of Madagascar's Reptiles. *PLoS ONE* 9(8): E100173. doi:10.1371/journal.pone.0100173.
- Les Amis de la Terre, **2012**. *Madagascar: nouvel eldorado des compagnies minières et pétrolières*. Juliette Renaud (ed.), France.
- Lyons, J. A., Natusch, D. J. D., **2011**. Wildlife laundering through breeding farms: illegal harvest, population declines and a means of regulating the trade of green pythons (*Morelia viridis*) from Indonesia. *Biological Conservation* 144 : 3073–3081.
- Mbohoahy T. et Manjoazy, **non publié**. *La dynamique du commerce des reptiles de Madagascar : le cas des tortues terrestres, des geckos et des caméléons*. Cambridge, UK TRAFFIC.
- Raselimanana A.P., **2008**. Aspect de la conservation des forêts sèches malgaches. In Les forêts sèches de Madagascar, eds. S.M. Goodman & L. Wilmé. *Malagasy Nature*, 1: 162-167.
- Robinson, J. E., Griffiths, R. A., John, F. A.V. St., Roberts, D. L., **2015**. Dynamics of the global trade in live Reptiles: Shifting trends in production and consequences for sustainability. *Biological Conservation* 184 : 42–50.
- Uetz, P., **2015**. Species Numbers by Higher Taxa (<http://www.reptile-database.org/dbinfo/SpeciesStat.html>). Dernière mise à jour : 26 août 2015. Vieites et al., 2009.

18. Etude de la population et évaluation des pressions sur l'Ibis sacré de Madagascar (*Threskiornis bernieri*) au sein du Parc National Sahamalaza-Iles Radama : Implication sur la conservation

VOLAMPENO Sylviane*, Rahantamala* Nomenjanahary, N.S.M, Rakotomalala T., Randriatahina, G.

*Centre d'Information et Documentation Scientifique et Technique (C.I.D.S.T)

I. Introduction

Madagascar s'est détaché de l'Afrique il y avait 166 millions d'années. Cette séparation a donné naissance à une faune et une flore de grande diversité dont la plus grande partie est endémique (de Wit, 2003). La Grande Ile est l'habitat de milliers de végétaux et d'animaux, avec un taux d'endémicité exceptionnel. Ainsi, 83% des espèces de plantes sont endémiques, 61% des oiseaux le sont, contre 92% pour les reptiles, 99% pour les amphibiens et 100% concernant les lémuriens. Cela signifie que les lémuriens présents à Madagascar ne se trouvent nulle part ailleurs (Goodman & Benstead 2005). De plus, Madagascar est considéré comme un pays « hotspot » en diversité biologique.

Cette biodiversité exceptionnelle est actuellement menacée, notamment par la déforestation. Ce problème est occasionné par la pratique ancestrale orientée sur les cultures sur brûlis ou « tavy » pour la riziculture, par la coupe de bois pour usages domestiques et industriels, par des feux incontrôlés et les exploitations minières (Mittermeier et al. 2010). A cause de ces pressions, beaucoup d'espèces sont en danger. Une d'entre elles est l'ibis sacré de Madagascar ou *Threskiornis bernieri*. C'est un oiseau des zones humides, et il est endémique de Madagascar.

L'ibis sacré de Madagascar est encore mal connu, à cause de sa distribution très restreinte, dans la partie Ouest et Nord-Ouest de Madagascar. A cause de cette distribution limitée, très peu d'études ont été effectuées sur cette espèce jusqu'à ce jour (Andrianarimisa 2006). Les études sur cette espèce concernent seulement la collecte du spécimen et l'identification de la distribution de l'habitat. Il est rapporté qu'actuellement, la population de l'ibis sacré de Madagascar est environ 2 000 individus adultes (Birdlife International 2016). Les principales menaces qui pèsent sur cet oiseau des zones humides sont surtout les activités anthropiques comme l'exploitation des mangroves pour la production de charbon de bois et la construction de maisons, la collecte des œufs et la chasse pour l'alimentation humaine. Ainsi, l'espèce est classée dans la catégorie des espèces en danger, selon la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN).

Le Parc National de Sahamalaza-Iles Radama (PNSIR), situé dans la partie Nord-Ouest de Madagascar fait partie de l'habitat naturel de l'ibis sacré de Madagascar. La première étude sur cette espèce menée dans le parc a eu lieu en 2006. Cette étude a identifié la répartition de l'habitat dans le parc. Quant au but principal de la présente étude, il est de mettre à jour le statut de la population de l'ibis sacré de Madagascar dans le PNSIR. Les objectifs de l'étude sont de :

- Estimer la taille de la population de l'espèce dans le parc
- Evaluer les pressions anthropiques qui menacent l'espèce et son habitat
- Proposer un programme de conservation durable de l'espèce et la protection de son habitat

II. Méthodologie

II.1 L'espèce étudiée :

Description de l'animal :

L'oiseau appelé ibis sacré de Madagascar appartient à l'ordre des Pelecaniformes et à la famille des Threskiornithidae. Le nom vernaculaire de cette espèce en malagasy est « Fitilimbengy ». Morphologiquement, le *Threskiornis bernieri* se diffère de l'ibis africain par ses yeux bleus. C'est un oiseau de grande taille de 90 à 125 cm et pèse de 1,25 à 1,5 kg en moyenne. La majeure partie de son corps est recouverte de plume blanche, la tête et la queue sont décorées par des plumes noires. L'animal possède un long bec incurvé qui se termine par un bout pointu (Birdlife International 2016). L'espèce se nourrit surtout de poissons et d'autres animaux aquatiques et insectes. C'est une espèce d'oiseau des zones humides, plus précisément dans les zones marécageuses aux eaux peu profondes comme dans les mangroves (Sinclaire & Langrand 1998).



Photo 1 : Un individu d'ibis sacré de Madagascar

Distribution géographique :

La distribution de cette espèce est très restreinte, elle se rencontre surtout dans la partie Ouest et Nord-Ouest de Madagascar. L'ibis sacré de Madagascar est surtout plus nombreux dans la partie Nord de sa zone de distribution qui se trouve dans les mangroves de la baie de Sahamalaza, allant du Sud jusqu'au complexe Mahavavy Kinkony et se raréfie progressivement, en allant vers le fleuve de Tsiribihina.

II.2 Zone d'étude

Le Parc National Sahamalaza-Iles Radama (PNSIR) est un complexe de parc marin et de parc terrestre. Il est situé entre les latitudes Sud 14° 04' et 14° 37' et les longitudes Est 47° 52' et 48° 04' dont l'altitude varie de 0 à 300 m. C'est une presqu'île qui englobe environ une superficie de 56 000 ha. Le parc terrestre est limité à l'Est par la baie de Sahamalaza la séparant de la grande terre, à l'Ouest par le canal de Mozambique et au Sud par la rivière Loza. Le PNSIR se trouve dans la région de Sofia, dans l'ex-province de Mahajanga. Il s'étend sur quatre (04) communes rurales dont les communes de Maromandia, Ambolobozo, Ankarafa et Ankaramibe. La carte suivante montre la localisation de l'ibis sacré de Madagascar (Figure 1).

Sept (7) sites situés dans les zones de localisation de l'espèce ont été visités, à savoir Antafiana, Antaimbalaka, Nosy Telo, Betsimipoaka, Ambariomborona, Ambariondrakaka, Antsambalahy et Kapany.

II.3. Collecte des données

La collecte des données a été effectuée du 13 Juin jusqu'au 31 Juillet 2014. Pour ce faire, nous avons à la fois mené des observations et effectué un comptage direct des individus de l'ibis sacré de Madagascar ainsi que des enquêtes auprès des habitants.

Observation et comptage direct

L'ensemble des mangroves et estuaires à l'intérieur des 7 sites a été inspecté durant la période d'étude. Chaque site a été visité 3 fois. Les observations directes commençaient tôt le matin à partir de 5h30, c'est-à-dire au moment où les animaux sont encore inactifs jusqu'à midi. Les observations reprenaient vers la fin de l'après-midi. Le déplacement se fait à l'aide d'une pirogue à voile afin d'inspecter tous les recoins des mangroves. Durant la marée haute, les individus ont été observés à une distance d'environ 15 m de la pirogue. Pendant la marée basse, l'observation effectuée à pied a été faite jusqu'à 5 m de l'animal. A chaque individu observé, les informations suivantes ont été notées : les coordonnées GPS de l'endroit où l'on trouve l'animal, le nombre des individus observés, l'heure d'observation, le niveau de la mer pendant l'observation, les activités effectuées par les individus. Une paire de jumelles a été utilisée pendant les observations.

Enquête villageoise

Afin d'identifier les pressions et menaces qui pèsent sur l'ibis sacré de Madagascar, des enquêtes ont été réalisées dans les villages qui se trouvent à proximité des sites d'observations. Les questionnaires ont été préparés en dialecte sakalava. Les enquêtes villageoises ont été accompagnées par un guide local.

III. Résultats

III.1 Population de l'ibis sacré de Madagascar

Nombre d'individus par site

Au total, 99 individus ont été recensés sur les 7 sites étudiés. Aucun individu n'a été recensé sur le site d'étude d'Antsambalahy. Le nombre des individus de chaque site est présenté dans le tableau 1.

Tableau 1 : Nombre des individus observés par site

Site d'étude	Nombre d'individus

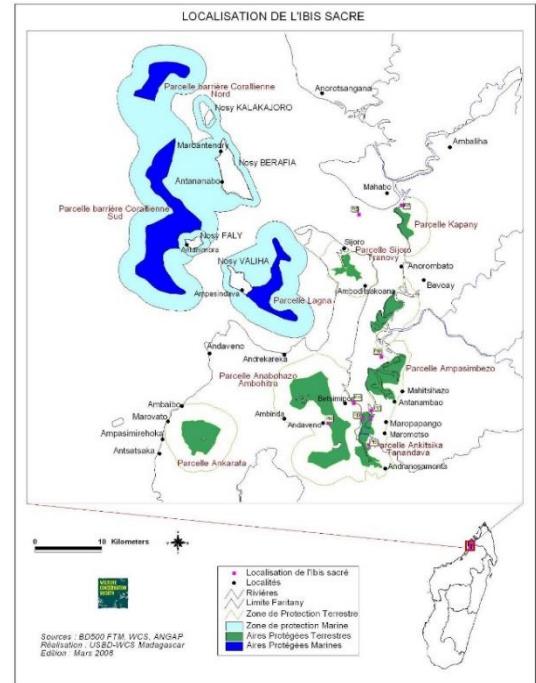


Figure 1 : Localisation de l'ibis sacré dans le Parc National de Sahamalaza-Iles Radama

Antafiana Antaimbalaka	31
Nosy Telo	18
Betsimipoaka	7
Ambariamborona	25
Ambariondrakaka	11
Antsambalahy	0
Kapany	7
Total	99

Activités des individus par site au moment de l'observation

Les activités effectuées par les individus observés sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2: Résumé des activités de l'ibis sacré de Madagascar par site

Sites	Heure d'observation	Type d'activité	Emplacement	Nombre d'individus observés	Type de marée	Remarque et pression
Antafiana Antaimbalaka	6h15 – 7h20	Se percher sur les branches	Palétuvier	11	Haute	Les individus sont très craintifs. Rétrécissement des surfaces boueuses. Forte pêche aux crabes
		Voler	Dans l'air	13	Haute	
	8h – 10h	Manger dans la boue	Surface boueuse	7	Basse	
Nosy Telo	5h45 – 6h20	Se percher sur les branches	Palétuvier	8	Haute	L'endroit est fortement ensablé. Persécution par les pêcheurs
	6h30 – 6h55	Voler	Dans l'air	10	Haute	
Betsimipoaka	10h – 11h30	Manger dans la boue	Surface boueuse	7	Basse	Les individus ne sont pas craintifs. Palétuviers abattus
Ambariomborona	5h40 – 6h50	Se percher sur les branches	Palétuvier	10	Haute	Zones très fréquentées par les hommes. Les autochtones sont déjà sensibilisés Palétuviers abattus
		Voler	Dans l'air	6	Haute	
	7h – 9h	Manger dans la boue	Surface boueuse	9	Basse	
Ambariondrakaka	5h 30 – 7h	Se percher sur les branches	Palétuvier	7	Haute	Zones fortement ensablées
		Voler	Dans l'air	4	Haute	
Kapany	8h30 – 11h	Manger dans la boue	Surface boueuse	7	Basse	Les individus sont très craintifs. Persécution par les collecteurs de concombres de mer.

Les individus ont été observés sur les palétuviers au moment où ils se réveillent. Ainsi, l'ibis sacré de Madagascar commence son activité dès le lever du jour. Ensuite, il se déplace vers les surfaces boueuses pour se nourrir. Pendant la marée haute, les individus ont été observés en vol ou perchés sur les palétuviers. Ils se trouvaient dans les zones peu profondes des surfaces boueuses pour se nourrir de petites proies pendant la marée basse.



Photo 1: Des individus perchés sur les palétuviers



Photo 2: Des individus sur la surface boueuse

III .2 Pressions sur l'ibis sacré de Madagascar

Nombre des personnes enquêtées

Au total, 98 personnes ont été enquêtées dans les villages qui se trouvent à proximité des sites d'étude. Le tableau 3 montre le nombre des personnes enquêtées.

Tableau 3 : Nombre de personnes enquêtées dans les villages à proximité des sites d'étude

Village	Nombre d'homme	Nombre de femme	Nombre total par village
Antafiana Antaimbalaka	14	3	17
Analamazava	8	2	10
Antsiraka	15	2	17
Betsimipoaka	9	4	13
Tsaramandalo	10	7	17
Antsambalahy	10	3	13
Mahadera Kapany	10	1	11

La majorité des personnes enquêtées étaient des hommes. L'âge des personnes varie entre 17 à 60 ans et la moyenne d'âge est de 31 ans.

Connaissance des villageois de l'ibis sacré de Madagascar

Dans les villages visités, 71 % des personnes enquêtées connaissent bien l'existence de l'ibis sacré de Madagascar tandis que 29% ignorent la présence de l'animal dans la région. Les gens qui connaissent l'oiseau ont rapporté qu'ils ont déjà observé l'animal sur les palétuviers et manger sur les surfaces boueuses.

Chasse et consommation de l'ibis sacré de Madagascar

Parmi les personnes qui connaissent l'existence de l'espèce, 85% ont répondu qu'ils ne chassaient, ni ne consommaient l'oiseau mais ils ont confirmé que les villageois mangeaient et chassaient l'ibis sacré de Madagascar depuis des années jusqu'à ce jour. Dix pour cent (10%) des personnes ont confirmé qu'ils ont déjà mangé l'oiseau, et seulement 5% des personnes ont affirmé qu'ils continuaient toujours de manger cet oiseau des zones humides.

Perception de l'ibis sacré de Madagascar

Les gens qui connaissent l'ibis sacré de Madagascar ont été aussi enquêtés concernant leur perception de l'espèce. La figure 2 montre les réponses dans les différents villages. La majorité des réponses a indiqué que l'animal était à protéger (57%) et interdit de chasse (30%).

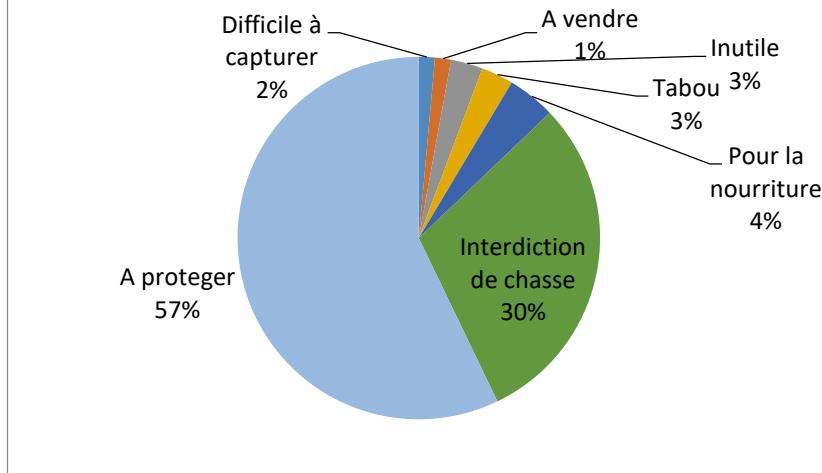


Figure 2 : Perception de l'espèce par la population locale

Pressions sur l'habitat

Les palétuviers constituent le principal habitat de l'ibis sacré de Madagascar. Nous avons aussi enquêté les villageois concernant l'utilisation des palétuviers dans la vie quotidienne de la population locale. Le tableau 4 montre les réponses des villageois.

Tableau 4 : Utilisation de chaque espèce de palétuvier

Nom scientifique de l'espèce de palétuvier	Nom vernaculaire	Type d'utilisation
<i>Sonneratia alba</i>	Farafaka	Bois de chauffe et construction de maison
<i>Avicenia marina</i>	Afiafy	Médicaments et bois de chauffe
<i>Rhizophora mucronata</i>	Honkolahy	Bois de chauffe et construction de maison
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	Tsitoloina	Bois de chauffe
<i>Ceriops tagal</i>	Honkovavy	Bois de chauffe, construction de maison et clôture
<i>Lumnitzera racemosa</i>	Lovinjo	Médicaments

Les palétuviers sont utilisés, notamment comme bois de chauffe (cinq espèces sur les six présentes dans la région).

Pressions existantes

D'après les observations directes, nous avons aperçu l'abattage de palétuviers. Et avec la collecte d'œufs, ces coupes constituent les principales menaces de l'ibis sacré de Madagascar.

IV. Discussion

L'ibis sacré de Madagascar est un oiseau des zones humides donc les observations ont été effectuées à pied et à l'aide d'une pirogue. Notre étude s'est déroulée pendant la saison sèche et a coïncidé avec la période pendant laquelle l'alizé soufflait très fort. Ainsi, les déplacements par pirogue pendant les observations ont été un peu difficiles. La prise de photo et de note a été également quelque peu compliquée car marcher dans les mangroves n'était pas aisé. De ces observations, nous avons remarqué des blessures et plaies fréquentes sur les oiseaux, causées par les coraux, les huîtres et coquillages.

Le site d'Antafiana Antaimbalaka constitue l'habitat principal de l'ibis sacré de Madagascar. Nous y avons recensé le plus grand nombre d'individus (31 individus). Les individus sont composés d'adultes et de jeunes reconnaissables par la couleur de leur cou. Andrianarimisa a recensé environ 80 individus d'ibis sacré de Madagascar sur ce même site en 2006. Quant à nous, nous avons constaté qu'il y avait une baisse de la taille de la population, et cette régression est probablement due aux pressions anthropiques qui pèsent sur l'espèce et son habitat. La taille de la population de l'ibis sacré de Madagascar dans la région de Sahamalaza n'est pas encore connue car il a été rapporté que cette espèce vit aussi en dehors du Parc National de Sahamalaza-Iles Radama (Andrianarimisa & Razafimanjato 2010). Aucun individu n'a été trouvé sur le site d'étude d'Antsambalahy, ce site étant un peu écarté par rapport aux autres sites. De plus, il est très proche du canal de Mozambique qui n'est pas un emplacement favorable pour l'espèce. L'espace y est très ouvert même s'il compte encore

une forêt de mangrove. Il serait possible que cet emplacement explique l'absence de l'animal sur ce site.

Concernant les enquêtes sur la chasse et la consommation de l'ibis sacré de Madagascar, la plupart des personnes enquêtées ont indiqué qu'elles ne chassaient ni consommaient l'espèce. Mais elles ont signalé que l'animal était chassé depuis des années jusqu'à présent. Nous avons constaté que les gens ont eu peur de dire la vérité. Ils ont donc indiqué que les voisins villageois commettaient des délits. En général, les menaces sur l'Ibis sacré de Madagascar sont toutes d'origine anthropique (Peschke 2006). Les villageois chassent tous les individus (adultes et poussins) et collectent même les œufs. L'oiseau est reconnu par son gout qui ne ressemble pas à celui des autres oiseaux de la région. Il remplace les volailles surtout durant les fêtes de fin d'année. Ainsi, l'oiseau est très recherché et devenu victime de la chasse, surtout les poussins qui sont facilement élevés en captivité. Les poussins et les œufs sont notamment collectés pendant la saison des pontes.

V. Conclusion et recommandations

L'Ibis sacré de Madagascar, une espèce d'oiseau des zones humides, ne peut pas vivre sans les mangroves. Malgré sa distribution restreinte dans la partie Nord et Nord-Ouest de Madagascar y compris le Parc National de Sahamalaza-Iles Radama, l'espèce est menacée notamment par des activités anthropiques. Notre étude nous a permis d'estimer la taille de la population de l'Ibis sacré de Madagascar dans le Parc National de Sahamalaza-Iles Radama, et d'évaluer les pressions qui pèsent sur l'animal.

Cette espèce d'oiseau des zones humides va décliner, voire même disparaître si aucune mesure de conservation de l'animal et de protection de son habitat n'est entreprise. Ainsi, quelques recommandations sont à considérer afin d'assurer une conservation durable de l'oiseau dans son habitat naturel ainsi qu'une protection de son habitat, à savoir :

- Etablir un projet de restauration de l'habitat naturel y compris le reboisement de mangroves
- Mener des campagnes de sensibilisation dans les villages aux alentours de l'habitat de l'oiseau
- Développer des projets de moyens de subsistance alternatifs pour les villages aux alentours de l'habitat de l'Ibis sacré de Madagascar
- Entreprendre des études approfondies sur son aire de distribution étant donné la rareté des études sur l'Ibis sacré de Madagascar
- Faire un suivi écologique continual de l'oiseau dans le parc afin de mettre à jour la taille de la population et l'état de son habitat naturel.

La mise en œuvre de ces recommandations est basée sur une communication efficace et organisationnelle, qui nécessite un changement de comportement de tous les acteurs impliqués et un défi pour l'amélioration du développement de la région.

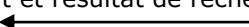
De ce fait, il est nécessaire d'identifier tous les acteurs clés impliqués sur la protection de cette espèce, de son habitat et du PNSIR, la zone où demeure cet oiseau pour pouvoir définir les types de communication adéquat pour chaque situation de communication. Ainsi, ci-après sont les acteurs impliqués à ce projet : le MNP est l'acteur principal qui s'occupe de la gestion du PNSIR, les touristes (chercheurs, naturalistes,...), les offices régionaux du tourisme (SOFIA et SAVA), les opérateurs touristiques, les autorités locales, les agents de développement, les différentes associations pour le développement local, les médias, les villageois, ...). Ci-après quelques exemples de types de communication entre les acteurs :

Ex1 : Entre MNP et les chercheurs :

Communication écrite

Chercheur → MNP

Demande d'autorisation de visite
Lettre d'engagement dûment signé
Rapport et résultat de recherche



Autorisation
Conditions à respecter
Lettre d'engagement à faire signer

EX2 : Entre les autorités locales et les villageois

Communication orale

Chef Fokontany

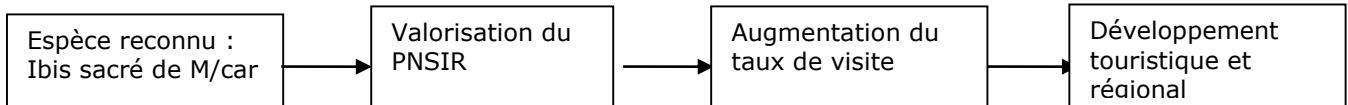
{ Fokonolona

Les associations pour le développement

Sensibilisation (avec les Fokonolona)

Focus groupe (avec les associations)

En bref, La reconnaissance de cet oiseau endémique pourrait contribuer au développement touristique du PNSIR, qui conduit au développement de la région, d'où la formule récapitulative ci-après :



Rappelons que ce parc est riche en potentialités touristiques (faune et flore, espèces endémiques faunistiques et floristiques, biodiversité récifale, plage et paysage sans parler des atouts culturels enracinés dans cette région.

VI.Bibliographie

Andrianarisma, A. (2006). L'ibis sacré de Madagascar, ou ibis de Bernier, dans la Baie de Sahamalaza et son statut actuel à Madagascar. CEPA Magazine: 3-5.

Andrianarimisa, A & Razafimanjato, G (2010). Madagascar Sacred Ibis *Threskiornis bernieri*: Current population status, distribution, and implication for conservation. In Harebottle, DM, Craig, AJFK, Anderson, MD, Rakotomanana, H & Muchai, M (eds). Proceeding of the 12th Pan-African Ornithological Congress, 2008. Cape Town, Animal Demography Unit. pp: 120-130. BirdLife International (2013) Species factsheet: *Threskiornis bernieri*. Downloaded from <http://www.birdlife.org> on 24/06/013

Bibby CJ, Burgess ND and Hill DA 2000. Bird Census Techniques (2nd edition). Academic Press, London
Morris, P.; Hawkins, F. (1998). Birds of Madagascar: a photographic guide. Pica Press, Robertsbridge, UK.

BirdLife International (2016) Species factsheet: *Threskiornis bernieri*. Downloaded from <http://www.birdlife.org> on 03/05/2016.

de Wit M. 2003. Madagascar: Head it's a continent, tails it's an island. Annual Review of Earth and Planetary Sciences 31:213-248.

Goodman SM, Benstead JP. 2005. Updated estimates of biotic diversity and endemism for Madagascar. Oryx 39:73-77.

Mittermeier, R.A., Louis E.E., Richardson, M., Schwitzer, C., Langrand O., Hawkins, F., Rajaobelina, S., J. Ratsimbazafy, R. Rasoloson, Roos, C., Kappeler, P.M. & Mackinnon J. 2010. Lemurs of Madagascar. Third Edition. Washington, DC: Conservation International. Tropical field guide series

Perschke, M. (2006). Voronosy: une association pour la sauvegarde de l'ibis sacré de Madagascar dans le Baie de Bombetoka. CEPA Magazine: 13-16.

Sinclaire, I & Langrand, O. 1998. Birds of the Indian Ocean Islands: Madagascar, Réunion,

Remerciements

Nous adressons nos vifs remerciements à African Bird Club pour son soutien financier qui nous a permis de conduire cette étude, à Madagascar National Parks (MNP) qui nous a fourni l'autorisation de recherche, à tous les assistants et porteurs.

DEUXIEME PARTIE : GESTION DURABLE DE LA BIODIVERSITE

19. Analyse de la filière *Crocodylus niloticus* en vue de sa gestion durable à Madagascar

ROBSOMANITRANDRASANA Eric José, Ratsirarson Joelisoa

ESSA-Forêts, Université d'Antananarivo

I. Contexte

Madagascar dispose d'une diversité biologique très riche et unique au monde. L'approvisionnement et l'exploitation en produits de la diversité biologique fournissent les moyens de subsistance de beaucoup de ménages à Madagascar. Le commerce de ces produits peut ainsi promouvoir le développement économique, crée de l'emploi et des opportunités de diversification de revenus et de réduction de la pauvreté (Roe, 2008). Cependant, cette exploitation peut avoir des effets controversés sur la conservation car certaines espèces sauvages sont vulnérables à la récolte et au commerce qui peuvent être des menaces. Toutefois, ce commerce d'espèces sauvages peut aussi avoir des effets positifs sur la conservation comme il peut engendrer à la combinaison d'effets négatifs et positifs à la fois (Kasterine et al., 2015).

Comme le commerce de la biodiversité dépasse le cadre national d'exploitation, sa réglementation nécessite la coopération internationale pour préserver certaines espèces de la surexploitation. La CITES ou Convention Internationale pour le Commerce des Espèces menacés d'extinction a été conçue dans cet esprit de coopération. Madagascar a adhéré à la convention, en 1975, pour une exploitation durable de ces ressources naturelles. La principale fonction de la CITES consiste à veiller à ce que la demande internationale pour les plantes et les animaux sauvages n'entraîne pas l'extinction ou une menace d'extinction de ces espèces (CITES, 1979).

Le crocodile du nil est une espèce exploitée à Madagascar. La collecte de peaux de crocodiles pour l'artisanat ou la collecte d'œufs sauvages pour les activités de *ranching* donne des avantages pour les communautés rurales habitant dans les régions proches des habitats des crocodiles (DGF, 2013). Cependant, la menace potentielle créée par cette collecte non soutenue et le non-respect des réglementations de la CITES, dans le cadre des activités de *ranching* ont conduit à la suspension des exportations de *C. niloticus*, en provenance de Madagascar en 2010 (CITES, 2010). Cette sanction a eu des répercussions négatives aussi bien sur l'industrie artisanale de cuir, les ranchs de crocodiles qu'au niveau des communautés rurales qui sont impliquées dans la récolte d'œufs et de peaux de crocodiles sauvages (Rakotomalala, 2014).

Mais à travers un commerce réglementé, l'industrie artisanale du cuir de crocodile, ainsi que les activités de *ranching* et d'élevage en captivité, peuvent créer des incitations économiques positives pour la conservation des crocodiles et de leurs habitats tout en créant des avantages pour les moyens de subsistance locaux (CSG, 2014).

Suivant le concept de l'exploitation durable de la faune et de la flore sauvage, il implique trois composantes principales à savoir l'utilisation pour des fins de consommation et de commercialisation; la durabilité par un processus simple ou complexe pour permettre l'utilisation indéfinie de l'espèce ; et, les impacts dont la capacité à spécifier des limites sur les potentiels effets indésirables de l'utilisation.

Ainsi, ce présent article fait partie d'une thèse de doctorat et présente un aperçu de l'analyse de la filière *Crocodylus niloticus* en vue de sa gestion durable à Madagascar.

II. Objectif de l'étude

Cette étude a pour objectif d'analyser le niveau d'exploitation des produits et dérivés des crocodiles avec des données scientifiquement fondées et suggérer des prélevements d'une manière durable. En effet, l'espèce, très utilisée dans la maroquinerie de luxe, présente des dangers potentiels pour l'homme et le bétail, dans différentes zones à Madagascar où il y a chevauchement entre activités humaine et habitat. Pourtant, c'est une espèce protégée par la législation nationale, son exploitation nécessite la délivrance d'une autorisation de chasse ou de capture dans les conditions réglementaires (décret n°2014 1105, 2014).

Description de l'espèce

Le *Crocodylus niloticus* (Laurenti, 1768, Voay, Mamba nom vernaculaire) est l'espèce principale de l'Afrique et de Madagascar. La présence des crocodiles à Madagascar est probablement liée à une évolution de l'histoire géologique de l'île (Raxworthy, 2003). Les études génétiques récentes confirment que *C. niloticus* se divise en deux lignages distincts, Ouest et Est, avec un ancêtre commun qui vivait il y 8 millions d'années. La distribution des crocodiles en Afrique indique qu'ils ont fait de

migrations marines fréquentes (Behra, 2012). Il est l'un des plus grands reptiles vivants actuels, il est un super prédateur, un animal carnivore qui se trouve au sommet de la chaîne alimentaire. Il présente un dimorphisme sexuel remarquable avec des grands mâles qui peuvent atteindre jusqu'à 6 m de long, dans des cas exceptionnels. La première monographie moderne sur l'écologie de crocodilien était faite par Cott (1961). Le *C. niloticus* se trouve dans une grande variété de types d'habitats, y compris les grands lacs, les rivières et les marais d'eau douce. Dans certaines régions, ils se prolongent dans les environnements d'eau saumâtre (Pooley 1990 ; Rakotondrazafy, 2010).

Iii. Méthodologie

Pour cette étude, l'approche méthodologique a été faite par une analyse des documents disponibles (rapports, publications, communication personnelle...), pour identifier les acteurs et comprendre la situation sur la filière, suivie de la formulation du pré-questionnaire. Après un rapide dépouillement, la reformulation de certains questionnaires s'est imposée. Le questionnaire comporte une présentation globale du contexte de l'étude concernant la connaissance de l'enquêté et son implication dans la filière crocodile.

Entretien semi directif : à partir d'une série de question guide, relativement ouvertes, on reçoit une information de la part de l'interviewé, concernant l'activité qu'il exerce, la connaissance sur l'espèce, sur la réglementation de l'exploitation de crocodile.

L'Enquête par questionnaire : C'est un ensemble de questions cohérent dont la finalité est d'obtenir des informations sur l'objet de la recherche (Razafindraibe, 2006). Elle consistait à poser à un ensemble de répondants, une série de questions relatives à leur activité, à leur situation sociale, professionnelle, à leur opinion, à leur attitude à l'égard d'options de gestion et d'exploitation de peau ou des produits dérivés de crocodile. Les enjeux humains et sociaux liés à l'espèce, à leurs attentes et à leur niveau de connaissance.

Focus group : C'est une méthode d'enquête qualitative rapide basée sur la dynamique de groupe. Elle sert à donner la possibilité, pour une partie prenante, de partager leur point de vue, leur compréhension, leurs idées sur un sujet donné. Elle permet d'évaluer des besoins, des attentes, des satisfactions ou de mieux comprendre des opinions, des motivations ou des comportements. Elle sert aussi à tester ou à faire émerger de nouvelles idées, à identifier les principales problématiques à approfondir. L'enquêteur ne dispose pas de questions préétablies, mais une liste de points précis relatifs au thème étudié qui sera abordée sous une forme libre selon le déroulement de la conversation (Quivy, R. & L., Van campenhoudt, 1995). Elle touche toujours un groupe de personnes pris comme échantillon représentatif d'un autre plus grand (Ramamonjisoa, 1996).



Photo 1 : focus group



Photo 2 : Entretien avec le ranch à Miandrivazo



Photo 3 : Entretien avec le ministère du commerce

Typologie des acteurs

A partir de l'analyse des groupes d'intérêts, les acteurs directement liés à l'utilisation des produits issus de crocodile sont les concernés par cette étude. Les enquêtes se focalisaient sur des cibles qui sont regroupées au niveau local, régional et national.

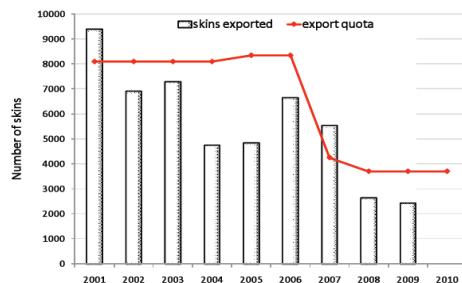
Vendeur (169)	Tanneur (15)/Confectionneur (30)	Chasseur (17)/Collecteur (24)	Les ministères responsables
Antananarivo Ville Village artisanale Digue COUM 67 Ha CENAM Pochard Analakely Andravohangy	Alasora Ankatso/Ambolokandrina Andavamamba Manaritsoa Isotry Betongolo Androndra Fenoarivo Ambohimanarina Ambodiminta	Axe Région Sava Sambava Vohemar Axe Région Sofia Antsohihy Mampikony Mahajamba Axe Région Boeny Ambato boeny	Le Ministère de l'Environnement, de l'Ecologie et des Forêts et ces directions régionales Le Ministère de l'Artisanat Le Ministère du Commerce La Commune Urbaine d'Antananarivo

Antananarivo périphérique	Androhibe	Marovoay
Tanjombato	Ambohijanahary	Mitsinjo
Akorondrano	Ankadindramamy	Mahajanga I et II
Score Digue	Miandrivazo	Axe
Ivato		Vakinankaratra
Axe Mahajanga		Mandoto
Axe Tamatave		Axe Région Menabe
		Miandrivazo
		Mahabo
		Belo sur Tsiribihina
		Région

Tableau I : Les acteurs enquêtés et les zones visitées

IV. RESULTATS

1. Les exportations de Madagascar



Année	Peaux	Produits en Cuir	Spécimens empaillés	Animaux vivants	crânes	autres
2002	6936	397	9	10	601	0
2003	7300	1001	4	1	1367	0
2004	4760	996	7	12	804	0
2005	4850	503	11	0	202	0
2006	6660	1185	55	0	3069	0
2007	5500	513	0	0	420	0
2008	2640	2093	2	0	0	0
2009	2450	1859	30	0	0	53
2010	0	51	0	0	0	0
2011	0	0	0	0	0	0
2012	0	0	0	0	0	0
2013	0	2	0	0	0	0
2014	0	0	0	0	0	0
2015	48 *	14 *	0	0	3090	0
2016	124 *	0	0	0	0	0

Graphe 1: Niveau d'exportation de crocodile de Madagascar (UNEP/WCMC 2012) Graphe 2: Exportation de Madagascar (DGF, 2016)

La population malgache de *C. niloticus* a été transférée de l'Annexe I à l'Annexe II de la CITES conformément au ranching, en 1985. L'objectif de Madagascar était de compter sur un programme de *ranching* (œufs), mais suite aux conflits entre le crocodile et les humains, le quota d'exportation de crocodiles sauvages était limité aux individus considérés comme étant des menaces pour les individus et/ou leur bétail (ROM, 1987). Au niveau national, l'industrie du cuir de crocodile artisanal comptait presque exclusivement sur des peaux sauvages de crocodiles du Nil (Rakotondrazafy, 2010).

Le graphe n°1 ci-dessus montre les données des exportations en peaux de crocodile du nil de Madagascar ; une diminution globale de 9 408 peaux exportées en 2001 à 2 450 peaux exportées en 2009 a été constatée. Le graphe n°2 présente les exportations en produits dérivés. Bien qu'il n'y ait pas un dépassement manifeste des quotas, au fil des temps, il a été constaté que des peaux sauvages allouées à cette industrie artisanale et en particulier, de grandes peaux, ont été échangées par des peaux élevées en ranch. Cette grave préoccupation au sujet de ce commerce a été soulevée par le Secrétariat CITES et le groupe de spécialistes des crocodiles de l'IUCN. Ainsi, le Comité permanent de la CITES a recommandé aux Parties de suspendre le commerce de *C. niloticus*, le 17 juin 2010 (CITES, 2010). Cette sanction a duré 04 ans. Suite à des activités de réorganisation de la gestion, la sanction a été levée en 2014 (CITES, 2014).

2. Les principales utilisations des produits de crocodiles

Plusieurs parties du crocodile (dents, crânes, huile, viande, peau...etc) sont très recherchées sur le marché, pour leur valeurs ornementales et thérapeutiques. Néanmoins, la peau et les œufs restent les produits les plus exploités à Madagascar. La peau est le principal produit pour la maroquinerie de luxe pour l'industrie artisanale. Les œufs sont utilisés pour la filière élevage de crocodile (DGF, 2013). Les divers produits dérivés sont utilisés dans la médecine traditionnelle dont l'huile contre la brûlure de la peau, l'asthme ; le foie, la bile sont utilisés pour la pharmacopée traditionnelle la peau: traitement de la varicelle, de rougeole et de l'Ictère (enquête, 2016). Les organes sont utilisés par les vaudous dont le cœur utilisé considéré comme une augmentation de la longévité humaine ; les dents et les os utilisés contre la malédiction, pour la diminution des douleurs et l'accélération de la cicatrisation de l'abcès, traitement de panaris (enquête 2016). La viande est utilisée surtout pour la consommation locale, régionale, comme source de protéine.

3. la filière artisanale

L'industrie artisanale du cuir de crocodile de Madagascar existe depuis plus d'une cinquantaine d'années où le savoir-faire se transmet de génération en génération. Même si l'exploitation artisanale du cuir de crocodile existe dans beaucoup de pays, l'échelle et la durée selon lesquelles les industries

artisanales malgaches opèrent en font un cas assez unique au niveau international. Les zones principales de chasse sont les zones ouest, sud ouest et nord ouest de Madagascar.

3.a. Processus de transformation des peaux

Les peaux utilisées dans la maroquinerie de luxe est de deux sortes : les peaux dorsale et ventrale. Aussitôt après la mort de l'animal, il est procédé à l'éécorchage, le dépecage qui consiste à enlever toute chair, graisse et sang sur le « côté chair » de la peau. Les peaux sont à la fin traitées et stockées par une saturation avec du sel ou en utilisant de la solution saline. Notons qu'il n'existe pas encore de lien entre la fourniture et les besoins en types de peaux sur le marché. Généralement, c'est le chasseur qui décide du type de peau à produire selon la taille des individus capturés. La peau ventrale est la plus facile à dépecer et dont la mesure est de 20 cm à 45 cm. La peau dorsale ou hornback est plus délicat lors du dépeçage.

3.b. Le tannage

Le tannage se réfère à la procédure de traitement chimique des peaux brutes afin de les rendre plus forts, plus souples et pour les rendre résistants à la pourriture. Le processus de tannage renforce la structure protéïnique de la peau, en créant une liaison entre les « tanins » et les chaînes peptidiques (CCI, 2014). La peau de crocodile est composée de kératine placée sur les couches de l'épiderme et du derme. La couche de kératine et l'épiderme sont éliminés chimiquement ou mécaniquement, et le derme se transforme ensuite en cuir. Plusieurs étapes sont nécessaires à la transformation des peaux vertes en peaux tannées dont la trempe, le chaulage pour enlèvement des écailles, le déchaulage pour la neutralisation partielle de la peau après le chaulage, le confitage par élimination de l'épiderme et les graisses résiduelles dans le derme ; le picklage est l'élimination des dépôts osseux dans le tissu conjonctif. La durée moyenne de tannage est entre 19 et 29 jours.

3.c. La confection

La confection transforme les peaux tannées en produits finis. Chaque centimètre de peau est utilisé. Les peaux les plus utilisées par la confection sont les peaux dorsales entre 27 à 45 cm et les peaux ventrales entre 25 à 40 cm. La durée de production varie suivant le gabarit et le type de commande, elle est de 2 à 5 jours.

3.d. Les données sur les peaux entrant sur le marché et valeur moyen

Année	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Peaux	2586	2198	2892	2881	3034	1483

Tableau 2 : Nombre de peaux sauvages de *C. niloticus* entrant dans l'industrie artisanale du cuir, 2010-2015 ((Source tannerie, 2016).

Type de peau	Mesure	Avant tannage	Après tannage
ventre	20 cm	600 ar/cm	900 à 1400 ar/cm
	50 cm	1 400 ar/cm	1400 à 1600 ar/cm
Dos	27 cm	1000 ar/cm	1000 à 1300 ar/cm
	De 50 à 70 cm	1200 ar/cm	1400 ar/cm

Tableau 3 : Valeur moyen des peaux sur le marché artisanal (Source enquêtes, 2016)

Segment de la chaîne artisanale	2004-08	2013-14
Communauté rurale, les chasseurs	\$91,000	\$38,000
Collecteurs	\$182,000	\$71,000
Tanneries	\$313,000	\$103,000
Vendeurs/points de vente	\$1,100,000	\$460,000

Tableau 4 : analyse des chiffres d'affaire par niveau de la chaîne de valeur v (source ITC, 2015) Une étude a été effectuée en 2014 et la valeur des produits finis en cuir de crocodile est estimée à environ US \$ 460 000 (tableau III). Mais vu l'exploitation de cm par cm des peaux, cette valeur est considérée comme sous-estimée. En effet, les fabricants utilisent tous les morceaux de peau, peu importe la petite taille. Avant 2010, elle aurait vraisemblablement dépassé 1 million de dollars américains.

4. La filière élevage de crocodile

Il existe 04 fermes d'élevage de crocodile à Madagascar dont un seul est en activité avec un système ranching qui se base sur la collecte d'oeuf dans la nature et farming par le développement de reproducteur dans le centre. La collecte d'oeuf est la principale source d'activité. Le potentiel de Madagascar est de 40 000 œufs par an (Berha, 1990)

Nom de la compagnie	Localisation	Ranching (R)/farming (CB)
Croc Farm	Ivato/Antananarivo	R/CB
Crocoranching*	Fenoarivo/Antananarivo	R
Crocornmad**	Fenoarivo/Antananarivo	R
FOUR BS**	Ambalanjanakomby/Maevatanana	R

Tableau 5 : liste des fermes d'élevage. *en stand by, ** en cours de création (source DGF, 2017)

Dans le passé, les collectes d'œufs, étaient effectuées par des collecteurs/revendeurs indépendants (consultant), mandatées par les centres d'élevage, pour leur fournir des œufs. A partir de cette année, les ranchs vont développer une nouvelle stratégie de collecte d'œufs, en intégrant directement la population locale afin d'assurer le partage équitable des bénéfices.

5. Le programme de gestion durable des crocodiles à Madagascar

Un programme d'utilisation durable, dans un contexte donné, est toujours un compromis entre un ensemble de variables que l'on peut regrouper d'une manière générale comme étant des variables biologiques, économiques et sociales. Ainsi, l'exploitation du crocodile à Madagascar est régie par des réglementations. Il existe une taille limite d'exploitabilité dont 1 à 2.5 m, une saison de la chasse entre Janvier à Septembre, établie par l'ordonnance 60-126. Les restrictions des méthodes de chasse pour aider le respect des limites de taille. La capture à la main, au harpon/lance et les pièges sont les méthodes de capture approuvées. Le ministère de l'Environnement a développer un programme de surveillance basé sur le suivi de la population sauvage, le suivi de l'impact de la chasse pour les peaux sauvages au niveau de l'industrie artisanale de crocodile et le suivi de collecte des œufs pour donner une indice des femelles pondeuses, du recrutement de nouveaux nés, du renouvellement de la population. Une analyse approfondie de ce programme fera partie de la thèse de doctorat.

V. Discussion

L'analyse de la filière crocodile a fait sortir les points suivants :

Au niveau des produits, l'industrie artisanale du cuir produit une grande variété de produits finis à partir des peaux de *C. niloticus* dont environ 75% sont actuellement vendus et utilisés au niveau national. La qualité des produits observés varie considérablement, allant des produits de qualité inférieure (principalement les ceintures), à des produits de qualité sur les marchés artisanaux de La Digue et de CENAM et de divers points de vente au détail (Par exemple, Lisy Art Galerie, Jumbo Score supermarchés). Il existe un manque de personnalisation des produits, de créativité et la plupart des produits sont des copies des magazines de mode au niveau international.

Au niveau des acteurs, chaque acteur espère avoir un profit plus élevé et le marché est ainsi dominé par les détaillants. Il manque un business plan pour les artisans. Un faible niveau de connaissance de la communauté locale a conduit à la peur des processus administratifs liés à leurs activités ; cela entraîne un manque de volonté de la part des artisans à entrer dans le système formel.

Au niveau de l'administration, il a été constaté que le système de traçabilité développé n'est pas suivi systématiquement et il y a un manque dans l'application de la loi, ce qui fait que nombreux sont les acteurs non agréés. Il existe des lacunes dans le système de contrôle, par exemple, l'utilisation de manuel pour le contrôle des produits finis, le manque de moyens humains et financiers, pour le Ministère responsable de la ressource, le manque de coordination entre le niveau central, régional et local du Ministère de l'Environnement, de l'Ecologie et des Forêts et entre les différents ministères responsables ; enfin la sensibilisation, d'information et de communication est à améliorer.

Au niveau environnemental, les tanneries visitées sont confrontées au problème de minimisation de l'impact environnemental et sanitaire de leurs activités. Le tannage végétal utilise un certain nombre de produits chimiques qui peuvent être potentiellement dangereux pour l'homme et pour l'environnement. Une étude sur les différentes méthodes de tannage menée par le BLC *Leather Technology Centre* n'a trouvé aucune différence significative entre le tannage végétal, le tannage au chrome et le tannage à l'aldéhyde, chaque méthode ayant des impacts environnementaux, même ces derniers varient d'une méthode à une autre.

Vi. Conclusion

L'approvisionnement et l'exploitation en produits de la diversité biologique fournissent les moyens de subsistance de beaucoup de ménages à Madagascar. Il est reconnu que l'exploitation réglementée de

crocodile peut soutenir l'industrie artisanale du cuir de crocodile et offrir des avantages économiques pour la chaîne de valeur. Mais cette récolte doit être effectuée de façon responsable, basée sur des principes d'utilisation durable. Les personnes qui dépendent de ressources issues de l'exploitation de crocodiles, supportant souvent les coûts de la prédation des crocodiliens sur les individus et le bétail, et les autres problèmes qu'ils engendrent (exemple : en endommageant les filets de pêche et en mangeant les poissons), doivent être les principaux bénéficiaires de toutes exploitations commerciales qui existent. La maximisation du nombre de bénéficiaires parmi les populations locales, et l'augmentation de la part des avantages qu'elles reçoivent, contribuent à créer des incitations pour qu'elles deviennent des partenaires actifs dans la promotion de l'utilisation soutenue : conservation par les incitations.

Dans le cas des crocodiliens, la CITES a encouragé l'utilisation durable pour des fins commerciales et a mis au point des mécanismes hautement sophistiqués pour la régulation et le contrôle du commerce. L'amélioration de la qualité du tannage ainsi que celle des produits ne servira à rien si les possibilités qui permettent le commerce international légal par l'intermédiaire de la CITES sont compromises, ainsi Madagascar doit faire une proposition d'amendement ayant pour but de fournir une liste plus appropriée à l'Annexe II [conformément à la résolution Conf. 9.24 (Rev. CoP16)], ce qui est essentiel de faire correspondre le programme de gestion des crocodiles du Nil de Madagascar.

Viii. Références

- Behra, O. (2012). Les crocodiles de Madagascar peuvent être considérés comme une espèce marine pp 143. In : Guide de la biodiversité marine, Andrew cooke (2012)
- BLC Leather Technology Centre (2008). Journal working for the Leather Industry March-April 2008. Available from: http://www.blcleathertech.com/images/db/dt_leather-journal/34/JournalMarApr08.pdf.
- Centre du Commerce International (2014), Draft de guide pour les producteurs de peau de crocodile à Madagascar.
- CITES (1979), Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction Signée à Washington le 3 mars 1973 Amendée à Bonn, le 22 juin 1979.
- CITES (2010). Notification n°2010/15 aux parties de suspension de commerce de crocodile provenant de Madagascar, 17 juin 2010
- CITES (2014). Notification aux parties d'un retrait de suspension de commerce Madagascar, décembre 2014.
- Crocodile Specialist Group (2014). Sustainable utilization. Available from: <http://www.iucncsg.org/pages/Sustainable-Utilization.html>.
- Décret n°2014 - 1105 (2014), instituant le régime de protection de crocodile à Madagascar
- DGF (2013). Secrétariat de la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore menacées d'extinction (CITES), (2013). Rapport Final Projet Crocodile Madagascar. Rapport établi par la Direction Générale des Forêts, Ministère de l'Environnement et des Forêts (Organe de gestion CITES Madagascar). Genève, Suisse. 157 pages.
- Kasterine, A., D. MacMilan, S. Milledge, K. Nossal, D. Roe, M. Sas-Rolfes (2015), *Trade in Wildlife: a framework to improve biodiversity and livelihood outcomes*. The International Trade Centre, Geneva
- Pooley, A.C.T., (1990), Hines,T.C.,et Shield.J. (1990). Les attaques de crocodiles. Dans: crocodiles, alligators et caïmans. Encyclopédie visuelle. Boradas, Paris.
- Quivy, R. & L., Van Campenhoudt, (1995) *L'observation, Manuel de rechercher en sciences sociales*, Paris Dunod, pp 188-208.
- Rakotomalala, Z. (2014). *Madagascar Crocodile Skin Trade and the Effects of Export Bans*.MSc thesis, University of Kent, UK.
- Rakotondrazafy, A.M. Ny A. (2010). Rapport de synthèse sur les études de *Crocodylusniloticus* à Madagascar (Année 2008-2009), Pour assister Madagascar dans la mise en œuvre du plan d'action pour la gestion des crocodiles, Ministère de l'Environnement, des forêts et du tourisme, Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, 30 pp.
- Ramamonjisoa B. S. (1996). Méthode d'enquêtes, Manuel à l'usage du praticien, 30 pages.
- Raxworthy, C.J.(2003). Introduction to the Reptiles. In : The Natural History of Madagascar: S.M. Goodman and J.P. Benstead (Eds.), The University of Chicago Press, Chicago and London : pp. 934-961.
- Roe, D. (2008).*Trading Nature. A report with case studies on the contribution of wildlife trade management to sustainable livelihoods and the Millennium Development Goals*.TRAFFIC

International and WWF International. Available from www.traffic.org/general-reports/traffic_pub_gen19.pdf. Accessed 12 January 2015.

ROM (Republic of Madagascar) (1987). Maintenance of the Malagasy population of *Crocodylus niloticus* in Appendix II, subject to an annual export quota. Amendment proposal submitted to CoP6.

20. Sensibiliser à la biodiversité et au développement durable : autrement et efficacement avec l'apprentissage expérientiel holistique

Lalasoa RANDRIANASOLO

Centre Interuniversitaire en Recherche et Didactiques – Ecole Normale Supérieure

Introduction

Pourquoi tant efforts de « sensibilisation » ne sont-ils pas suivis d'initiatives concrètes et durables, sauf par une minorité ? Or, ce ne sont ni les recherches de hauts niveaux, ni les informations de qualité, ni les moyens qui manquent. Par conséquent, comment faire passer du « savoir » à l'adhésion et de l'adhésion à l'action ? Dans le cadre de la sensibilisation à la biodiversité et au développement durable, l'enjeu est trop grand pour être pris à la légère : il en va de l'avenir de la planète et des générations prochaines.

Afin de donner un impact majeur à cette sensibilisation, nous essayons de résoudre ces problématiques en choisissant une approche différente : passer par le cadre de l'« Education holistique » puisqu'elle englobe en elle, par définition, les deux entités inséparables que sont l'homme et son environnement. Et prendre l'apprentissage expérientiel comme moyen. La question est donc : dans quelle mesure pourrait-il être le chemin transformationnel ?

Puisque cette étude vise autant à produire des connaissances qu'améliorer une situation ou une pratique, méthodologiquement parlant, nous choisissons l'approche « recherche-action » en reliant la partie théorique et la partie pratique. La partie pratique est du type « quasi-expérimentation » et suivie d'une partie de « réflexion ouverte ».

I. Partie théorique

I.1. EDUCATION HOLISTIQUE

L'« éducation holistique » a émergé dans un contexte historique de remises en question, de bouillonnement intellectuel et culturel américain, entre 1960 et 1980. Elle est d'abord apparue comme un mouvement contre la vision « newtonienne-mécaniciste » de l'éducation classique qui détruit les potentiels des enfants.

Elle vise le développement INTEGRAL de la personne, incluant toutes ses dimensions : intellectuelle, physique, émotionnelle, sociale, esthétique et spirituelle, dans des « systèmes intégrés de relations », de processus inséparable, dynamique et polyvalente, inhérent à la conscience humaine (Clark, 1997). La spiritualité (qui ne se limite pas aux institutions ou pratiques religieuses, plus créative et en constante évolution) est typique de l'éducation holistique (J. P. Miller, Karsten, Denton, Orr, & Kates, 2012, p.2).

Les tenants de l'éducation holistique sont unanimes sur trois éléments principaux :

1. Le but principal : « nourrir les possibilités inhérentes au développement humain ».
2. La spiritualité est un élément distinctif principal.
3. L'intégration et / ou l'interconnexion est un principe fondamental de l'éducation holistique.

I.2. PARADIGME

L'éducation holistique ne peut pas être réduite à des techniques ou à une idéologie (cf. J. P. Miller et al., 2012), ni être définie comme une méthode mais plutôt un paradigme, un ensemble d'hypothèses de base et de principes pouvant être appliqués et adaptés de différentes façons (cf. R. Miller, 1992 ; Nakagawa, 2000).

L'hypothèse fondamentale sous-jacente est que « tout dans l'univers est fondamentalement interconnecté et une partie d'une même "totalité" » et que l'homme participe à trois niveaux

d'intégration englobants : la communauté, la planète et le cosmos dans lesquels il trouve l'identité, le sens et le but dans la vie.

I.3. BASES EPISTEMOLOGIQUES

Les principes d'interconnexion, d'intégration et d'intégralité dont se nourrissent l'éducation holistique sont développés par les travaux des penseurs, pédagogues et scientifiques holistiques tels Alfred North Whitehead, Carl Jung, Ludwig von Bertalanffy... ainsi qu'une école de pensée dite « dynamique » en spirale (Beck et Cowan, 1996). Même la physique quantique a prouvé l'existence de l'interconnexion et des échanges d'informations ininterrompues au niveau microcosmique et macrocosmique et entre les deux. Mais nous nous référerons surtout aux travaux de deux penseurs Edgar Morin (sociologue) et Ken Wilber (philosophe).

Edgar Morin développe la théorie du paradigme de la complexité qui est un « mode de penser » dit-il. La complexité posera toujours le paradoxe de l'un et du multiple. Ainsi, « *la pensée complexe est animée par une tension permanente entre l'aspiration à un savoir non parcellaire, non cloisonné, non réducteur, et la reconnaissance de l'inachèvement et de l'incomplétude de toute connaissance* » (Morin, 2005, p.11-12).

Ken Wilber construit une « Théorie intégrale » et ses « Quadrants » où un grand paradigme : « métaparadigme » inclut les autres paradigmes.

Bref, une épistémologie holistique cherche la synthèse et l'intégration ; elle est une façon de connaître qui entraîne le dialogue avec le monde, plutôt que d'une intelligence manipulatrice et calculatrice (Flake, 1993).

I.4. L'APPRENTISSAGE HOLISTIQUE

L'éducation holistique va au-delà de l'instruction. Méthodologiquement parlant, l'apprentissage présente quatre piliers que l'UNESCO (UNESCO, 2002) a également indiqué avec de légères modifications : apprendre à apprendre, à faire, à vivre ensemble et à être. Cet apprentissage est toujours un processus dynamique, circulaire (avec l'observation, l'action et la réflexion cognitive), ouvert de telle sorte que l'apprentissage est une réflexion en spirale.

I.4. L'APPRENTISSAGE EXPERIENTIEL

Etant donné que l'éducation est une question d'expérience et que l'apprentissage est essentiellement expérientiel (GATE ; Martin, 2002), celui-ci est le cœur de la pédagogie holistique. Cet apprentissage expérientiel comporte 6 caractéristiques (Kolb, 2014) :

- L'apprentissage se conçoit mieux comme un processus plutôt qu'en termes de résultats
- L'apprentissage est un processus continu ancré dans l'expérience
- Le processus d'apprentissage requiert la résolution de conflits
- L'apprentissage est un processus holistique d'adaptation au monde
- L'apprentissage implique des transactions entre l'individu et son environnement
- L'apprentissage est le processus de création du savoir

II. Partie pratique : quasi-expérimentation

L'apprentissage expérientiel en question est pratiqué hors-cadre scolaire pour la seule raison qu'il diffère, tant du point de vue théorique que pratique, de celui du cadre scolaire normal. Cette expérimentation se base sur les principes pratiques de deux ouvrages, avec une adaptation : #2 *Holistic Learning et Experiential Learning* (Beard & Wilson, 2006).

II. 1. PROTOCOLE

Participants : 8 jeunes scolarisés (4 garçons, 4 filles) et 8 jeunes non scolarisés (4 garçons, 4 filles) ; accompagnateurs : professeur de sciences naturelles et quelques parents.

Lieu : région de Mahitsy

Période : grandes vacances 2015 (Juillet – octobre)

A. Méthode :

- Mise en situation (brefs notions, but) et éveil (perception-réception) des 6 dimensions
- Expérience sur terrain

- Evaluation qualitative (expression sous forme verbale)

B. Etapes : Ces quatre points sont appliqués dans les 3 étapes :

- Visite du parc zoologique de Tsimbazaza
- Visionnage du documentaire « Rendez-vous en Terre inconnue »,
- Regarder le feu de brousse de près.

C. Evaluation :

- Qualitative : sur l'impact au niveau des 6 dimensions
- Focus sur les mots utilisés
- Enseignements et actions responsables tirés de l'apprentissage

II.2. LES ACTIVITES (ETAPES)

A) Visite parc zoologique de Tsimbazaza (Antananarivo)

Mis en situation et but : Initiation : brève explication des notions fondamentales ; premier pas vers la sensibilisation à la Biodiversité et au développement durable

Sensibiliser : Apprendre à exploiter les perceptions correspondantes aux 6 dimensions humaines ; Apprendre à être attentif au vécu et à l'exprimer.

Résultat :

	intellectuel	physique	émotionnel	social	esthétique	spirituel
Garçons scolarisés	fort intérêt	moyen	joie	passivité	beauté	
Garçons non scolarisés	fort intérêt	développé	joie	participation active	beauté	
Filles scolarisées	fort intérêt	moyen	joie	passivité	beauté	
Filles non scolarisées	fort intérêt	développé	joie	participation	beauté	

Evaluation : La visite est dominée par la joie de la découverte et l'émerveillement, par l'éveil progressif des diverses modes de perception autre que celui intellectuel. Du côté spirituel, il n'y a rien : c'est un premier pas.

B) Visite parc Visionnage du documentaire « Rendez-vous en terre inconnue »⁶

But : approfondissement de l'importance de la biodiversité et du développement durable, car le film documentaire rassemble ces deux réalités.

Sensibiliser : affinement des modes de perceptions

Résultat :

	intellectuel	physique	émotionnel	social	esthétique	spirituel
Garçons scolarisés	fort intérêt	faible	joie	concernés	beauté	paix
Garçons non scolarisés	fort intérêt	moyen	admiration	Fort concernés	beauté/laideur	gratitude
Filles scolarisées	fort intérêt	moyen	Joie/honte	moins concernées	beauté	aspiration
Filles non scolarisées	fort intérêt	moyen	Joie culpabilité	Concernées	beauté	gratitude

Evaluation : L'exemple vivant de la sauvegarde de l'environnement ainsi que du développement durable provoque un sentiment complexe d'émerveillement et de culpabilité : tant de richesses et de

⁶ Réalisé par Frédéric Lopez avec l'acteur français Thierry Lermite qui a passé une semaine dans la brousse du nord de Madagascar en 2004 qui est consultable sur Youtube : <https://www.youtube.com/watch?v=q9tcXbeV3Y4>.

beauté, de gens sérieux et responsables. Mais, de l'autre côté, l'homme lui-même détruit tout. Ce sentiment aboutit à l'adhésion à la cause : « C'est beau, c'est vrai, c'est réel. On est d'accord ! »

C) Contact avec le phénomène de « feu de brousse »

But : après les efforts pour la sauvegarde de l'environnement et pour le développement durable, assister à sa destruction par l'action humaine.

Sensibiliser : insistance sur la dimension spirituelle.

Résultat :

	intellectuel	physique	émotionnel	social	esthétique	spirituel
Garçons scolarisés	peu d'intérêt	fort	Etonnement, dégoût	concernés	laideur	regret
Garçons non scolarisés	fort intérêt	fort	colère	acteurs	laideur	Sens unité avec la nature
Filles scolarisées	peu d'intérêt	fort	étonnement, peur	concernées	laideur	compassion
Filles non scolarisées	fort intérêt	fort	peur	actrices	laideur	fihavanana

Evaluation : L'activité est marquée par un sentiment à la tonalité négative. Ce côté émotionnel rejoint celui spirituel (éveillé et expressif) dominé par une prise de conscience du soi relié à son environnement d'où le questionnement : « Nous sommes responsables ? Qu'allons-nous faire ? » Signe d'adhésion et de prise d'initiative responsable.

II.3. ANALYSES

A) La connaissance intellectuelle avait moins d'intérêt que la participation active à partir de laquelle les jeunes se sont construits eux-mêmes leurs savoirs enracinés dans leur être.

B) Si les jeunes scolarisés semblent, au début, plus distants et plus superficiels, les jeunes non scolarisés semblent plus éveillés quant aux six dimensions (ils se sentent plus près de la « terre » qui est leur réalité quotidienne, la réalité de la biodiversité et du développement durable et leur sens d'interaction social est plus marqué).

C) Mais à la fin, il y a une prise de conscience majeure de l'enjeu : ils passent de spectateurs distants aux acteurs responsables. Le côté émotionnel prend le dessus et change l'appréhension de la réalité

D) Et la dernière découverte et non la moindre : le côté spirituel (au niveau de la conscience) qui révèle des notions telles que : se sentir un avec l'environnement, compassion, le « fihavanana » qui a déclenché la prise de position et de décision : faire quelque chose.

N.B. : Actions post-apprentissages

Les jeunes eux-mêmes ont pris des initiatives non parachutées : 1) Réalisation d'un petit scénario pour les familles et 2) Réalisation d'une bande dessinée à partir des découvertes.

Ces deux actions révèlent deux choses : 1) la joie de la créativité et 2) la joie de la recherche et de l'approfondissement personnels, vécue communautairement.

Se sentant comme un groupe soudé autour d'une même cause, ils sont animés d'une volonté forte de faire bouger les choses : « *Peut-être, dit l'un d'eux, nous ne pourrons pas changer tout maintenant, mais cela nous a marqué profondément, et l'on ne peut pas faire comme si de rien n'était ! Maintenant, qu'est-ce qu'on peut faire ?* »

III. Pistes de réflexion

L'issue heureuse de l'apprentissage ne saurait cacher les difficultés surmontées, en particulier celui de la préparation d'un type d'apprentissage inhabituel : former à la pensée « intégrale » ; penser en termes de « système ». Ensuite, pour rejoindre la pédagogie de la maîtrise, l'apprentissage expérientiel nécessite un continuum dans le temps qui ne peut pas être raccourci.

1. L'intelligence du cœur

Depuis les travaux d'Antonio Damasio (Damasio, 2003, 2006) qui démontraient le lien entre les émotions et la faculté cognitive, les neurosciences ont prouvé scientifiquement qu'il n'y a pas d'apprentissage sans émotion : « *Contrairement à ce que l'on a longtemps cru, la pensée et le raisonnement ne s'exercent pas froidement indépendamment des émotions. L'apprentissage suscite des émotions et les émotions ont un impact majeur sur l'apprentissage* » (Naud, Medjad, Gil, & Lacroix, 2016, p.130)

2) L'apprentissage expérientiel

Tout apprentissage qui prend la forme d'expérientiel permet, en plus des connaissances acquises, le développement de l'apprenant qui en sort non seulement « connaissance » mais aussi et surtout « conscient » de soi et de son environnement, de son avenir (Kolb, 2014).

3) La sagesse « fihavanana »

Bien que ce soit une notion par trop connue comme étant un patrimoine distinctif et faisant partie de la « sagesse malgache », nous ne sommes pas attendus à ce qu'elle émerge ici. Le « fihavanana » qualifie aussi une relation harmonieuse avec tout, avec le Tout. Elle est beaucoup plus à découvrir qu'à inventer, une connaissance existentielle plutôt qu'un savoir intellectuel.

4) Les mots « négatifs » : indicateurs importants

Une étude réalisée en 2005 par Robert Schrauf, professeur agrégé de linguistique appliquée et anthropologue à la Pennsylvania State University, a révélé que les mots négatifs dominent notre vocabulaire : 50% du vocabulaire (Schrauf & Sanchez, 2004). Pourquoi ? Il s'agit d'un mécanisme d'adaptation. Notre survie dépend de notre capacité à nous exprimer correctement et précisément lorsque quelque chose nous cause de la douleur, de la souffrance, ou met en péril notre survie ou notre qualité de vie. Cette étude a été poursuivie par Lee Dye⁷.

Conclusion

Arrivé au terme cette brève étude et pour reprendre les problématiques de départ, nous pourrions répondre que le vrai changement ne vient pas de la compréhension intellectuelle ; que la compréhension émotionnelle est le facteur déclenchant de l'adhésion au message, tandis que la compréhension spirituelle provoque l'action responsable et durable. L'apprentissage expérientiel holistique a été le pont qui relie le savoir à la sagesse ; l'information à l'action sans même qu'il y ait une pression ou une instance quelconque. Sensibiliser, c'est éveiller tous les cordes sensibles constitutives de la personne pour rejoindre un impact profond et durable.

Bibliographie

- #2 *Holistic Learning - Planning experiential, inspirational and participatory learning processes.* (H. Elke & N.-E. Zimmermann Eds. MitOst Editions ed.).
- Beard, C. M., & Wilson, J. P. (2006). *Experiential Learning: A Best Practice Handbook for Educators and Trainers*: Kogan Page.
- Clark, E. (1997). Designing and implementing an integrated curriculum. *Designing and implementing and integrated curriculum*.
- Damasio, A. R. (2003). *Spinoza avait raison; joie et tristesse, le cerveau des émotions* (Vol. 318): Paris.
- Damasio, A. R. (2006). *Erreur de Descartes (L')*: Odile Jacob.
- Flake, C. L. (1993). *Holistic Education: Principles, Perspectives and Practices. A Book of Readings Based on*: ERIC.
- GATE. (1991). *Education 2000: A Holistic Perspective*.
- Kessler, R. (2000). *The Soul of Education: Helping Students Find Connection, Compassion, and Character at School*: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Kolb, D. A. (2014). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*: FT press.

⁷ (cf. <http://abcnews.go.com/Technology/DyeHard/story?id=460987&page=1>)

- Martin, R. A. (2002). Alternatives in Education: An Exploration of Learner-Centered, Progressive, and Holistic Education.
- Miller, J. P., Karsten, S., Denton, D., Orr, D., & Kates, I. C. (2012). *Holistic Learning and Spirituality in Education: Breaking New Ground*: State University of New York Press.
- Miller, R. (1992). Defining a Common Vision: The Holistic Education Movement in the US. *Orbit, Special Issue: Holistic Education in Practice*, 23, 20-21.
- Morin, E. (2005). *Introduction à la pensée complexe*: Seuil.
- Nakagawa, Y. (2000). Education for Awakening an Eastern Approach to Holistic Education.
- Naud, D., Medjad, N., Gil, P., & Lacroix, P. (2016). *NeuroLearning: Les neurosciences au service de la formation*: Eyrolles.
- Schrauf, R. W., & Sanchez, J. (2004). The preponderance of negative emotion words in the emotion lexicon: A cross-generational and cross-linguistic study. *Journal of multilingual and multicultural development*, 25(2-3), 266-284.
- UNESCO, A. (2002). Pacific Regional Bureau for Education. Learning to be: a holistic and integrated approach to values education for human development: Bangkok: UNESCO Asia and Pacific Regional Bureau for Education.

21. Education relative à l'environnement pour le développement durable, quelles démarches et approches pour Madagascar

Sylvain Andrisoa RABOTOVAO, Pr RAMANADRAISOA Laurence Joséphine, Mme RAKOTOARIMANGA Miary

ENS, CREE

Résumé de la communication

L'acquisition de connaissances sur la Biodiversité, la diffusion des pratiques sur le Développement Durable, auprès des individus, nécessitent des techniques pédagogiques innovantes, basées sur une éducation formelle et non formelle pérenne. Elle vise à développer chez les individus des connaissances (savoir), ces dernières sont reliées à l'action (savoir faire), à travers les attitudes et comportements développés (savoir être), exploités durant les séances d'enseignement et d'apprentissage dans le milieu scolaire ou dans le non formel à travers des techniques de communication bien adaptées.

A Madagascar, le secteur de l'Education, en matière de Biodiversité est mal structuré malgré une grande opportunité. Ainsi, pour situer et clarifier l'existant dans le domaine de l'Education relative à l'Environnement (ErE), l'éducation pour la conservation de la Biodiversité, l'Education Relative à l'Environnement pour le Développement Durable (ErEDD), un état des lieux a été fait et commencé depuis 2013, tant au niveau stratégique qu'opérationnel. Primo, il a pour but de savoir et de dégager les critères de mise en place de deux politiques en matière d'ErE, cadrant la mise en œuvre de l'ErEDD à Madagascar, depuis 2002. Secundo, il a pour but d'évaluer la perception des cibles et des acteurs sur ces concepts d'ErE et de DD, les changements ainsi que les comportements et les attitudes positifs vis-à-vis de l'Environnement.

La méthodologie consiste à une visite de proximité, suivie d'entretiens formels et non formels auprès de 63 acteurs dans les 3 secteurs : formel, non formel et informel. L'analyse des approches et démarches sera ensuite réalisée, à partir de leur conception de l'ErEDD.

Une définition globale de la stratégie, des approches et démarches sont sorties auprès des 63 acteurs en ErE à Madagascar, au niveau 12 régions. Ce fut également une opportunité de réaliser un état des lieux de l'intégration de la thématique Développement Durable, de sa perception après des acteurs et des cibles.

L'analyse des résultats montre également une catégorisation d'acteurs suivant deux facteurs importants, le background en matière de compétence et capacité, et les ressources disponibles. Il en résulte ainsi des démarches et approches très diversifiées et segmentées.

Un recadrage des activités d'ErEDD s'avèrent être ainsi nécessaire dans l'opérationnalisation de l'ErE pour le Développement Durable à Madagascar et une bonne coordination entre les acteurs et les parties prenantes.

INTRODUCTION

Au début du 20^{ème} Siècle, face aux problématiques majeures internationales qui se sont manifestées comme les désastres écologiques, largement couverts par les médias, et entraînant des conséquences

désastreuses concernant l'environnement. Les communautés internationales et scientifiques avaient pris conscience de l'importance accordée à l'Environnement. Elles ont fait comprendre ainsi à l'humanité l'importance de préserver notre patrimoine commun et ses divers enjeux, à travers l'Education Relative à l'Environnement (ErE). Au niveau international, de grands acteurs ont émergé pour relever les défis. Le tout premier acteur est la société Onusienne (ONU), œuvrant dans le respect de l'égalité et l'équité des genres ; la défense du droit de tous les êtres humains sans discrimination ; le traitement et l'assistance humanitaire de tous les êtres vivants avec respect et considération ; la promotion d'une culture de tolérance, de non-violence et de paix. Deux acteurs internationaux se sont principalement distingués et sont entrés en jeu durant l'émergence de l'ErE au niveau international. Il s'agit notamment du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) et l'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO). Une norme internationale a été établie, issue des rencontres des acteurs concernés, mettant en exergue l'intégration de l'Education Relative à l'Environnement (ErE), dans la conduite du programme scolaire et dans le curriculum, afin de conscientiser particulièrement les enfants et les jeunes pour la préservation de l'Environnement.

Madagascar, face aux problématiques environnementales locales et régionales, comme les pressions anthropiques sur les ressources naturelles, le recul de la foret, la destruction galopante des habitats, la perte de la Biodiversité, a adoptée la stratégie. Au niveau stratégique, des politiques et des plans d'actions ont été formulés. Depuis 1986, le premier organisme international de conservation WWF, a développé un programme d'Education Environnementale, destiné au public d'âge scolaire, avec le programme «Ny Voaary », les projets des magazines « Vintsy » et le club environnemental « club Vintsy », afin d'éduquer et sensibiliser les enfants, les jeunes et la communauté locale pour la préservation de l'Environnement. D'autres acteurs et des ONG ont pris part à ses programmes où ont développé d'autres programmes d'ErE au niveau de leur site et des établissements scolaires. Depuis 2002, la Politique d'Education relative à l'Environnement (PErE) a été mise en place par un Décret Interministériel portant numéro 2002-751, du 31 juillet 2002. La Politique a été remise à jour récemment.

PROBLEMATIQUE

Au niveau opérationnel, d'autres acteurs se sont joints aux initiatives et ont développé des activités d'Education Relative à l'Environnement. Suivant les récents travaux effectués par ANDRIAMAMONJY Alfred et al, en 2013, 85% des activités et des financements tournent autour des acticités de protection et de conservation de la Biodiversité. Les activités d'Education, d'information et de sensibilisation sont reléguées au second plan par les acteurs. Suivant les travaux menés par RABOTOVAO Sylvain et al, en 2016, après 12 ans de mise en œuvre, les mauvaises habitudes vis-à-vis de l'environnement de certaines personnes, tant en milieu rural que urbain, s'accentuent. Ces comportements défavorables aggravent les problématiques environnementales comme les dégradations des forêts, la disparition des habitats, la diminution des espèces animales et végétales endémiques et les pollutions urbaines. Ces constats nous emmènent à réfléchir et à nous poser des questions sur l'efficacité de la Politique publique : la PErE ainsi que la PErEDD.

HYPOTHESE

L'implication de nouveaux acteurs, n'ayant pas des compétences en matière d'Education, dans le domaine de l'ErE, a engendré une multitude d'approches et de démarches, dans son l'opérationnalisation de l'ErE à Madagascar. Les approches développées ne correspondent pas aux réalités et aux exigences d'une ErE efficace et efficiente.

METHODOLOGIE

Une analyse de la typologie des acteurs, leur interaction, ainsi que la typologie des activités menées mettront en exergue les lacunes en matière d'Education, en faveurs d'autres secteurs comme le développement et la conservation.

Une analyse des outils et ressources pédagogiques en matières d'ErE, dans les 140 outils inventoriés en 2013 sera faite. Ces 140 outils ont été développés par 63 acteurs d'Education Relative à l'Environnement.

Le cadre analytique de Clément (2004, 2006) suivant le modèle Connaissance (K), Valeurs (V) et Pratiques (P) sera également exploitée pour une analyse critique des contenus en matière de ressources pédagogiques de l'ErE à Madagascar.

OBJECTIF ET FINALITES

L'objectif de ce présent travail est de mettre en exergue les facteurs et les points marquant l'ErE à Madagascar. Un accent est mis sur les activités mise en place et mise en œuvre au niveau opérationnel,

sur les activités et les ressources pédagogiques développées. La finalité étant de proposer une approche et démarche adéquate pour les réalités à Madagascar.

RESULTATS OBTENUS

Suivant l'analyse de la typologie des 63 acteurs identifiés, selon plusieurs critères comme leur statut, leur vision, leur ressource : 73 % sont des acteurs ou des partenaires techniques en Conservation de la Biodiversité. Tandis que 27% sont des acteurs se spécialisant en ErE et ont des ressources propres en Education.

Suivant la typologie des actions menées dans le cadre de l'ErE, 23% des activités d'ErE sont réalisées en milieux scolaire, ayant pour cibles des élèves de niveau primaire, 17 % au niveau des structures communautaires dont les cibles sont les communautés de base gestionnaire des ressources.

Une analyse approfondie des actions menées a montré que la majorité des actions menées, soit 88%, par les acteurs, en matière d'ErE sont des actions ponctuelles d'animation, de sensibilisation. Ces actions ont eu lieu soit au niveau des établissements scolaires, soit au niveau des communautés locales. Seulement, les activités ponctuelles sont souvent limitées en matière de connaissances, de pratiques et de valeurs. De plus, elles ne sont pérennes que durant des actions mobilisatrices durant des campagnes. Les activités complètes doivent être reflétées un processus de transmission de savoirs ou connaissances, à partir des problématiques environnementales existantes. Le développement et l'élaboration des plans d'actions ou des pratiques à partir de la compréhension et de l'application des connaissances doivent être faits. Et à travers des dispositifs pédagogiques particuliers, dirigés par un enseignant ou un technicien, durant les applications et les pratiques, des valeurs seront appropriées et acquis par les apprenants. Tout ce processus conduit au processus pédagogique d'enseignement des maîtres, au processus d'apprentissage des apprenants, favorisant l'acquisition des apprenants.

Suivant l'analyse de la typologie des outils et des ressources pédagogiques, ce sont les posters, des supports fixés qui sont couramment utilisés par les acteurs. Ensuite, les rapports et les documents relatifs à plusieurs thématiques sont utilisés et manipulés par les enseignants et les techniciens, pour y exploiter des connaissances et des savoirs. Suivant les discussions et les entretiens faits avec les acteurs, une minorité conçoit et confectionne des manuels, exigeant, d'après eux, beaucoup de ressources tant financière qu'humaine, alors que les compétences en matière de pédagogie sont encore limitées au niveau de ces acteurs. La transposition didactique est oubliée en ErE. Des rapports techniques sont souvent utilisés par des techniciens pour y exploiter des connaissances. Finalement, l'analyse des approches, suivant les ressources, ressort que 4 approches sont les plus développées, les approches sensorielle, ludique et artistique, pédagogie de terrain et curriculaire. Ces résultats sont en lien avec la typologie des actions menées par les acteurs, basée sur des animations et des sensibilisations ponctuelles. La pédagogie de terrain est la forme la plus courante de l'ErE, des sorties - nature et des classes vertes, mais exigent beaucoup de ressources et de préparation. Or, les financements sont souvent limités malgré la grande opportunité de Madagascar en matière de sites et d'Aire Protégée à visiter. Finalement, l'approche curriculaire, où l'enseignant intègre et véhicule des connaissances, des pratiques et des valeurs sur la protection de l'Environnement, est la forme la plus basique d'une ErE efficace et efficient. Mais elle exige une compétence de base en pédagogie que la majorité des techniciens dont les enseignants ne possèdent pas encore. En effet, 75% des enseignants malagasy n'ont pas suivi de formations pédagogiques adéquates. Ainsi, ils rencontrent de nombreux problèmes dans l'exploitation du curriculum. Ce dernier renferme déjà les thématiques environnementales, mais il reste aux enseignants de les développer.

CONCLUSION

Le constat et les analyses montrent que l'ErE et l'ErEDD à Madagascar ne sont pas encore développées et que les enfants malgaches n'ont pas eu l'opportunité de recevoir les connaissances, les pratiques et les valeurs adéquates, pour leur propre épanouissement et leur développement. Les conditions ne sont pas réunies. Les obstacles marquants l'ErE et l'ErEDD à Madagascar sont caractérisés par le manque de compétences pédagogiques des acteurs clés, comme les enseignants, les techniciens et même les cadres. Les acteurs, qui mettent en place et mettent en œuvre des actions d'ErE sont des acteurs ayant des compétences et capacités en matière de conservation. Les ressources et les financements en matière d'ErE sont aussi limités, et ne sont pas pérennes.

Or, des actions devraient être toujours menées pour que les enfants et les jeunes, futur acteur de développement et de conservation. Pour une ErE efficace et efficiente, une approche basique, l'approche basée sur le curriculum doit être priorisée. Comme les acteurs en ErE sont très limités, alors qu'ils possèdent des expériences réussies en matière d'ErE. Un réseautage et une plate forme des acteurs en ErE seraient opportuns pour partager les expériences et les compétences en matière d'ErE.

22. Projet SuLaMa, un modèle de recherche pour la gestion durable de ressources naturelles

Goum Ononamandimby ANTSONANTENA INARIVONY¹, Vonjison RAKOTOARIMANANA¹, Roger EDMOND¹, Charlotte RAJERIARISON¹, Katja BRINKMANN², Eva SCHLECHT³.

¹ Université d'Antananarivo, Département de Biologie et Ecologie végétales, Antananarivo

² University of Kassel, Organic Plant Production and Agroecosystems Research in the Tropics and Subtropics, Germany

³ University of Kassel and Georg-August-Universität Gottingen, Animal Husbandry in the Tropics and Subtropics, Germany

Résumé

Ce travail a permis d'identifier les groupements végétaux pâturés dans le Plateau Mahafaly et de caractériser et évaluer leur potentialité en production de biomasse fourragère. En effet, 90 parcelles de 30 m x 30 m ont été placées, de la mer jusqu'au Plateau calcaire à l'Est du Parc National Tsimanampesotse. 60% (soit 120 espèces) des 201 espèces inventoriées dans les huit groupements identifiés sont des espèces fourragères dont 53 arbustives, 37 herbacées, 20 arbres et 10 lianes. La savane à *Aristida* spp., sur sol rouge et celle à *Heteropogon contortus*, sur sol rouge ou calcaire constituent les principaux parcours naturels sur le Plateau avec une production de biomasse fourragère herbacée de 0,65 et 1,51t/ha/an respectivement. Les forêts sèches à *Capuronanthus mahafaliensis* sur sable roux, à *Commiphora humbertii*, sur sol calcaire et à *Cedrelopsis gracilis*, sur sol rouge à l'intérieur du Parc National Tsimanampesotse produisent 0,15/t/ha/an de biomasse en moyenne. Les productions sont respectivement de 1, 0,43 et 0, 35t/ha/an dans la prairie à *Sporobolus virginicus* sur sol halomorphe, le fourré à *Euphorbia stenoclada* sur sable blanc et la forêt sèche dégradée à *Acacia bellula* sur sable beige. Pendant la saison sèche, la faible production de biomasse fourragère herbacée (0,4t/ha) et la concentration des animaux transhumant dans la plaine littorale favorisent l'exploitation d'*Euphorbia stenoclada* qui est une fourragère arbustive. Face à l'importance et l'exigence des éleveurs en biomasse fournie par cette plante, elle est soumise à une forte pression de récolte, entraînant un taux de mortalité élevé jusqu'à 20%. Les récoltes excessives, les modalités de récoltes, surtout la coupe apicale ou l'abattage constituent les principales causes de mortalité de l'individu. Les résultats confirment la capacité de l'espèce à se reproduire naturellement sans aucun traitement ou rajout d'hormones. Le taux de germination de graines et le taux de survie de bouture de branche d'*E. stenoclada* est de 75 et 80% respectivement. Quel que soit le mode de reproduction, le sable blanc provenant de la dune sableuse littorale est le meilleur substrat pour sa croissance et son développement.

En guise de conclusion, les deux groupements de savanes dans le Plateau calcaire à l'Est du Parc national Tsimampesotse sont les groupements végétaux appropriés aux parcours naturels. Cependant, l'insécurité dans cette zone oblige les éleveurs à amener leurs animaux dans la plaine littorale durant la saison sèche, ce qui entraîne une surexploitation de *E. stenoclada*. Bien que cette espèce se reproduise naturellement par voie sexuée et végétative et que les résultats sur la germination de graines et le bouturage de branches *ex situ* soient satisfaisants, l'espèce n'est pas à l'abri des pressions et menaces face à sa croissance très lente et à la faible potentialité de sa population à répondre aux besoins quotidiens en biomasse des animaux. Deux guides ont été publiés dans l'objectif d'une application pratique des résultats au niveau local.

Introduction

Dans nombreuses régions du monde, la pression sur les écosystèmes augmente de plus en plus à cause de la croissance démographique, la pauvreté croissante, le manque d'éducation et les conséquences du changement climatique.

Sustainable Landmanagement in Southwestern Madagascar (SuLaMa) étudie cette problématique dans une des régions les plus pauvres et les plus affectées par le changement climatique au monde, dans le sud-ouest du Madagascar, sur le Plateau Mahafaly.

Les principaux objectifs de SuLaMa sont (1) la préservation des fonctions et des services écologiques et (2) l'amélioration durable de la situation de vie de la population locale.

La population du Plateau Mahafaly, faisant partie des 80% de la population rurale malgache, dépend principalement des ressources naturelles pour leur survie (Sarrasin et Ramahatra, 2006).

Ainsi, leurs activités de subsistance tels que l'agriculture et l'élevage sont liées aux potentialités des services offerts par les différents types de végétation dont l'exploitation s'effectue selon les besoins de la population, abattage des arbres des forêts au profit d'un terrain de culture ou utilisation de la savane comme zone de pâturage.

La région Sud-Ouest est soumise à différents problèmes liés aux activités principales de la population et à l'utilisation de l'espace. Les paysans pratiquent encore la culture sur brûlis ce qui nécessite une vaste espace. En plus, le type d'élevage est semi-extensif, le fourrage est insuffisant pendant la saison sèche, Ce qui incite les éleveurs à pratiquer la transhumance.

Les différentes formes d'utilisation de l'espace entraînent une extension territoriale, par conséquent, les conflits territoriaux entraînent une réduction de la zone de pâture pour l'élevage.

Face à ces différents problèmes liés à l'élevage sur le Plateau Mahafaly, une solution durable et appropriée s'avère nécessaire pour garantir l'alimentation du bétail, un des moyens d'existence de la population locale, et pour préserver l'écosystème concerné.

Cette étude a pour objectif principal de caractériser les différents groupements végétaux pâturés sur le Plateau Mahafaly et d'évaluer leurs potentialités en parcours naturels.

Les objectifs spécifiques sont :

- identifier les groupements végétaux pâturés ;
- comparer leur production en biomasse fourragère herbacée ;
- proposer des méthodes de multiplication pour augmenter la production du fourrage arbustif *Euphorbia stenoclada* et pour assurer sa pérennité.

Pour orienter les travaux de cette recherche, les trois hypothèses suivantes seront à vérifier :

- les groupements végétaux pâturés du Plateau Mahafaly se distinguent en fonction des paramètres environnementaux ;
- la production de biomasse herbacée varient en fonction des groupements végétaux ;
- la réussite de la multiplication d'*Euphorbia stenoclada ex situ* permet la production des plantules, nécessaire au repeuplement de l'espèce.

Méthodes

In situ

Au total, 90 parcelles de 30 x 30 m qui se répartissent dans trois zones (Littorale, Parc National Tsimanampesotse et le Plateau) ont été installées.

Les collectes de données consistent à inventorier:

- Les paramètres environnementaux
- Les paramètres floristiques
- Les paramètres morphométriques des individus ligneux

Au total, six relevés ont été effectués entre 2012 à 2014.

Ex situ

Cinq prétraitements ont été appliqués pour déterminer les conditions optimales de la germination des graines d'*Euphorbia stenoclada* :

- scarification manuelle (SM), grattage loin du hile du tégument de la graine à l'aide d'un papier abrasif ;
- immersion dans l'eau bouillante (EB) pendant 2 secondes, suivie de refroidissement. ;
- immersion dans l'eau distillée (ED) pendant 3 heures ;
- immersion dans l'acide sulfurique (AS) à 96% pendant 1 minute, suivie de plusieurs rinçages à l'eau distillée.
- graines sans prétraitement (Témoin, TM)

Les expérimentations sur le bouturage de *Euphorbia stenoclada* ont été réalisées à Andranovao. Trois types du substrat ont été utilisés pour tester leur efficacité sur le bouturage d'*Euphorbia stenoclada* :

- sable blanc du littoral ;
- sable roux du Parc National Tsimanampesotse ;
- sol calcaire du plateau.

Les boutures ont été trempées dans la solution d'AIB de concentrations 100, 200 et 500 mg/l pendant 15 minutes chacune avant d'être repiquées dans le substrat. Les boutures d'environ 5 cm coupées en biseau comportant un à deux nœuds, ont été repiquées dans le substrat bien humidifié. Dix (10) boutures par facteur (sol et hormone) ont été cultivées, soit au total 120 boutures par système.

Résultats

In situ

Sur les 90 parcelles d'étude réparties le long d'un transect, allant de la mer vers la terre ferme, 201 espèces regroupées dans 126 genres et 52 familles ont été répertoriées. Soixante pourcent (60%) soit 120 espèces sur les 201 recensées sont des fourrages. Ces espèces fourragères sont regroupées en 83 genres et 42 familles, avec une endémicité spécifique de 58%.

Huit groupements végétaux sont identifiés :

- (1) le fourré à *Euphorbia stenoclada* et à *Solanum hippophaeoides* sur sable blanc;
- (2) la prairie à *Paspalum vaginatum* et à *Sporobolus virginicus* sur sol halomorphe;
- (3) la forêt sèche dégradée à *Acacia bellula* et à *Solanum hippophaeoides* sur sable beige ;
- (4) la forêt sèche à *Capuronianthus mahafaliensis* et à *Croton* sp. sur sable roux;
- (5) la forêt sèche à *Commiphora humbertii* et à *Diospyros manampetsae* sur sol calcaire;
- (6) la forêt sèche à *Cedrelopsis gracilis* et *Croton geayi* sur sol rouge.
- (7) la savane à *Heteropogon contortus* et à *Panicum voeltzkowii* sur sol rouge et/ou sol calcaire;
- (8) la savane à *Aristida* spp. et à *Panicum voeltzkowii* sur sol rouge (*Sv_A.spp._ P.v.*).

En général, principaux espèces fourragères consommées identifiées sont:

- *Panicum pseudovoeltzkowii*, *Solanum hippophaenoides* et *Euphorbia stenoclada* dans la zone littorale
- *Lepturus humbertianus* et *xerophyta* ssp Au sein du Parc National Tsimanampesotse
- *Heteropogon contortus* et *Acacia viguieri* sur le plateau

Ex situ

Les conditions sans prétraitement et le trempage de graines dans de l'eau bouillante présentent une bonne germination mais pendant une durée plus longue avec un taux plus élevé de 80% pour les graines n'ayant subi aucun traitements.

Le Taux de survie de bouture varie suivant le type des substrats, il est élevé à 80% pour le sable blanc.

Application

Les résultats obtenus lors de cette étude ont déjà fait l'objet d'applications dans la région du Plateau Mahafaly. Deux guides pratiques sur les espèces fourragères ont été déjà élaborés, et vulgarisés au sein du Plateau Mahafaly :

Le guide sur les techniques de bouturage d'*Euphorbia stenoclada* (Samata) dans la zone littorale (Figure 1) et le guide pratique sur la méthode de collecte et de conservation de fourrage de *Heteropogon contortus* (Ahidambo) sur le plateau (Figure 1).

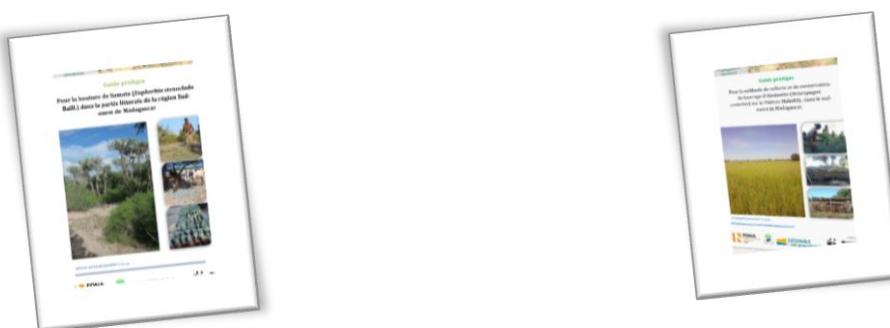


Figure 1 : Guides pratiques pour la bouture de Samata et la collecte et conservation de fourrage d'Ahidambo

Conclusion

La répartition de huit groupements pâturés du Plateau Mahafaly est déterminée principalement par la composition floristique, l'altitude et la nature du substrat.

Bien que *Euphorbia stenoclada* se reproduise naturellement par voies sexuée et végétative et que les résultats sur la germination de graines et le bouturage de branches ex situ soient satisfaisants, l'espèce n'est pas à l'abri de pressions et de menaces face à sa croissance très lente et à la capacité de sa population à répondre aux besoins quotidiens en biomasse des animaux.

Les deux guides pratiques sur le bouturage de *Euphorbia stenoclada* et la collecte et conservation de fourrage de *Heteropogon contortus* résultant des travaux du projet SULAMA participent à l'amélioration de l'alimentation de bétail d'une part et d'atténuer les pressions sur les espèces fourragères et la formation végétale d'autre part, permettant ainsi la gestion durable des **ressources naturelles dans la partie Sud-Ouest de Madagascar**.

23. Formalisation et analyse de la chaîne d'actions dans la gestion des ressources naturelles renouvelables à Madagascar

GANOMANANA Thierry¹, Hervé Dominique², RAKOTONIRAINY Hasina¹, RASOAZANANERA Monique³, RANDRIAMAHALEO Solo¹

¹Ecole Doctorale Modélisation-Informatique / Université de Fianarantsoa

²UMR 220 GRED (IRD-UPVM), IRD Montpellier, France

³Ecole Doctorale Gouvernance et Société en mutation / Université de Fianarantsoa

Mots-clés : Action, Dégradation, Ensemble flou, Institution, Théorie des Graphes, Violation

Introduction

Les ressources naturelles renouvelables (RNR), comme l'eau, la forêt ou les ressources pélagiques sont une source importante d'alimentation. Cependant, l'utilisation abusive et non coordonnée de ces ressources constitue une véritable menace pour leur maintien et pour la population également. Pour comprendre toute la complexité de la gestion des RNR, afférente aux dynamiques biophysiques, sociales ainsi qu'à leurs interactions, de nombreux modèles (informatiques, mathématiques, statistiques, multi-agents, jeux de rôle, etc.) ont été développés. Ces modèles sont ensuite utilisés comme des outils d'aide à la représentation, à la réflexion, à la décision et à la concertation.

Parmi les hotspots de la biodiversité mondiale, Madagascar présente un enjeu majeur de gestion durable de ses ressources naturelles renouvelables, notamment la forêt. Depuis les années 90, la gestion d'une partie de la forêt mobilise plusieurs parties prenantes, à savoir les acteurs individuels, notamment les riverains, et les acteurs collectifs composés de la Communauté de base, la Commune de rattachement, l'Administration forestière et éventuellement des ONG. La gestion des RNR passe par des lois, notamment la loi dite Gestion locale sécurisée (Gelose), et son décret d'application dit gestion contractualisée des forêts (GCF). Ces lois stipulent l'implication effective des populations locales dans la gestion de la forêt et la naissance d'un dispositif de gestion appelé transfert de gestion. Le transfert de gestion est un contrat de 3 ans, renouvelable après évaluation, dans lequel la gestion (conservation, exploitation et régulation) des ressources naturelles d'une propriété domaniale est transférée de l'Administration forestière à un groupe d'usagers dénommé Communauté de Base (Coba) regroupant les paysans locaux vivant de la forêt. Il est donc conçu comme une alternative à la déforestation et la défriche, et un mode de création institutionnelle [3].

Des recherches considérables ont été effectuées pour comprendre le fonctionnement de ce système de gestion, et récemment pour construire un modèle qui pourrait se prêter à des scénarios d'évolution. Des techniques de modélisation ont été aussi déployées pour analyser ce mode de gestion. Sur un plan théorique, [1] un modèle multi-agent a été élaboré, en incorporant, via la formalisation par ontologie, les institutions, les normes et les territoires pour simuler la gestion de ressources forestières dans un site de transfert de gestion. Ce modèle tient compte, dans sa simulation, des pratiques individuelles, des échanges économiques et surtout de l'application de la réglementation [8]. Il part de l'observation de la dynamique de l'occupation des sols, à partir de données statistiques issues de relevés annuels d'usage des parcelles, à l'intérieur d'une zone de conservation par transfert de gestion [7]. Un modèle d'automate temporel est construit pour représenter les dynamiques écologiques et les successions culturelles de ces parcelles [8] ; il sera calibré et validé par un modèle de Markov. L'objectif de cette modélisation est de déterminer les règles moyennes vers lesquelles tendent les agriculteurs et d'appréhender ainsi des scénarii de disparition des forêts. Dans le but d'étudier le comportement asymptomatique de l'usage annuel de ces parcelles, [7]. Une approche markovienne est appliquée, en construisant une matrice de transition. Les auteurs intègrent également les connaissances jugées à priori crédibles des experts sur ces données qui, par la suite, requièrent une approche de statistique bayésienne.

Cependant, la théorie des graphes, un outil indispensable pour formaliser et analyser des liens dans un réseau, n'a pas encore été appliquée à la gestion des RNR. Ainsi dans cet article, les réalités de la gestion des RNR sont représentées dans un modèle qui fait appel à la théorie des graphes et la séquence des interventions est analysée selon une chaîne d'actions par la théorie des ensembles flous.

Ainsi, en première section, les représentations des interactions entre les parties prenantes de la gestion sont formalisées, en générant un graphe qui symbolise la réalisation des activités individuelles et celles de la régulation, et l'analyse la chaîne d'action, en vue d'une régulation qui se déduit de ce graphe. En deuxième partie, nous appliquons sur quelques sites d'étude les enseignements théoriques tirés et discutons également la portée et la limite de cette étude.

Graph et Chaîne d'actions

a. Graphe

Définie comme une action collective en contrôle de l'action individuelle [4], une institution dans le cadre de transfert de gestion peut prendre plusieurs formes. Elle est de nature stratégique, si elle met en œuvre l'optimisation des stratégies du comportement individuel de ses membres ; elle est administrative, si elle ne traite que des procédures d'administration ou de régulation si, de plus, elle a l'aptitude à faire appliquer ses normes. Les organisations étatiques, parties prenantes de la gestion, l'Administration forestière, la Communauté de base et la commune de rattachement sont les institutions de la gestion. Les deux premières sont des institutions de régulation et la dernière assure seulement l'administration. Les ONG qui sont des organisations non gouvernementales sont assimilées, dans ce contexte, à des institutions d'appui. Elles appuient en effet la gestion de la Coba, notamment sur les aspects technique et financier [5].

Les quatre institutions de gestion et les paysans vivant de la forêt, dans la zone à gérer, constituent un ensemble constitué par les « Acteurs ». Donc, on a deux types d'acteurs, à savoir les acteurs collectifs (institutions) et des acteurs individuels (paysans). Les éléments de cet ensemble sont caractérisés par leur aptitude à agir sur les ressources. L'ensemble « Actions » regroupe les activités susceptibles de se produire dans le cas de l'exploitation forestière. L'écosystème forestier à gérer est considéré comme un ensemble de stocks, nommé « Ressources ». Définies dans une législation locale appelée Dina, utile pour exercer la pression sociale, les normes relatives à la gestion sont énumérables et constituent un ensemble de « Normes ».

L'application de la théorie des graphes a montré son efficacité dans l'étude de la politique publique environnementale qui s'insère dans un réseau de normes, institutions, règlementations et qui compte avec une multitude d'acteurs [6]. Dans le cas du transfert de gestion, on est en présence d'un bigraphe, un graphe ayant deux liens de différente nature, qui explicite les interactions potentielles entre les acteurs et leur environnement socio-écologique (Figure 1). Les sommets du graphe sont les ensembles (parties prenantes), en interaction dans la gestion. En effet, les interactions entre les trois composants de la gestion, acteurs individuels, acteurs collectifs et ressources, permettent de générer un graphe à trois sommets et à deux relations de nature distincte, qui reflètent la réalité de la gestion. Elles combinent les activités illicites ou violations, par rapport à la législation considérée et les interventions discrètes des institutions.

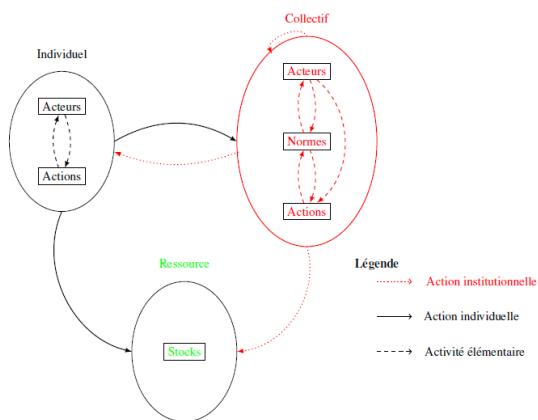


Figure 1. Graphe symbolisant les interactions dans la gestion

b. Chaîne d'actions

Une chaîne d'actions qui est un enchainement de liens entre les parties prenantes et les ressources, débute à partir de la détection des activités illicites individuelles, engendrant une dégradation de la ressource et de la biodiversité, et se poursuit jusqu'à la sanction institutionnelle.

Pour le cas d'un acteur individuel, la qualification de son action comme violation, obéit à une norme définie au niveau d'une institution notamment la Coba et l'Administration forestière. Toutes les activités illicites ne sont pas qualifiées de violation car un certain nombre d'activités illicites ne sont pas détectables. Une action est donc considérée comme illicite si, par l'intermédiaire d'une constatation, elle est qualifiée de violation d'une norme établie par une institution. On peut donc assimiler respectivement les activités illicites et les violations à des ensembles, notés A et V. On suppose que A est non vide et on remarque que V est inclus dans A.

L'ensemble des sanctions constitue un espace, au sens mathématique du terme, noté S dont tous les éléments sont ordonnés. Dans l'espace des sanctions, c'est la gravité d'une violation commise par un paysan qui détermine l'ordre de la sanction appliquée. L'ordre est décrit selon le degré de gravité des violations par une institution de régulation. (V, S) liste des couples violations et sanctions correspondantes qui sont classées par ordre de sévérité de la sanction. Les sanctions sont graduelles, la borne inférieure est fixée à zéro (pas de sanction), la borne supérieure à la sanction maximum possible, pour une institution donnée. C'est la sanction qui caractérise le couple (V, S).

Dans l'espace des dégradations, toute action peut modifier l'état des ressources. On note D l'ensemble des dégradations issues de toutes les activités illicites.

Le couple (V, D) liste des dégradations classées par leur degré de gravité. La gravité de la dégradation s'apprécie d'un point de vue écologique notamment par la possibilité ou non d'une régénération. Si l'on se limite à la taille des dégâts, la gravité d'une dégradation de forêts peut être mesurée par la surface déforestée dans une période donnée, la borne inférieure étant définie par le maintien de l'écosystème après une dégradation et la borne supérieure par un sol dénudé de manière irréversible, donc sans souches pouvant donner des rejets. On suppose qu'on peut ramener tous ces types de dégradation à une même échelle de classement, malgré leur hétérogénéité. Les dégradations définissent aussi un espace dans lequel les éléments sont gradués par ordre de gravité, ce qui caractérise l'ampleur de la violation.

Or, toutes les activités illicites ne sont pas automatiquement appréhendées, donc pas sanctionnées, alors qu'elles engendrent toujours une dégradation. Ainsi, le couple (V, D) apporte une information supplémentaire concernant la notion de violation par rapport au couple (V, S). La dégradation s'observe toujours alors que la sanction n'est pas toujours appliquée. Ainsi, le couple (V, D) constitue une référence pour évaluer l'écart entre le fait social généré par une violation et l'effet physique constaté sur les ressources.

Application

Nous analysons deux sites de Coba, la première est la Coba d'Amindrabe, dans la commune rurale d'Androy (Fianarantsoa) qui est localisée à proximité du parc national de Ranomafana, avec un contrat GCF, en 2003 pour la gestion de 5.212 ha et la seconde, la Coba de Mahasoa dans la commune rurale d'Itampolo (Tuléar), à proximité du parc national de Tsimanampetsotse avec un contrat Gelose, datant de 2006, pour la gestion de 7.416 ha.

En plus des activités illicites non constatées, la Coba d'Amindrabe a recensé, depuis 2006 dans les registres à l'Administration forestière de Fianarantsoa, 4 délits. Parmi ces délits, qui sont connus sous le nom de violation dans le couple, on décompte trois « défriches avec incinération » respectivement 20 ares, 30 ares et 40 ares pour l'année 2006 et une « défriche sans incinération » de 60 ares avant novembre 2008. Au niveau de l'application des sanctions, la Coba d'Amindrabe a passé ces cas au service des Forêts parce qu'ils n'ont pas pu être résolus à leur niveau.

D'après l'enquête effectuée par le projet Cogesfor (Gestion durable des forêts, pour la conservation de trois régions hotspot de la biodiversité à Madagascar) en 2010-2011, on ne recense pas d'activités illicites dans la Coba de Mahasoa, alors que les activités de sensibilisation et de régulation pour le respect des Dina dépasse le nombre de 10 par an. C'est ce qui explique l'amélioration de l'état de la ressource dans leur territoire. C'est une des raisons qui a motivé le gestionnaire du parc de Tsimanampetsotse à étendre la surface du parc, en incluant par exemple 1.189ha (donnée de Cogesfor) du territoire de la Coba de Mahasoa.

Discussion et Conclusion

L'approche adoptée dans cette étude prend en compte les réalités de la gestion des forêts par les Coba. A partir du graphe symbolisant les réalités de la gestion, la chaîne d'action, en vue d'une régulation a été mise en évidence et visualisée. Le nombre de violations est un indicateur qui peut marquer la mobilisation d'une Coba, car il traduit l'activité de repérage et de constat puis de sanction, sachant que les dégradations sont supposées permanentes. En tant que juge et partie, les membres de la Coba ont souvent du mal à appliquer des sanctions pour eux-mêmes ou pour leurs proches, d'où l'intérêt de renforcer le rôle régulateur des autres institutions, comme la commune de rattachement. Il est possible que la Coba n'appréhende aucune violation de règle, dans sa zone. C'est la raison pour laquelle on doit suivre la dynamique du couvert forestier, qui est aussi un indicateur marquant la mobilisation d'une Coba. Au niveau national, cette dynamique est souvent reliée au contexte socio-politique malgache. Pour la régénération, après l'abattis-brûlis d'une forêt tropicale humide, la régénération forestière peut prendre au moins 10 ans pour reconstituer une forêt secondaire [2]. Des améliorations sont attendues dans la détection et la caractérisation des dégradations, dans l'application effective des sanctions, mais surtout comme nous l'avons mis en évidence, dans le constat des violations qui sont sous la responsabilité des institutions de gestion.

Les interactions génèrent un bigraphe qui symbolise la réalité de la gestion dont les sommets sont les quatre institutions impliquées dans la gestion et les arcs représentent les actions de dégradation sur l'écosystème et les régulations par des normes. La chaîne de régulation met en action une série d'interventions qui vont de la détection de l'activité illicite paysanne jusqu'à l'application de la sanction. Elle combine des interventions institutionnelles discrètes sur un écosystème dont la dynamique écologique est continue et est soumise notamment à une pression de dégradation anthropique. Chaque étape de régulation est étudiée sous forme d'un couple, qui permet de graduer les ensembles constitués des violations V soit dans l'espace des sanctions S, gradué par degré de sévérité, soit dans celui des dégradations D, gradué par ordre de gravité. Cette clarification est en partie vérifiée dans les 2 sites de Coba qui se trouvent à proximité des parcs.

On se rend bien compte de l'intérêt d'outils de simulation, de télédétection et d'enquêtes sur le terrain pour pouvoir jouer globalement sur l'efficacité de la gestion locale des forêts. Même si le SMA (Simulation MultiAgent) et les techniques de télédétection ont leurs propres limites, il est cependant souhaitable de comparer des données issues de la simulation SMA avec des données de terrain, comme le nombre de violation des règles, et l'évolution du couvert forestier issue de la simulation avec celle qui résulte d'une détection par télédétection.

Bibliographie

- [1] S. Aubert, J-P. Müller: Incorporating institutions, norms and territories in a generic model to simulate the management of renewable resources, Artificial Intelligence and Law, 21:47-78, 2013.
- [2] S. Bahuchet, J-M. Betsch : L'agriculture itinérante sur brûlis, une menace sur la forêt tropicale humide? Revue d'ethnoécologie, doi :<10.4000/ethnoecologie.768>, 2012.
- [3] C. Blanc-Pamard, H. RakotoRamiarantsoa : La gestion contractualisée des forêts en pays betsileo et tanala (Madagascar), Cybergeo : European Journal of Geography, 2008.
- [4] J. Commons: Institutional Economics, New Brunswick and London, Transactions Publishers, 400 p., 1934.
- [5] T. Ganomanana, D. Hervé, M. Rasoazananera, S. Randriamahaleo : Modélisation de la régulation institutionnelle de la gestion forestière communautaire au Sud de Madagascar, D. Hervé et al. (Eds), Transitions agraires au Sud de Madagascar, p. 251-266, 2015.
- [6] P. Mazzega, R. Boulet, M. Fernandez-Barrera : Méthodologie d'analyse réticulaire d'une politique publique : le SDAGE Adour-Garonne 2010-2015, Boulet et Mazzega (Eds), Politiques Publiques Systèmes Complexes, 2012.
- [7] A. Raherininirina, D. Hervé, F. Campillo: Inferring land use dynamics by semi-Markov model, CARI (2014) : 16-23, 2014.
- [8] V. Ratiarson, D. Hervé, C. Rakotoasimbahoaka, J-P. Müller : Calibration et validation d'un modèle de dynamique d'occupation du sol postforestière à base d'automate temporisé à l'aide d'un modèle markovien, Cahiers Agricultures 20 : 274-279, 2011.

24. Les feux de brousse à Madagascar et leur cartographie, Nouvelles données, nouvelles méthodes, nouveaux dialogues

Georges Serpantié⁸ (IRD GRED), Mendrika RATIANARIJAONA (IRD GRED), Albert Rakotonirina (GRET), Alexia Serpantié (IRD GRED), Kyle Rajaona (IRD GRED), Fano Andriamahefazafy (C3EDM), Emah Andrianomenjanahary (GRET), Jean François Girres (UM3 GRED).

Résumé

La gestion des feux constitue à Madagascar un des plus grands défis que doivent relever les politiques de conservation de la biodiversité, dans ses formes et dans les services qu'elle rend. Une approche répressive a eu la préférence, mais elle était peu compatible avec le caractère massif de ce phénomène soumis à des facteurs naturels et traditions rurales, avec l'équité, et avec les faibles moyens des organismes de contrôle. Les populations rurales ont maintenu clandestinement ces pratiques, au point qu'elles en sont devenues les premières victimes, par dégradation prononcée des terres et des services écosystémiques. La participation devrait donc être un principe au cœur d'un dispositif de diagnostic et de gestion du feu. La reprise du dialogue nécessite des outils de médiation, dont la cartographie des

⁸ georges.serpantie@ird.fr, tel 0033628634500

feux et le « groupe focal ». Si les cartes Firecast (Conservation international) constituent un outil cartographique performant de monitoring et d'analyse du nombre de feux par période et par territoire à petite échelle, il n'en va pas de même à grande échelle (commune, bassins versants locaux, terroirs) où les quelques « points chauds » détectés et enregistrés par les satellites MODIS et VIIRS en disent trop peu sur l'empreinte spatiale des feux ou leurs impacts, c'est-à-dire l'aléa « feu », ses origines et les enjeux des feux. Pour les besoins de gestion de bassins versants locaux (cas du programme d'hydro-électrification durable Rhyvière du GRET), le premier objectif est donc de produire une représentation exhaustive du domaine brûlé des bassins, mois par mois, les mettre en rapport avec les facteurs naturels et anthropiques, d'une part, et avec les enjeux que sont les écosystèmes à enjeu de biodiversité ou de services agro-pastoraux ou hydrologiques, d'autre part. Il s'agit notamment des couvertures herbacées les plus fragiles (*Ericaceae*), des marécages et des forêts situées dans les zones de passages d'eau. Un indice de brûlure exploitant les canaux PIR et MIR2 des images Landsat 8 (30m résolution) a d'abord été validé par analyse de dynamiques temporelles de signatures spectrales sur des milieux ayant brûlé. La comparaison des images de période mensuelle au moyen de cet indice permet de réaliser des cartes exhaustives des feux, indiquant le domaine brûlé, la localisation et le mois du feu sur quatre années consécutives (2013-2016) sur 4 bassins-versants. Ces cartes ont fait l'objet de mesure d'erreur par matrice de confusion avec des suivis de terrain et comparaison aux données de points de feu (Firecast). Enfin il s'agit d'adapter cette cartographie obtenue par télédétection aux besoins d'ateliers locaux de concertation. La dynamique spatio-temporelle des feux obtenue s'avère très différente de l'analyse par points de feu qui sous-estime l'étendue du phénomène et sa précocité. Ces cartes ont ensuite servi d'objets médiateurs lors de rencontres avec les usagers du BV et les autorités locales, permettant d'entamer un dialogue constructif sur les paramètres actuels (dates, lieux, enjeux, causes) des feux actuels en vue de faire progresser une gestion plus responsable.

Mots-clés ; feux, cartographie, grande échelle, participation, télédétection, pastoralisme

1. Problématique et hypothèses

Les feux de la végétation tropicale constituent l'un des plus grands défis que doivent relever les politiques de conservation de la biodiversité, notamment dans le contexte du réchauffement climatique et de pays en développement. Mais comme les écosystèmes sont plus ou moins sensibles au feu, et comme ils focalisent d'autres types d'enjeux que la seule biodiversité, il convient de faire preuve de discernement et de vision systémique, que l'on s'intéresse à l'écosystème habité ou à la société dans son environnement.

A Madagascar, on sait depuis Humbert (1927) qu'à côté d'autres facteurs de dégradation⁹, les défrichements et les feux récurrents sont responsables de l'essentiel du recul contemporain de la forêt naturelle relicuelle, d'abord par destruction directe, puis en empêchant sa régénération une fois que des plantes herbacées favorables à la propagation du feu et avantagées par lui (fougères, *Ericaceae*, grandes Poaceae en C4) colonisent ces milieux en régénération : le feu favorise donc le feu. L'origine de ces feux est multiple¹⁰. Kull (2004) a montré l'importance sociale et économique du feu de saison sèche pratiqué depuis toujours par les pasteurs dans les régions herbeuses éloignées des habitations pour entretenir le parcours, stimuler la repousse des graminées ou éliminer des espèces indésirables.

Des mesures législatives répressives plus ou moins sévères selon les périodes et plus ou moins tolérantes pour certains types de feu ont été déployées pour combattre les pratiques de feu avec plus ou moins d'égard pour les conséquences sociales et économiques (Kull, 2004)¹¹. Une loi en vigueur est l'ordonnance 60-127¹² fixant le régime des défrichements et des feux de végétation, bannissant les « feux sauvages » et le « tavy » (défriche brûlis de forêt), autorisant ou règlementant certains feux agro-pastoraux et interdisant le pâturage sur zone brûlée sans autorisation. Les collectivités sont responsables en cas d'absence de coupable identifié. Selon Kull (2004), cette approche étatique sévère sans égard pour les besoins de la civilisation rurale malgache et des communautés a produit peu de résultats positifs, les paysans et pasteurs lui résistant de différentes manières. Mais depuis une vingtaine d'année, l'Etat est de moins en moins présent sur la question du feu, avec le recul de ses moyens d'action.

Une approche uniquement répressive paraît d'ailleurs peu compatible avec un paramètre structurel : le caractère ancien et massif de ce phénomène favorisé par les conditions naturelles et déjà encadré par les traditions rurales. Dans ce contexte civilisationnel, le feu reste donc plutôt un allié plutôt qu'une

⁹ Exploitation des produits ligneux sans actions d'aménagement

¹⁰ Feux agricoles de défriche-brûlis, feux de lisières, feux sauvages se déployant à l'intérieur même du massif les années les plus sèches

¹¹ Les ordonnances 76-030 et 77-068 criminalisaient le feu sauvage (Tribunal Criminel Spécial)

¹² Elle a été revalidée par la loi de révision de la loi forestière 97-017

menace, mais peut aussi le devenir en cas d'excès. L'éducation des jeunes et la cohésion du village sont les premiers moyens de régulation locale d'éventuels excès.

Les faibles moyens mis à disposition des organismes de contrôle¹³ sont aussi en contradiction avec ce caractère massif et structurel du feu. Pour l'usager, la demande d'autorisation est contraignante et parfois coûteuse. Et un feu agricole autorisé après la procédure réglementaire peut dégénérer en feu sauvage, car les moyens de contrôle (pare-feux) ne sont pas infaillibles en « saison des feux ».

Une loi principalement répressive est de plus incompatible avec l'équité, compte tenu de l'impossibilité pratique de connaître les vrais coupables. La répression touche alors aveuglément les possesseurs fonciers ou les collectivités, jugés responsables de leur domaine, alors que les feux peuvent être allumés précisément dans le but d'attirer la sanction sur une personne ou une communauté particulière. Une loi trop sévère peut favoriser aussi d'autres comportements pervers, le feu, si facile à allumer clandestinement, devenant un instrument de provocation, déroulement ludique ou manifestation d'un mécontentement envers les autorités et la Loi.

Les populations rurales ont donc maintenu clandestinement ces pratiques encadrées par des traditions locales au sein des communautés. Mais ces dernières se sont affaiblies avec la montée de l'individualisme, au point que les usagers deviennent les premières victimes des feux, par dégradation prononcée des terres, de ressources pastorales et forestières et des services écosystémiques (SE) associés aux milieux les plus fragiles. Nous définissons ces SE à la suite du MEA (2005) comme les « services rendus par les écosystèmes aux sociétés » exprimant que l'homme dépend de ces écosystèmes sous de multiples aspects, ce qui justifie d'autant plus leur protection. Un exemple de « service de régulation » des écosystèmes terrestres découle de la fonction d'écran que la végétation même steppique oppose aux intempéries, réduisant ainsi les processus de ruissellements et d'érosion qui caractérisent les sols nus. Le feu réduit cette fonction essentielle de protection du sol et de l'eau pour une période plus ou moins longue selon la végétation brûlée et la saison.

La loi étant insuffisante, Kull (2004) appelle à une démarche plus tolérante, éclairée, où les autorités encourageraient une gestion non conflictuelle du feu. La participation devrait donc être un principe au cœur d'un dispositif de diagnostic et de gestion du feu, et les objectifs de cette gestion doivent être discutés localement, modérés et mieux ciblés, et notamment réduire ou abandonner au moins le feu là et quand il est le plus nocif. Le principe des lois invitant à la décentralisation et la gestion locale des ressources naturelles édictées va dans ce sens (Loi 96-025, Décret 97-1200), avec des outils incitatifs à l'échelle communale (Décret 2002-793 instituant des comités communaux de feu). Elles devraient faciliter cette mutation, à condition que les régimes des feux puissent être négociés au cas par cas, ce qui n'est pas encore juridiquement le cas. Mais des années de répression ont rendu difficile la simple communication entre acteurs au sujet du feu, alors que le feu excessif peut devenir un problème pour les usagers eux-mêmes.

La question qui se pose au chercheur accompagnant un projet de développement porte sur les conditions d'un retour au dialogue sur le feu, en vue de mesures à discuter localement entre parties prenantes, pour un bénéfice partagé. Nous avons fait l'hypothèse qu'un retour du dialogue passait par une connaissance partagée des pratiques et processus de feu, comme support de discussion en préalable à une participation locale dans les délibérations portant sur la gestion du feu. Ce dialogue nécessite la construction d'outils de communication et la formation d'acteurs de médiation, mais aussi en amont, l'assouplissement au moins localement des mesures répressives qui perturbent le dialogue.

L'objectif de cette communication est de présenter les données et méthodes d'une recherche d'accompagnement en cours utilisant la cartographie locale des feux comme outil de médiation dans des « focus groups » ciblés sur les pratiques de feu. Cet objectif contraint d'utiliser des méthodes simples et accessibles, notamment par l'usage de données gratuites en ligne.

2. Matériel et méthodes

Les terrains de recherche

Les zones d'étude sont constituées par les bassins versants du programme Rhyvière¹⁴, un projet d'hydro-électrification durable du GRET (GRET, 2016). Le projet intègre un volet spécifique de protection de l'environnement, et de pérennisation de la ressource en eau, partagée pour les besoins

¹³ Un « chef de cantonnement », cadre subalterne des Eaux et Forêt, est aujourd'hui sensé contrôler un district de plusieurs milliers de km², dont l'essentiel lui est inaccessible. Le plus souvent, il n'intervient que sur délation ou plainte en cas de préjudice sur des biens privés, conflit foncier, et rares demandes d'autorisation de défriche-brûlis (présentés comme « feux de nettoyement ») (source : enquêtes auteurs).

¹⁴ Le projet GRET Rhyvière II « Accroître l'accès à l'électricité des zones rurales de Madagascar et développer l'activité économique par le recours aux énergies renouvelables », vise à installer des centrales hydroélectriques gérées par des délégataires privés dans plusieurs régions de Madagascar.

de l'agriculture et de la production d'énergie. Les besoins de maintien d'une bonne qualité d'eau et d'étiages soutenus ont amené le projet à s'intéresser aux bassins versants des barrages de prise d'eau d'un point de vue environnemental. Le feu a été diagnostiqué comme un des facteurs de l'apparition de sols nus érodables, menaçant la qualité de l'eau en saison des pluies (charge en suspension, sable charrié), augmentant potentiellement les coûts d'entretien des installations et menaçant la pérennité de l'électrification (Andrieu, 2015, Ratianariaona, 2015).

Ces travaux se sont approfondis en 2016 par un travail de cartographie des couverts végétaux et par l'étude des pratiques et phénomènes naturels à risque environnemental, notamment érosif, telles que les feux sur les écosystèmes qui rendent des « services écosystémiques hydrologiques » (A. Serpantié, 2016). Il s'agit notamment des couvertures herbacées les plus fragiles sur fortes pentes (*Ericaceae*), des marécages et des forêts situées dans les zones de passages d'eaux de surface.

Quatre sites ont été concernés par les études : deux dans la région de Sofia (Bassin du Beandradezona, du Lanilezana) et deux dans les régions Amoronimania/Haute Matsiatra (bassins du Ifanindrona, et de la rivière d'Ambatofinandrahana).

En vue d'établir un dialogue sur les phénomènes de feu et ses pratiques, il faut une connaissance du domaine brûlé, préalable et indépendante des discours locaux, avec une possibilité d'analyse temporelle. On vise donc une représentation exhaustive du domaine brûlé, mois par mois, plusieurs années de suite, et les mettre en rapport avec les facteurs naturels et anthropiques, d'une part, et avec les enjeux que sont les écosystèmes à enjeu de biodiversité ou de services, d'autre part.

Données et méthodes de télédétection

Les images satellitaires offrent la possibilité de mesurer et de suivre de manière systématique à différentes échelles spatiales et temporelles l'activité des feux (Jacquin, 2010). Deux manières de détecter les feux à partir des données satellitaires existent. La première consiste en la détection d'un point chaud, résultant de la présence de feux actifs. Cette détection permet de calculer un « nombre de feux » détectés dans une période donnée sur un territoire donné. La seconde s'effectuant sur la détection des aires brûlées par l'intermédiaire de l'analyse du comportement spectral de la surface terrestre éclairée par le soleil.

Les principaux capteurs satellites qui fournissent des données sur les points chauds sont AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) et VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite). Ces points chauds sont les résultats de l'intensité du rayonnement électromagnétique enregistrés par les capteurs dans des longueurs d'onde concernant le visible (0,4–0,7 µm), l'infrarouge (0,7–4 µm) et l'infrarouge thermique (4–15 µm) du spectre (Fraser et al, 2000). Un système de suivi en ligne de ces points de feux (le site Firecast) monté par Conservation International est opérationnel et a donc été utilisé pour établir des cartes de « feux cumulés » sur une quinzaine d'année ou des statistiques interannuelles par district. Ils indiquent les zones et années de forte probabilité de feu.

La seconde méthode est basée sur l'exploitation des images satellite à haute répétitivité temporelle (Landsat, SPOT, NOAA), à plus ou moins bonne résolution spatiale. Grâce aux images, on cherche à détecter les changements de la végétation à travers l'emploi d'un indice résultant de la combinaison de différents canaux permettant d'analyser l'état de la végétation (Kana et Etouna, 2006). Les indices qui peuvent être utilisés sont fondés sur les bandes spectrales Rouge (0,6–0,7 µm), Proche Infrarouge (PIR) (0,7–1,7 µm), Moyen Infrarouge (MIR) 1,7–4 µm ou Thermique (4–15 µm). On peut citer par exemple le NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), le BAI (Burnt Area Index) (Chuvieco et al, 2002) ou NBR (Normalized Burn Ratio) (Key and Benson, 1999). L'analyse des variations spatiales et temporelles de différents indices de végétation permet à la fois de caractériser l'activité des feux, à travers le suivi des feux actifs (Giglio et al, 2003) ou des surfaces brûlées (Roy et al, 2008).

Les premiers résultats d'Andrieu (2015) et Ratianariaona (2015) ont permis d'établir un premier constat sur la situation des feux sur les bassins-versant étudiés mais limité par la réticence des acteurs locaux à aborder ce sujet. Des analyses de points de feux observés par le satellite Modis (site web FireCast) montrent la présence d'une dynamique saisonnière des feux sur les bassins versants, et l'existence de zones de forte probabilité de feu. A. Serpantié (2015) a mis en place d'une méthode de détection et d'extraction par seuillage des surfaces brûlées, à travers l'exploitation d'un indice caractérisant la végétation active, le NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) (Rouse et al, 1974). Ce travail a permis de produire les premières cartes de surfaces brûlées par mois pour la saison de feu 2015. Rajaona (en préparation) a utilisé un autre indice, basé sur une combinaison de PIR et MIR2. Les cartes finales ont fait l'objet de comparaison aux données MODIS et VIIRS.

Méthodes de dialogue

L'objectif principal d'un forum hybride sur les feux est de confronter différents points de vue cognitifs, en vue d'un apprentissage mutuel et finalement d'un accord mutuellement éclairé. Cette connaissance

partagée porte sur les catégories d'auteurs du feu, les modalités et la distribution spatio-temporelle de pratiques à risque d'impact environnemental significatif sur le bassin versant, notamment les transformations de la végétation et l'érosion, ayant pour effets de modifier potentiellement la qualité de l'eau de rivière, de dégrader (ou parfois d'avantage) d'autres ressources et services écosystémiques.

Le deuxième objectif est de connaître les logiques sous-jacentes aux pratiques à risques. Le troisième est d'évaluer les modalités actuelles de gestion des pratiques à risque en vue d'identifier des pistes d'amélioration.

Le dialogue repose d'abord sur des enquêtes individuelles, avec un guide d'entretien semi-ouvert (3 enquêtes minimum par type d'acteur). La carte est utilisée comme support de discussion.

Il se poursuit par la mise en œuvre de plusieurs *focus group*, rassemblant chacun un échantillon d'une dizaine de personnes d'un type d'acteur, autour d'un animateur et d'un observateur. On vise deux types d'acteurs, les « usagers » et les « autorités »

L'animation du focus group repose d'abord sur le partage de connaissances scientifiques issues des recherches par télédétection et des observations participatives, non pas présentées comme la « vérité », mais comme un résultat d'un travail de recherche avec ses limites, mis à la discussion. C'est l'occasion d'un débat et de révélation par le groupe d'autres connaissances et discours locaux. Les agents de médiation ont été recrutés chez les animateurs du projet de gestion environnementale aidés des assistants locaux de nos recherches de terrain. Une traduction et retranscription fidèle des dialogues enregistrés par l'observateur (qui prend aussi des notes lorsque le débat s'échauffe) permet de classer et traiter les données du dialogue (forme et fond).

3. Premiers résultats, discussion et conclusion

Le but de cette communication étant surtout de présenter cette nouvelle démarche, nous nous contenterons de présenter d'une carte. (fig 1)

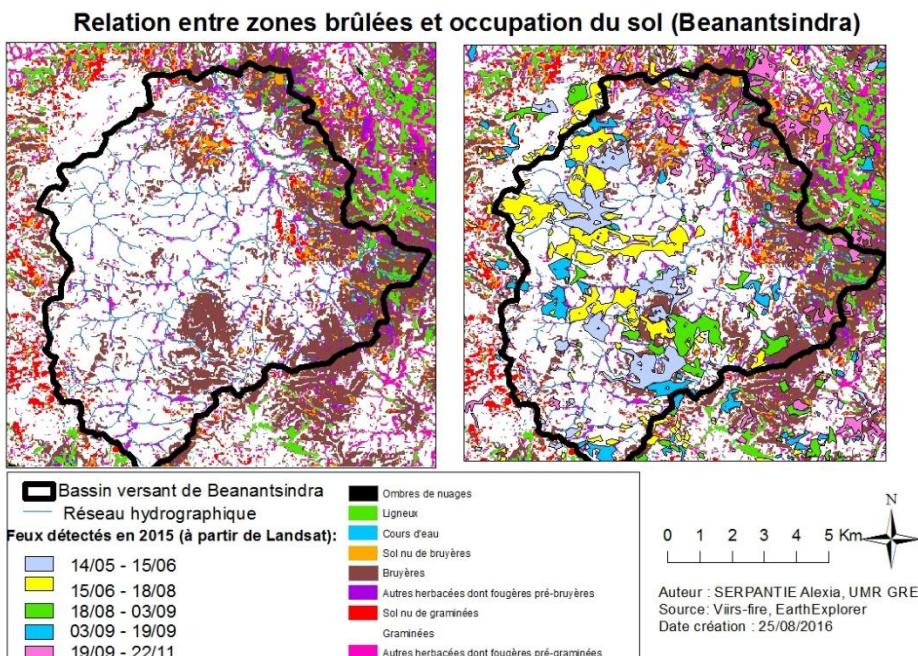


Figure 1 : Carte de la couverture du sol, et carte des zones brûlées en 2015.

Les outils de mesure actuels du « nombre de feux » (utilisant les points de feu MODIS ou VIIRS) sont performants pour l'analyse régionale des facteurs généraux du feu (climat, facteurs socio-politiques, écosystèmes). Il n'en va pas de même à grande échelle (commune, bassins versants locaux, terroirs, aires protégées) où les rares « points de feux » sous-détectés par ces satellites en disent trop peu sur l'empreinte du feu. Ces satellites semblent plus particulièrement sous-déetecter les feux précoces, qui seraient moins chauds.

Ces premiers résultats montrent que la cartographie de l'empreinte du feu à l'échelle des terroirs est possible, qu'elle est relativement aisée et peu coûteuse (mais réclame du savoir-faire et de la patience car les images sont rarement sans nuages, source de confusion principale), adaptée au sujet de la gestion locale des feux, et faisable dans le contexte d'un organisme de type ONG ou projet appuyés

sur un organisme de recherche. Les zones à nuages plus fréquents conduisent à d'une sous-détection de ces empreintes. Il faut donc interpréter ces cartes en connaissance de cause.

Nous avons trouvé aussi qu'une fois mises en forme didactique ces cartes sont intelligibles localement, et que les dialogues entrepris depuis 2015 ont porté quelques fruits, reconnaissables déjà à l'enrichissement progressif de l'information et l'apparition de sujets de débat au fur et à mesure des rencontres. Elles sont porteuses de confiance car elles apportent de la transparence.

La cartographie des zones brûlées a donc permis d'entamer un dialogue constructif sur les paramètres actuels (dates, lieux, surfaces, fréquences, enjeux, causes) des feux actuels en vue de faire progresser une gestion plus raisonnée. Celle-ci doit commencer par une sensibilisation aux processus actuels et une surveillance écologique des bassins versants en saison froide en vue d'une réduction progressive de la fréquence et de la nuisibilité des feux non désirés.

Bibliographie

Andrieu T., 2015. Impact des systèmes agraires sur les bassins versants. Deux cas en Ankaizina (Madagascar). Mémoire fin d'études Agroparitech/GRET/IRD.

Chuvieco E., Venture G., Martin M.P., Gomez I., 2005 – Assessment of multi-temporal compositing techniques of MODIS AVHRR images for burned land mapping. Remote sensing of environment. Vol. 94, p.450-462.

Eva H., Lambin E.F., 1998 - Remote sensing of biomass burning in tropical regions: Sampling issues and multisensor approach. Remote sensing of environment, 64, 292-315.

Fraser R.H, LI Z., 2002 – Estimating fire-related parameters in boreal forest using SPOT VEGETATION. Remote sensing of environment. Vol 82, pp;95 – 110.

Fuller D.O., 2000 - Satellite remote sensing of biomass burning with optical and thermal sensors. Progress in Physical Geography, 24, 543- 562.

GRET, 2016, GRET Professionnels du développement solidaire [en ligne]. *Rhyvriere II-Hydroélectricité et environnement à Madagascar*. Disponible sur : <http://www.gret.org/projet/rhyvriere2/> http://www.gret.org/wp-content/uploads/Fiche-projet_Rhyvriere_VF.pdf

Humbert H., 1927 – La destruction d'une flore insulaire par le feu : principaux aspects de la Végétation à Madagascar. Partie 5 – Mémoires de l'Académie Malgache. ED Pilot et Cie, p.78.

Jacquin A., 2010 – Thèse : Dynamique des savanes en lien avec l'usage des feux à Madagascar. Analyse par série temporelle d'images de télédétection. TOULOUSE, INPT –ENSAT/INRA.

Kana C.E, Etouna J., 2006. Apport de trois méthodes de détection des surfaces brûlées par imagerie Landsat ETM+. Application au contact forêt- savane du Cameroun, Cybergeo. Disponible sur: <https://cybergeo.revues.org/2711>

Key C.H., Benson N.C., 1999 – Measuring and remote sensing of burn severity. Proceeding of the Joint Fire Science Conference. Idaho. ED. Goldberg. P.284.

Kull C.A. Isle of Fire. The political ecology of landscape burning in Madagascar. Chicago, londo. The University of Chicago Press, 321p.

Ratianarijaona M., 2015. Contribution au diagnostic socio-environnemental de bassins versants cas de Beanantsindra et de Beandradezona (Région Sofia). Mémoire master 2IE

Serpantié A., 2016 – Qualité environnementale des bassins versants malgaches. Cartographies des couverts et des pratiques pastorales. Mémoire de stage ENSAT. Toulouse.

Trigg S., Flasse S., 2000 - Characterizing the spectral-temporal response of burned savannah using in situ spectroradiometry and infrared thermometry. International Journal of Remote Sensing, 21, 3161-3168.

25. Le regard d'un phytopathologue sur la biodiversité et le développement durable : de l'usage des marqueurs moléculaires pour la connaissance de la diversité du complexe d'espèces *ralstonia solanacearum* pour une production durable de la pomme de terre à Madagascar.

RAVELOMANANTSOA Santatra.Herilalaina. (1,2), Robène I. (2), Costet L. (2), Arribat S. (2), Cellier G. (3), Ramanankierana H. (4), Adrianjohany I. (5), Pruvost O. (2), Poussier S. (6), Guérin F. (6), Prior P. (7).

(1) Laboratoire de Pathologie Végétale, DRA, FOFIFA, Antananarivo, Madagascar. (2) UMR PVBMT, CIRAD, Saint-Pierre, La Réunion, France. (3) ANSES, Saint Pierre, La Réunion, France. (4) CNRE,

Antananarivo, Madagascar. (5) Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, Madagascar. (6) UMR PVBMT, Université de la Réunion, Saint-Denis, La Réunion, France. (7) UMR PVBMT, INRA, Saint-Pierre, La Réunion, France.

Les bioagresseurs, une biodiversité qui dérange

Un des grands défis de l'agriculture du 21ème siècle est d'accroître la production agricole pour nourrir adéquatement une population mondiale en forte croissance d'ici 2050 (FAO, 2009). Comme la biodiversité constitue le fondement de l'agriculture, son maintien est indispensable à la production de nourriture et d'autres produits agricoles pour garantir la sécurité alimentaire, les besoins nutritionnels et les moyens de subsistance à l'humanité (CDB, 2008). Cependant, il existe une autre facette de la biodiversité nuisible à l'agriculture. Il s'agit de « biodiversité qui dérange », composée d'organismes nuisibles, responsables des maladies et des famines (Lévêque, 2008), tels que les bioagresseurs des cultures dont la nature pourrait bien se passer, sans inconvénient majeur, et que l'Homme souhaite maîtriser ou éradiquer.

Les menaces omniprésentes posées par ces ennemis de culture constituent une contrainte majeure pour l'agriculture pouvant entraîner de sérieuses répercussions à long terme sur la production durable, la sécurité alimentaire et impacter l'économie d'un pays.

Le complexe d'espèces *Ralstonia solanacearum* hautement nuisible à la pomme de terre.

Parmi cette biodiversité négative figure le complexe d'espèces *Ralstonia solanacearum* (ceRs), agent responsable du flétrissement bactérien (FB), considéré comme les plus nuisibles de la pomme de terre à travers le monde. Les pertes infligées au champ et au stockage peuvent être très lourdes. A titre d'exemple, au Kenya, le FB affecte plus de 70% des exploitations de pommes de terre avec des pertes de rendement allant de 50 à 100% (Muthoni et al., 2012) ; et récemment en Bolivie, les pertes de la récolte de pomme de terre sont signalées jusqu'à 75% dans les zones à forte incidence et 100% des pommes de terre entreposées (Castillo & Plata, 2016).

Les souches qui unifient le ceRs sont de répartition mondiale et structurées génétiquement en quatre phylotypes (I à IV) (Prior & Fegan, 2005). La nouvelle taxonomie classe ces phylotypes en trois espèces : *R. pseudosolanacearum* regroupant les phylotypes I et III, *R. solanacearum* qui correspond au phylotype II et l'espèce *R. syzygii* qui correspond au phylotype IV. L'ensemble de ces souches est capable d'infecter la pomme de terre. En raison de leur exceptionnelle gamme de plantes hôtes, leur large répartition géographique, leur capacité de survie, et la diversité génétique associée (Álvarez et al., 2010 ; CABI, 2016 ; EPPO, 2015), la dispersion d'un tel agent pathogène pose de très sérieux problèmes agronomiques et économiques, notamment s'agissant des souches IIB-1 réglementés, faisant l'objet de mesures de quarantaine (Directive 2000/29/CE), dans la zone de l'Union Européenne (EPPO, 2015) et inscrit sur la liste des agents potentiels de bioterrorisme aux Etats-Unis (USDA/APHIS, 2005). Dans ce contexte, le ceRs figure parmi les bactéries phytopathogènes vasculaires les plus étudiées (Mansfield et al., 2012).

Une épidémie sévère et atypique de flétrissement bactérien menace la filière pomme de terre à Madagascar

Signalé vers 1934 à Madagascar (Bourriquet, 1946), le FB sévit de façon récurrente dans les zones maraîchères et affecte diverses cultures comme la pomme de terre, le tabac, la tomate et le haricot, avec des pertes de rendement à des proportions acceptables par les agriculteurs (Rasolofo, 1965). Aujourd'hui, un changement radical de la situation épidémiologique du FB de la pomme de terre est constaté sur les Hauts Plateaux. Si, habituellement le FB est observé sur *tanety* infectés et les symptômes se manifestent au stade de tubérisation-floraison de la pomme de terre, l'épidémie actuelle est marquée par l'infection des cultures sur rizière et également des cultures d'altitude et les symptômes apparaissent très tôt, dès le stade d'émergence complète au stade végétatif de la pomme de terre. Enfin, les variétés de pomme de terre supposées résistantes sont devenues sensibles au FB. Les pertes aux champs sont importantes pouvant aller de 20 à 100% et la maigre récolte est inapte à la conservation, à l'alimentation et à la commercialisation car les tubercules pourrissent rapidement (Andriamihaja, 2013 ; enquêtes FIFAMANOR). Le FB ne cesse de gagner du terrain et progresse dans l'ensemble des bassins de production de pomme de terre des Hauts Plateaux malgaches, et également dans quelques zones d'extension.

L'incidence accrue du FB constitue aujourd'hui une menace potentielle pour la filière pomme de terre à Madagascar avec une crainte d'extension sur d'autres cultures. Ces épidémies spectaculaires sont également source d'instabilité alimentaire majeure et compromettent les moyens d'existence des ruraux.

Explorer la diversité génétique, un préalable pour comprendre la dynamique du flétrissement bactérien.

La situation d'épidémie de FB est alarmante qu'il est urgent de mettre en œuvre une vaste étude sur la diversité des souches du ceRs présentes dans les bassins de production de la pomme de terre et de mener des investigations épidémiologiques pour comprendre l'émergence et la dispersion du ceRs. C'est un prérequis indispensable afin d'orienter les stratégies efficaces et adaptées visant à contrôler ou éradiquer la maladie. Cependant, l'état des connaissances sur la diversité des souches malgaches est très limité. Très peu de données génétiques sont disponibles à ce jour. Ainsi, il est indispensable de caractériser, d'une part, les souches responsables de FB qui affectent de façon permanente les cultures de pomme de terre. Jusqu'ici la diversité des souches prévalentes dans les bassins sont méconnus. D'autre part, il faut caractériser les souches associées à l'épidémie. Comme hypothèse, la situation d'épidémie pourrait s'expliquer par l'émergence de souches plus agressives variant des souches historiques ou l'émergence de souches cryptiques qui ont existé mais non caractérisé ou qui auraient fait un saut d'hôte, ou l'introduction de souches exotiques virulentes où les variétés de pomme de terre cultivées leur sont sensibles. L'analyse de cette diversité nous permet ensuite d'identifier les mécanismes et les principaux facteurs contribuant à la persistance et/ou recrudescence du FB dans les bassins. Il s'agit d'identifier les sources potentielles d'infection, les réservoirs d'inoculum et les mécanismes de dispersion.

Des marqueurs moléculaires pour rendre compte des aspects de la diversité génétique du ceRs sur les Hauts Plateaux malgaches

Aborder les questions biologiques sous-tendant la diversité génétique nécessite des outils de génotypage efficaces et robustes avec lesquels on peut décrire de subtiles variations génétiques. A l'aide de marqueurs moléculaires déterminés sur le génome d'un individu, le génotypage permet d'attribuer un profil génétique à un individu donné et de différencier les individus entre eux.

Dans cette étude, nous appliquons l'approche d'analyse du polymorphisme de plusieurs locus de séquences répétées en tandem ou MLVA, qui est davantage utilisée en phytopathologie comme outil épidémiologique car elle est plus pointue avec un fort pouvoir discriminant pour différencier les souches au sein d'une population. La technique MLVA consiste, en premier, à déterminer le nombre de répétitions de séquences répétées en tandem sur un locus donné puis à définir le profil allélique qui représente un haplotype. La diversité génétique est ensuite mesurée au sein de la population.

Approches méthodologiques

Notre première approche est de constituer une collection de souches géo-référencées, représentatives des principaux bassins touchés par une infection récurrente au FB, d'une part, et en situation d'épidémie récente de FB, d'autre part. Les prospections sont réalisées en trois périodes (Décembre 2012, Avril et Décembre 2013), réparties sur 12 zones agro-écologiques (ZAEs) : Antsirabe, Betafo, Faratsihy, Ambatolampy, Ambohimadana, Ambohidratrimo, Arivonimamo, Miarinarivo Soavinandriana, Ambositra, Ambohimahasoa, Manjakandriana. L'appartenance des isolats au ceRs et la détermination des phylotypes auxquelles les souches collectées sont assignées sont ensuite identifiées grâce au PCR multiplexe ceRs-phylotype spécifique (Opina et al., 1997 ; Fegan et Prior, 2005) et au PCR simplexe spécifique aux souches de quarantaine IIB-1 (Fegan et al., 1998).

Notre deuxième approche consiste à développer des schémas de génotypage MLVA capables de détecter le polymorphisme génétique entre souches. Une fois les outils mis au point, les souches du ceRs sont génotypées et les données générées sont analysées avec différents logiciels bio-informatiques pour évaluer la diversité génétique à différentes échelles spatiotemporelles, la structure génétique et spatiale sur les Hauts Plateaux. Les données d'enquêtes épidémiologiques réalisées sur terrain sont ensuite confrontées avec les données obtenues pour mettre en exergue les facteurs qui jouent un rôle dans la dynamique du FB dans les bassins.

Présence des phylotypes I, III décrits auparavant et premier signalement du phylotype IIB-1 à Madagascar.

1224 isolats au total sont constitués à partir d'une vaste prospection de 74 sites couvrant les bassins de production de pomme de terre des Hauts Plateaux malgaches. Les profils d'amplification ont montré que les isolats appartiennent au ceRs, 10% des isolats sont assignés au phylotype I ($n=124$), 18% au phylotype III ($n=221$) ; et la grande majorité des isolats (72%) tombent dans le phylotype II ($n=879$). Avec une grande surprise, la bande spécifique aux souches IIB-1 est amplifiée chez phylotype II. Il s'agit alors d'un premier signalement des souches de quarantaine IIB-1 à Madagascar. Le phylotype I est localisé généralement dans la région Itasy tandis que les phylotypes IIB-1 et III se rencontrent dans presque la totalité des zones prospectées. Le phylotype I est isolé de la tomate, aubergine africaine, pomme de terre, piment et morelle sauvage. Le phylotype IIB-1 est isolé de la pomme de terre, tomate, haricot et mauvaise herbe identifiée sur les parcelles de pomme de terre (le bident). Le

phylotype III est isolé de la pomme de terre, tomate, piment, haricot, pélargonium, amours-en-cage et des adventices comme le bident et la morelle sauvage. Les trois phylotypes affectent la pomme de terre et également la tomate. De plus, les phylotypes IIB-1 et III sont isolés des eaux d'irrigation ; ce qui suggère qu'elles constituent, au même titre que les espèces hôtes précitées, une source potentielle de contamination dans les parcelles. Compte tenu de l'importance des souches IIB-1 dans les bassins de production, nous pouvons supposer que les souches IIB-1 sont associées à l'épidémie de FB.

RS3-MLVA16 et RS2-MLVA9, deux puissants outils de caractérisation, de surveillance des souches phylotypes III et II

Nous avons développé un schéma de génotypage MLVA hautement résolutif - RS3-MLVA16 basé sur 16 marqueurs (RS3L27, RS3L28, RS3L29, RS3L17, RS3L19, RS3L30, RS3L31, RS3L32, RS3L33, RS3L34, RS1L05, RS3L35, RS3L36, RS1L10, RS3L37, RS1L12), adapté pour génotyper le phylotype III. Un travail qui a fait l'objet d'une publication scientifique (Ravelomanantsoa et al., 2016). Le schéma RS3-MLVA16 montre une bonne capacité à distinguer des souches distantes géographiquement issues de différents pays, et à relier les souches épidémiologiquement liées à l'échelle d'une localité et d'une parcelle. Le schéma est proposé à la communauté scientifique mondiale pour le génotypage des souches du phylotype III présentes en Afrique et dans les îles de la zone SOOI.

Pour caractériser les souches du phylotype IIB-1, 9 marqueurs hautement polymorphes (RS2BL25, L539, RS2BL22, L540, RS2BL21, RS2AL01, RS2BL24, L563, L504) sont sélectionnés des schémas publiés de N'Guessan et al. (2013) et de Parkinson et al. (2013), pour constituer le schéma RS2-MLVA9. Ce schéma est particulièrement discriminant pour différencier les souches monomorphes du phylotype IIB-1 et relier les souches épidémiologiquement actives à différentes échelles : dans les bassins, les ZAEs et les parcelles. Le schéma RS2-MLVA9 est proposé pour le génotypage des souches de quarantaine IIB-1.

Deux profils épidémiologiques contrastés du phylotype IIB-1 et PHYLOTYPE III.

Les deux outils développés ont permis d'évaluer le degré de diversité génétique des phylotypes III et IIB-1 prévalents sur les Hauts Plateaux. Les indices de diversité montrent une faible diversité génétique chez le phylotype IIB-1 et une diversité élevée chez le phylotype III.

A partir des données MLVA, nous avons pu aussi mettre en évidence les relations génétiques des souches à l'échelle mondiale et bassins de production des Hauts Plateaux malgaches. Le réseau d'haplotypes pour le phylotype II révèle que les souches malgaches sont apparentées aux souches distribuées mondialement, suggérant ainsi une introduction malheureuse à Madagascar. Les souches sont regroupées dans un complexe clonal structuré en étoile qui est caractéristique d'une épidémie à expansion clonale récente. Ainsi, l'épidémie du FB qui sévit dans les bassins de production de pomme de terre est attribué par l'émergence des souches introduites IIB-1. A l'échelle des bassins de production de pomme de terre, plusieurs haplotypes sont partagés par différents ZAEs. La structure génétique et spatiale des populations de phylotype IIB-1 montre que la dispersion des souches IIB-1 suit le flux de distribution de semences. Combiné avec le fait que les souches IIB-1 sont capables d'infections latentes dans les tubercules de pommes de terre (Skoglund et al., 1993), le mode de transmission se fait principalement par des échanges de tubercules semences infectées. Un mode de propagation reconnu conditionnant son succès invasif à l'échelle mondiale.

Contrairement aux souches IIB-1, le réseau d'haplotype obtenu à partir de données de génotypage des souches phylotype III, comprenant des souches mondiales isolées des pays Africains et de l'île de la Réunion, et des souches malgaches, montre que les souches malgaches ne présentent aucune parenté génétique forte avec les souches des autres pays africains et également aucun haplotype n'est partagé entre pays africains. Cette structure de réseau d'haplotypes conforte la structure endémique du phylotype III en Afrique. A l'échelle des bassins des Hauts Plateaux, les souches malgaches sont groupées en plusieurs complexes clonaux génétiquement distants entre eux, reflétant une maladie endémique. En majorité, les haplotypes ne sont pas partagées entre les ZAEs. Confronté avec le schéma de distribution de semences et comparé avec la structure spatiale du IIB-1, la structure génétique du phylotype III ne reflète pas la transmission par tubercules de pomme de terre. Il est fort probable qu'il n'y ait pas d'infection latente dans les tubercules chez ce phylotype. Bien que ces souches soient présentes en permanence dans les zones d'endémie, le phylotype III n'a pas ainsi de vocation à faire des épidémies. La structure génétique et spatiale des populations indique que le phylotype III est associée à l'endémie de FB dans les bassins de production de pomme de terre des Hauts Plateaux malgaches.

Importance et portée de l'étude de diversité génétique des souches du ceRs malgaches

Il est à noter qu'à notre connaissance, c'est une première étude d'épidémiologie moléculaire effectuée chez le ceRs à Madagascar. A l'issue de cette étude, un outil moléculaire discriminant, robuste et s'appliquant à différentes échelles spatiotemporelles est aujourd'hui disponible pour étudier le FB

provoqué par le phylotype III qui sévit majoritairement dans les pays africains. Nous avons décrit pour la première fois les souches IIB-1 à Madagascar en donnant les éléments de biologie des populations. Nous avons effectué également une première étude mondiale portant sur la biologie des populations du phylotype III. Enfin, c'est une première description conjointe de deux modèles épidémiologiques.

En outre, cette étude a dévoilé les potentialités des marqueurs moléculaires et d'une analyse génétique pour répondre aux questions soulevées par l'épidémiologie du FB. Elle permet, entre autres, de recueillir des informations pertinentes de biologie des populations du ceRs pouvant renseigner sur l'origine des souches, la nature de la maladie, le type de souche associé à l'épidémie/endémie et les sources d'inoculum possibles, le mode de dispersion. Ce qui amène, de nos jours, l'épidémiologiste à travailler à l'interface de la génétique des populations et de l'épidémiologie descriptive avec comme outils d'investigation, les marqueurs moléculaires les mieux adaptés aux questions de recherche posées. La méthode MLVA a largement fait preuve de son utilité comme outil d'investigation épidémiologique chez de nombreux agents phytopathogènes d'importance agronomique.

D'un point de vue appliqué, de telles données contribue à l'élaboration d'outils d'aide à la décision pour la gestion efficace de l'épidémie, aussi bien qu'à l'amélioration des programmes de sélection de variétés résistantes à déployer, le développement d'outils de diagnostic, le contrôle, le suivi et la surveillance épidémiologique. En effet, comme le génotypage, aux moyens des marqueurs génétiques, identifie chaque individu typé en leur attribuant une carte d'identité ou empreinte génétique, chaque empreinte génétique peut être stockée en une base de données de profils génotypiques numériques consultables via des applications Web. Cela permet de mettre en place un système d'épidémosurveillance de type comparatif ou archivé fournissant des profils numériques reproductibles, permettant la comparaison d'un large nombre de souches, la reconnaissance des profils existants et l'identification de ceux qui sont nouvellement définis. Il existe aujourd'hui un certain nombre d'outils de génotypage accessibles en réseau ou en ligne intégrant les bases de données de génotypage (Struelens et al., 1998; Carriço et al., 2012; Sabat et al., 2013).

Priorités dans la stratégie de lutte contre le flétrissement bactérien dû aux souches de quarantaine IIB-1.

Cette recrudescence de souches IIB-1 risque fort bien de mettre en péril la filière pomme de terre à Madagascar. Elle constitue également un obstacle à la rencontre de l'objectif « Faim zéro » (ODD2), freinant les efforts visant à assurer un bon niveau de sécurité alimentaire à Madagascar et notamment la santé économique du monde rural. La filière pomme de terre à Madagascar demeure encore vulnérable après une sévère épidémie de mildiou non contrôlée vers 2003 – avec une chute flagrante d'environ 30 % de la production en tubercules et tubercules semences au niveau nationale (FAOSTAT, 2016). Les agriculteurs sont aujourd'hui dans le désarroi total et abandonnent progressivement la culture. Dans ce contexte, la gestion du FB est devenue une préoccupation d'envergure nationale car les enjeux sont importants. En effet, la pomme de terre contribue à la diversification alimentaire en zone urbaine, et complémente ou substitue le riz pendant la période de soudure en zone rurale (Andriamihaja, 2013 ; GRET/CITE, 2000 ; Rasolo et al., 1987). C'est un des produits phares des Hauts Plateaux malgaches, notamment de la région Vakinankaratra qui produit environ 670 000 tonnes par an dont 40 % sont destinés pour la consommation et 60 % pour la vente (données MinAgri 2015). Au niveau national, La pomme de terre est identifiée comme étant une filière d'exportation porteuse. En effet, Madagascar a exporté vers les îles voisines telles que les Comores, Maurice, Réunion, Mayotte, Seychelles (Lexp.mu 2004 ; Monty 2012 ; Rasolo et al. 1987). La production nationale de tubercules semences de pomme de terre se retrouve également aujourd'hui contrainte par le FB. L'indisponibilité en tubercules semences saines ne fait qu'aggraver la situation phytosanitaire à Madagascar, car les producteurs ont recours à des tubercules semences non certifiées indemnes de ceRs. Les terrains infestés deviennent impropre à la culture non seulement de la pomme de terre, mais aussi d'autres Solanées comme la tomate. Ce qui réduit les surfaces exploitables. Il n'existe pas encore de lutte curative, une alternative est l'utilisation de variété résistante.

Dans ce contexte, l'urgence absolue est d'assainir le stock de tubercules infectés par les souches IIB-1 et d'instaurer des mesures d'urgence pour assainir la filière semences pomme de terre à Madagascar. Les informations recueillies à partir cette étude permet entre autres de raisonner et de mieux prendre en charge le FB. Il faut alors pouvoir stopper et garantir l'éradication de cette souche en premier lieu pour limiter des pertes de production en pomme de terre au niveau national. Une telle opération est possible, mais nécessite une approche coordonnée entre les différents acteurs de la filière pomme de terre et une stratégie de lutte intégrée sans faille.

Mesures et prophylaxie essentielles - bases de raisonnement de lutte intégrée

La souche IIB-1 extrêmement virulente est contrôlable. L'approche clé d'un programme de lutte consisterait à instaurer une stratégie d'assainissement de la filière pomme de terre incluant des actions conjointes de communication/formation sur l'épidémiologie des souches ceRs en vue de

conscientiser et sensibiliser les différents acteurs de la filière pomme de terre à réfléchir sur les différents risques et points de contrôle à maîtriser pour la gestion du flétrissement bactérien et de les inciter à adopter un plan d'action de contrôle intégré contre le FB. Il s'agit entre autres de renforcer le système de production de tubercules semences saines et de certification des semences au niveau national, et d'autre part, de renforcer le système de contrôle et de réglementation de l'importation de pomme de terre ou d'autres matériels végétaux susceptibles d'être réservoirs d'inoculum. Pour ce faire, il s'avère indispensable de réviser le schéma de certification de semences en intégrant une vérification de l'état sanitaire des plants et semences aux différentes étapes de la production, à l'aide de méthodes sérologiques ou moléculaires adaptées. D'autres mesures complémentaires doivent être prises comme le diagnostic pré-culture de la présence d'inoculum par l'indexage biologique, l'épidémiosurveillance au champ avec la possibilité d'identifier rapidement la maladie par des méthodes utilisables au champ, ainsi que la vérification post-récolte de l'absence d'infection latente. S'agissant de ce dernier point, nous devons confirmer que les autres souches du ceRs du phylotype III et I ne présentent pas d'infections latentes dans les semences de pomme de terre, au même titre que les souches IIB-1. La phase d'assainissement requiert aussi des bonnes pratiques culturelles intégrant des mesures prophylactiques incluant l'utilisation de semences saines certifiées et entières; le désherbage des parcelles de culture ; la désinfection des plants infectés et brûlage dans une fosse dédiée aux déchets contaminés de maladies infectieuses ; la pratique de la jachère, de la rotation des cultures ou du pâturage sont des solutions préconisées pour rompre le cycle d'infection ; la prohibition de jeter les fanes de cultures ou de nettoyer les équipements et matériels de cultures contaminés dans les eaux d'irrigation ou dans la rivière ; la désinfection des matériels de culture contaminés par exemple avec de l'eau de javel (Muthoni et al., 2012) ; réaliser une sélection positive et négative avant la récolte et de détruire les plantes infectées. Il est toutefois primordial de renseigner les paysans sur la symptomatologie du FB. En effet, lors de nos missions de prospection, nous avons constaté que les paysans ont tendance à confondre les symptômes du mildiou (*Phytophthora infestans*) et ceux du FB. Il est également indispensable de poursuivre la collection des souches du ceRs dans les différentes zones maraîchères non prospectées combinée à des enquêtes épidémiologiques, et le prélèvement sur les plantes soupçonnées réservoir potentiel d'inoculum.

Enfin, les données générées par cette étude de diversité génétique serviront de référentiel pour des futures études sur la dynamique des populations des souches au niveau national, sur leur dispersion au niveau de la zone Sud Ouest de l'Océan Indien et également l'évaluation de leur comportement au champ, vis-à-vis des variétés de pomme de terre et d'autres cultures de rente.

Références bibliographiques

- Bouriquet G. 1946. Les maladies des plantes cultivées à Madagascar. P. Lechevalier.
- Andriamihaja A. 2013. Madagascar : Les paysans cultivent des pommes de terre pour combler le manque du riz. Dépêche de nouvelles agricoles africaines. ARH.
- Álvarez B, Biosca EG, and López MM. 2010. On the life of *Ralstonia solanacearum*, a destructive bacterial plant pathogen. Current research, technology and education topics in applied microbiology and microbial biotechnology Volume 1.
- CABI. 2016. *Ralstonia solanacearum* (bacterial wilt of potato).
- Carriço, J., Sabat, A., Friedrich, A., and Ramirez, M. (2012). Bioinformatics in bacterial molecular epidemiology and public health: databases, tools and the next-generation sequencing revolution. *Euro surveillance: bulletin Europeen sur les maladies transmissibles= European communicable disease bulletin* 18(4), 20382-20382.
- Castillo J, and Plata G. 2016. The expansion of Brown Rot disease throughout Bolivia: Possible role of climate change. Canadian Journal of Microbiology.
- CDB (2008). "BIODIVERSITÉ ET AGRICULTURE. Protéger la biodiversité et assurer la sécurité alimentaire", in: *JOURNÉE INTERNATIONALE DE LA DIVERSITÉ BIOLOGIQUE*. Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique).
- EPPO. 2015. EPPO A2 List of pests recommended for regulation as quarantine pests: *Ralstonia solanacearum* (RALSSO).
- FAO. 2009. Comment nourrir le monde en 2050: L'agriculture mondiale à l'horizon 2050. Forum d'Experts de Haut Niveau. Rome FAO.
- FAOSTAT. 2016. Potatoes production in Madagascar 2003-2014.
- Fegan M, and Prior P. 2005. How complex is the *Ralstonia solanacearum* species complex. 449-461.
- Fegan M, Taghavi M, Sly LI, and Hayward AC. 1998. Phylogeny, Diversity and Molecular Diagnostics of *Ralstonia solanacearum*. In: Prior P, Allen C, and Elphinstone J, eds. *Bacterial Wilt Disease: Molecular and Ecological Aspects*. Berlin, Heidelberg. Springer Berlin Heidelberg, 19-33.

- GRET/CITE. 2000. Diagnostic rapide de la filière de la pomme de terre.
- Lévêque, C. (2008). *La biodiversité au quotidien: Le développement durable à l'épreuve des faits*. Quae.
- Lexp.mu. 2004. La pomme de terre malgache arrive. lexpress.mu.
- Mansfield J, Genin S, Magori S, Citovsky V, Sriariyanum M, Ronald P, Dow M, Verdier V, Beer S, Machado M, Toth IAN, Salmond G, and Foster G. 2012. Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology* 13:614-629. doi:10.1111/j.1364-3703.2012.00804.x.
- Monty. 2012. Mise en place d'une série de mesures qui aiderait à augmenter le seuil de la sécurité alimentaire de la région.
- Muthoni J, Shimelis H, and Melis R. 2012. Management of Bacterial Wilt [Rhalstonia solanacearum Yabuuchi et al., 1995] of Potatoes: Opportunity for Host Resistance in Kenya. *Journal of Agricultural Science* 4: p64.
- N'Guessan C, Brisse S, Le Roux-Nio A-C, Poussier S, Koné D, and Wicker E. 2013. Development of variable number of tandem repeats typing schemes for Ralstonia solanacearum, the agent of bacterial wilt, banana Moko disease and potato brown rot. *Journal of Microbiological Methods* 92:366-374. doi:10.1016/j.mimet.2013.01.012.
- Opina, N., Tavner, F., Hollway, G., Wang, J., Li, T., Maghirang, R., et al. (1997). A novel method for development of species and strain-specific DNA probes and PCR primers for identifying Burkholderia solanacearum (formerly Pseudomonas solanacearum). *Asia-Pacific Journal of Molecular Biology and Biotechnology* 5(1), 19-30.
- Prior P, and Fegan M. 2005. Recent developments in the phylogeny and classification of Ralstonia solanacearum. 695 ed:International Society for Horticultural Science (ISHS), Leuven, Belgium. p 127-136.
- Parkinson N, Bryant R, Bew J, Conyers C, Stones R, Alcock M, and Elphinstone J. 2013. Application of variable-number tandem-repeat typing to discriminate Ralstonia solanacearum strains associated with English watercourses and disease outbreaks. *Appl Environ Microbiol* 79:6016-6022. doi:10.1128/AEM.01219-13.
- Rasolo F, Randrianaivo H, Ratovo A, Andrianorosoa, Andriambahoaka R, Razafindraibe, Rakotondramanana, and Scott. 1987. La Pomme de Terre pour l'Autosuffisance Alimentaire: FOFIFA - FIFAMANOR - CIP.
- Rasolofo. 1965. Le flétrissement bactérien à Madagascar. In: Marseille Cdcedid, editor. Congrès de la protection des cultures tropicales.
- Ravelomanantsoa, S., Robène, I., Chiroleu, F., Guérin, F., Poussier, S., Pruvost, O., et al. (2016). A novel multilocus variable number tandem repeat analysis typing scheme for African phylotype III strains of the Ralstonia solanacearum species complex. *PeerJ* 4, e1949.
- Sabat, A.J., Budimir, A., Nashev, D., Sa-Leao, R., van Dijl, J., Laurent, F., et al. (2013). Overview of molecular typing methods for outbreak detection and epidemiological surveillance. *Euro Surveill* 18(4), 20380.
- Skoglund L, Seal S, Elphinstone J, and Berrios D. 1993. Study of Latent Infection of Potato Tubers by Pseudomonas solanacearum in Burundi. In: (eds) HGHA, editor. *Bacterial Wilt*. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra:ACIAR Proceedings p:106-110.
- Struelens, M.J., Gheldre, Y.D., and Deplano, A. (1998). Comparative and Library Epidemiological Typing Systems: Outbreak Investigations Versus Surveillance Systems. *Infection Control & Hospital Epidemiology* 19(08), 565-569. doi: doi:10.1086/647874.
- USDA/APHIS. 2005. Agricultural Bioterrorism Protection Act of 2002; Possession, Use, and Transfer of Biological Agents and Toxins. In: Register F, editor. 52.

26. Le développement social, en contexte de conservation de la biodiversité : à la fois une approche pour le renforcement de l'appropriation des populations et une finalité

SOLO Serge¹, Razafimahatratra Appolinaire²

¹WWF Madagascar Country Office, Antananarivo, ²Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo

Résumé

La question de développement social et de conservation de la biodiversité ne cesse d'alimenter des débats, tant au niveau des théoriciens que des professionnels. Tellement les conceptions sur les liens « développement/conservation » sont nombreuses qu'il est difficile de mettre en place une méthodologie et une approche consensuelle. En fait, il y a ceux qui soutiennent que c'est essentiellement la gestion durable des ressources naturelles qui pourrait engendrer un développement social. Par contre, il existe également ceux qui voient l'inverse ; c'est-à-dire que, sans développement social, il serait impossible de réussir la conservation de la biodiversité. Ces derniers revendentiquent plutôt la centralité de l'homme sur son environnement. Au regard de ce contexte, il semble important de proposer un point de vue interactionniste qui pourra élucider ou apporter une nouvelle idée sur cette question.

Cet article sera ainsi axé sur une analyse socio-anthropologique des acteurs, suite aux huit années d'observations sur les terrains. En effet, cette proposition part du principe que le développement social est à la fois une approche pour le renforcement de l'appropriation des populations riveraines des zones de conservation et une finalité pour la conservation de la biodiversité.

Mots-clés : Développement social, vue pragmatique, protection de la nature, centralité de l'homme.

Introduction

Pendant que les institutions de conservation de la biodiversité misent sur la gestion durable des ressources naturelles, comme solution aux problèmes actuels de la dégradation accélérée de l'environnement, les paysans malgaches s'engouffrent, quant à eux, de plus en plus dans l'extrême pauvreté¹⁵. A Madagascar la pauvreté devient, au-delà de sa dimension économique, un phénomène social qui occupe une place presque centrale, et dans la vie quotidienne des Malgaches, et dans leur mode de pensée. Les pressions et les menaces anthropiques affectent gravement la richesse en biodiversité qui a fait la réputation de la grande île. Il serait ainsi difficile de mettre en place un processus qui doit permettre d'atteindre un parfait équilibre entre le développement de la société et la conservation de la biodiversité.

Dans ce contexte, une nouvelle donne s'impose. Et, cet article se veut, avant tout, un guide simplifié qui va proposer une démarche contextualisée pour l'intégration des dimensions sociales dans les pratiques de conservation. Cette contribution consiste donc à proposer une nouvelle pratique, fondée sur une vision interactionniste¹⁶, afin de faciliter l'intégration du développement social dans la démarche pour la mise en œuvre des activités de conservation de la biodiversité et de gestion durable des ressources naturelles.

Dans le cadre de nos travaux de recherches, notre méthode a été axée sur une analyse socio-anthropologique des acteurs, notamment les populations locales. Pour cela, il importe de rappeler que l'analyse et les réflexions apportées dans cet article ont été construites suite aux huit années d'observations¹⁷ sur les terrains et dans différentes régions de Madagascar, notamment Régions DIANA, SAVA, Menabe, Atsimo Andrefana, Amoron'i Mania, Atsimo-Atsinanana, Boeny, Atsinanana, Melaky. Il est important de rappeler que les observations directes ont principalement été réalisées du 2008 au 2016. Ces quelques années de pratiques et d'interventions nous ont permis de construire un regard pragmatique sur la logique des populations riveraines, leurs rapports avec la nature et la problématique de développement social en contexte de conservation.

I. La perception locale de la nature

La pauvreté et les mouvements migratoires sont en train d'influencer et de changer le système social dans les milieux ruraux malgaches. Ce contexte imprègne la vie des populations rurales au-delà de simple utilisation des ressources naturelles. La perception des populations vis-à-vis de la nature aurait connu également une évolution. Ici, le principe de l'écologie humaine¹⁸ développée par Robert Park (Breslau, 1988) constitue un paradigme important pour pouvoir mieux analyser cette interaction entre la population et son environnement. L'intérêt de cette théorie sur la question de relations et d'interactions entre les humains et leurs milieux environnementaux la rend indispensable pour analyser l'évolution de la perception des populations locales vis-à-vis de leurs ressources.

¹⁵ Selon le Programme des Nations Unies pour le Développement, trois quarts de la population malgache vivent en dessous du seuil de la pauvreté de 1 dollar US par jour ; 80% de la population en milieu rural sont pauvres et dépendent fortement de l'utilisation des ressources naturelles (PNUD, 2016)

¹⁶ Cf. Théories interactionnistes d'Herbert Blumer (Interactionnisme symbolique) et de Robert Park (Ecologie humaine)

¹⁷ En Méthodologie anthropologique, les observations directes sur les terrains sont très importantes et pourraient réduire significativement les biais en contexte d'enquêtes.

¹⁸ Ce concept désigne l'ensemble d'un système formé par les milieux physique et humain. L'objet de l'écologie humaine est la construction d'une « théorie des communautés dans leur environnement » ; telle est du moins la définition qu'en donne Milla Alihan.

1- Dégradation systématique des moyens de production

Aujourd’hui encore, la pauvreté rurale (en milieux terrestres et côtiers) accentue davantage les préoccupations environnementales à Madagascar. Les paysans sont marginalisés notamment sur les plans économique et social. Avec la dégradation continue des moyens de productions, la question de survie devient un enjeu de première importance pour ces populations.

En milieu terrestre et côtier, la dégradation du système de production concerne le manque d’infrastructures et d’équipements de production, la défaillance de la maîtrise d’eaux, l’insuffisance de personnel d’encadrement agricole, mauvaises conditions climatiques (l’instabilité de la pluviométrie, cyclones, inondation, sécheresse), les problèmes fonciers (les litiges fonciers, l’insuffisance des terres cultivables¹⁹) et le faible aux crédits rentables pour les investissements.

Bref, toutes ces calamités affectent grandement le système de production en milieu terrestre et marin. Toutefois, ces paysans continuent encore à vivre cette situation. D'où un cercle vicieux dans leur lutte pour le développement économique et social. Et ce faible développement pourrait influencer significativement le mode de pensée, les comportements et les actions des populations locales.

2- Rapports des populations locales avec la nature

Les populations locales s’introduisent dans les forêts ou sortent en mer pour chercher des ressources nécessaires à leur subsistance (consommation, commercialisation). Elles voient essentiellement dans la forêt et dans la mer des endroits dans lesquels ils peuvent trouver les ressources dont ils ont besoin. Un aspect important de ces rapports réside sur le fait qu’à l’intérieur de ces rapports, il y a un intermédiaire. C'est cet intermédiaire qui caractérise les relations Paysans/nature. Mais, qui est cet intermédiaire ?

Pour les paysans, les ressources naturelles ne se créent pas spontanément ; il y a sûrement un créateur qui les a conçues pour les offrir à l’humanité. Donc, ceci implique déjà une « approbation symbolique » de la part du créateur. En effet, grâce à « Dieu-créateur », l’humanité a acquis des ressources naturelles en « don de grâce ». Ils croient toujours que ces ressources sont là aussi pour leur servir.

En gros, les relations des populations riveraines avec la nature, voire avec les ressources naturelles, sont très complexes. Elles sont régies par une logique interactionniste qui se fonde sur les conditions économiques, sociales et culturelles prévalant. Les perceptions et les rapports des populations avec la nature se diffèrent des villes aux campagnes, parce que les conditions environnantes sont également différentes entre les deux milieux.

II. Les attentes des populations riveraines vis-à-vis des ressources naturelles

Quand les paysans/pêcheurs ressentent un besoin, ils ne peuvent compter que sur les apports des ressources naturelles. Pour satisfaire leurs besoins alimentaires, ils doivent cultiver la terre ou exploiter les ressources halieutiques. Pour acquérir des revenus monétaires, ils doivent commercialiser des produits forestiers (animaux, bois, charbon, etc.) ou halieutiques. Leurs attentes sont liées directement aux ressources naturelles.

A cet égard, il y a lieu de distinguer deux principales catégories d’attente vis-à-vis des ressources naturelles chez les paysans: économique et sociale.

1- Attentes économiques et sociales

Les relations des populations riveraines avec les ressources naturelles sont fortement déterminées par les conditions du milieu. Le revenu des populations locales n'est pas suffisant, et il n'y a pas de possibilité d'épargner. Donc, elles ne peuvent en général que compter sur l'exploitation des ressources naturelles pour combler les ressources monétaires et attribuent aux ressources naturelles une fonction d'épargne.

De ce qui précède, il importe de dire que l'attente économique des populations locales vis-à-vis des ressources naturelles ne consisterait pas à créer de véritables richesses. Mais, elles s'attendent simplement à satisfaire leurs besoins en revenus monétaires, leur survie. Sur le plan social, par exemple, l'usage des ressources forestières, comme le bois (pour la construction des cases, l'énergie, etc.) correspond surtout au besoin social des populations locales. D'ailleurs, les populations locales attribuent une valeur communautaire importante à l'accès aux ressources naturelles. De nos jours, ceci est reconnu comme un droit fondamental.

Nos observations sur le terrain ont permis de constater que cette attente sociale détient une importance capitale pour les populations locales. Par contre, l'attente économique serait plutôt justifiée et renforcée par les contraintes économiques qu'elles subissent dans leur milieu.

¹⁹ En moyenne, les paysans malgaches disposent de 50 à 60 ares de parcelles par ménages

2- Dynamique de la perception des populations et les stratégies de survie

La plupart des organismes spécialisés dans la préservation et la protection de la biodiversité ne sont pas satisfaits des résultats de leurs actions. Toutefois, de telles mesures ont été prises. On interdit l'intrusion dans les périmètres protégés comme le noyau dur. On crée un système de zonage établissant des zones réservées à l'exploitation humaine, mais également à la protection de la biodiversité. Des aires terrestres et marines ont été aménagées afin de gérer durablement les ressources naturelles telles que les forêts, les eaux, la biodiversité marine et côtière, etc. L'Etat transfère la gestion des ressources locales aux populations riveraines. Les gouvernements successifs ont vu passer divers programmes environnementaux : PE1, PE2 et PE3. Mais, toutes ces actions paraissent insuffisantes, et la dégradation de l'environnement terrestre, côtier et marin continue encore, avec comme corollaire l'appauvrissement graduel des populations riveraines.

Par ailleurs, cette pauvreté grandissante influence fortement la perception des populations à l'égard des ressources. Et leurs stratégies de survie évoluent également selon les contextes qui se présentent. Une population pauvre et vulnérable voit autrement les ressources par rapport à celle qui vit en abondance. Les milieux (physique, social, économique, politique, etc.) constituent, à travers le principe d'interaction symbolique proposé par Blumer, des paramètres importants dans la construction et dans l'évolution de la perception des populations. L'interactionnisme symbolique est une grille d'analyse qui soutient que les contacts permanents qui relient les individus entre eux et avec leurs milieux vont modeler et caractériser leur mode et système de pensée (Blumer, 1971). Donc, leurs attitudes, leurs croyances, leurs modes de représentation à l'égard de leurs actions quotidiennes sont fortement façonnés par ces interactions.

La situation en milieux ruraux malgaches est fortement marquée par la pauvreté, et la perception paysanne a fondamentalement évolué comme en témoignent les deux adages malgaches, représentant les deux extrêmes évolutions de cette perception. « *Rahaoviana vao lany ala Atsinanana* ». En traduction libre, cela veut dire « Les forêts de l'Est ne s'épuiseront jamais ». Par contre, aujourd'hui et face à la réalité, les mêmes paysans ont adopté une nouvelle stratégie. L'adage suivant est expressif sur la question : « *Raha ho lany ihany ny paiso ankady, aleo hirotsaka i Mboasalama* ». Ce qui signifie que « Puisque les ressources naturelles vont s'épuiser, pourquoi ne pas en profiter ».

Face à la pauvreté, l'exploitation des ressources constitue une solution rapide et efficace pour les populations. Le renforcement du développement social au niveau local pourrait constituer ainsi une solution pérenne et efficace pour la conservation et la gestion durable des ressources naturelles.

III. Développement social comme une solution pérenne pour la conservation de la biodiversité

En 1997, le dirigeant malgache de l'époque a proposé un modèle, appelé humanisme écologique, qui témoignait de la nécessité d'un équilibre entre l'humanisme et l'écologisme. En fait, ce modèle préconise à la fois une sauvegarde humanitaire et écologique, contrairement aux activistes écologiques misant plutôt sur une sauvegarde écologique comme une finalité sacrée de la vie sociale. En France, on accuse même ces activistes de vouloir mettre en place « un totalitarisme vert ». Bref, la sauvegarde de la nature et de la planète ne sert pas l'intérêt de l'humanité, si elle ne pourra que se réduire à un « fanatisme vert ».

Par ailleurs, sur le terrain diverses tentatives ont déjà été mises en œuvre, entre autres la gestion intégrée, la gestion des ressources exclusivement par l'Etat, le transfert de gestion, etc., mais la conservation de la biodiversité ne parvient pas efficacement à définir un modèle qui puisse à la fois répondre aux besoins de gestion durable des ressources naturelles et aux exigences des acteurs, notamment en termes de développement social. De ce fait, une nouvelle donne s'impose. Il faut désormais comprendre le développement social comme à la fois une approche et une finalité dans un contexte novateur de conservation de la nature.

1- Développement : l'approche et la finalité de la conservation

La conservation de la biodiversité est un processus qui nécessite l'implication d'acteurs de différents niveaux. Les professionnels ou les techniciens assurent la mise en œuvre des stratégies et des activités prédefinies. Les populations riveraines des ressources naturelles sont également invitées à s'impliquer directement dans le processus, en leur qualité d'acteurs et de bénéficiaires.

a- Approche

La question de survie ne permet pas aux populations locales d'attendre des impacts à moyen ni à long terme de la conservation. Ils veulent avant tout des solutions rapides qui permettent au moins de répondre à leurs problèmes socio-économiques quotidiens. Ils ne seraient pas intéressés par des discours écologistes, environnementalistes, avant que leurs problèmes n'aient été résolus. Considérer le développement social comme une approche serait ainsi une démarche stratégique

pertinente. Parce qu'elle permet aux techniciens de répondre à la fois aux premiers besoins des populations et à ceux de la conservation.

Le développement social constitue un outil important pour la mobilisation des populations.

L'implication et la mobilisation des populations locales pourraient être acquises rapidement lors qu'elles voient leurs préoccupations satisfaites. En fait, c'est seulement à partir de ce moment-là qu'elles pourront prêter davantage attention à l'objet de la mobilisation.

Mise en relief entre le développement et la conservation

Si l'on initie des actions de développement comme assise matérielle de la conservation, il sera plus évident de relier le développement avec la conservation de la nature. Au fait, plus il y a développement, la dépendance de la population aux ressources naturelles pourrait diminuer. Parce que les sources de revenu seront amenées à se diversifier. La possibilité d'entreprendre sera énorme. Et la conservation pourra être mise en œuvre de façon plus efficace, avec moins d'obstacles. Les pressions et les menaces anthropiques pourraient diminuer significativement.

b- Finalité

La sauvegarde de la biodiversité fait partie des étapes du processus pour le développement. Si les impacts de la conservation n'apportent pas des profits pour l'humanité, dans quel but on pourra continuer à préserver la nature ?

Généralement, on consent à dire que le développement et la conservation sont interdépendants, mais la démarche, à partir de laquelle la question de développement social, doit être abordée dans le processus de conservation et gestion durable des ressources naturelles fait encore débat, et les avis divergent là-dessus. Mettre en exergue les forêts et les ressources naturelles sans considérer le développement social compliquerait l'intégration des projets au niveau local. Par conséquent, cet article essaie de proposer une démarche qui pourra aider les techniciens en matière d'intégration du développement social en contexte de conservation.

2- Comment aborder la question de développement social en contexte de conservation ?

La mise en œuvre des activités liées au développement social en situation de conservation de la biodiversité exige des techniciens une démarche particulière, susceptible de considérer à la fois les besoins de la gestion des ressources et les intérêts des acteurs, notamment les populations locales. La réussite de cette démarche est expressément attribuable à cette double considération. Dans cette optique, quelques étapes méritent d'être respectées afin d'assurer la régularité de la démarche :

- Etablir une ligne directrice claire sur la question de développement

Il est important que les institutions de conservation puissent établir une consigne claire sur la définition et l'importance du développement social dans le processus de préservation et de protection de la nature : le développement social se résume-t-il simplement à des petites activités génératrices de revenus ? Ou S'agit-il plutôt des appuis (techniques, financiers, etc.) qui pourront apporter des impacts transformationnels sur le niveau de vie des populations locales ?

- Bien connaître les problèmes de pauvreté au niveau local avant l'élaboration d'un document de projet

Parfois, on ne dispose pas assez de données ni d'informations sur les problèmes sociaux et économiques des populations locales au moment de la confection des projets. Il est indispensable d'avoir un diagnostic socio-économique profond.

- Eviter de substituer les activités de subsistance par d'autres activités de subsistance

Les Activités Génératrices de Revenu (AGR) proposées devront être des activités qui apportent le professionnalisme et renforcent l'esprit entrepreneurial des populations.

- Mener des activités pouvant apporter une réponse aux besoins sociaux et économiques des populations locales

Les activités proposées doivent du moins en partie répondre aux besoins socio-économiques des populations locales.

En somme, cette proposition de démarche ne sert à rien sans une volonté ferme de la part des promoteurs de la conservation de bien vouloir répondre aux deux principaux soucis : réussir la conservation et améliorer les conditions de vie des populations locales.

Conclusion

Etant en contexte d'un pays pauvre, tout ce qui peut aider directement les populations dans leur lutte pour la survie les intéresserait. Dans ce combat, les actions de développement social apparaissent comme une contribution significative pour l'amélioration de leurs conditions de vie. Ces actions

pourraient apporter des solutions aux problèmes socio-économiques des populations. Le développement social s'attribue ainsi une force mobilisatrice extraordinaire au niveau des populations locales et constitue donc un outil méthodologique et pragmatique qui pourrait renforcer la participation et l'implication des populations dans le processus de conservation, notamment en leur qualité à la fois de source de menaces pour l'intégrité de la biodiversité, mais également d'acteurs directs de la sauvegarde de la nature. Au vu de tout cela, force est de conclure que le développement social est à la fois un outil d'approche et une finalité pour la conservation et la gestion durable des ressources naturelles. Désormais, il est impératif d'appliquer les principes qui sont élaborés au niveau global (mondial) selon les contextes caractérisant les milieux.

Références

- ALIHAN, M. (1938). Social Ecology, a Critical Analysis. New York, Columbia University Press
- Banque Mondiale. (2013). Madagascar : chiffrer les coûts de la crise politique.
Disponible en ligne sur www.banquemonde.org/.../madagascar-measuring-t...
- Banque Mondiale. (2004). Profil de Madagascar.
- BLUMER, H. (1971). Social problems as collective Behavior, University of Californian Press Vol. 18, N°. 3, pp. 298-306.
Disponible en ligne sur <http://www.jstor.org/stable/799797>, accessed 02/09/2011
- BOURQUE, D. (1985). L'approche communautaire en centre local des services communautaires : les enjeux en cause et les conditions requises, Service social, Vol.34, n° 2-3, p. 328- 339. DOI: 10.7202/706276ar. Disponible en ligne sur <http://id.erudit.org/iderudit/706276ar>
- BRESLAU, D. (1988). Robert Park et l'écologie humaine_In: Actes de la recherche en sciences sociales, Vol. 74, pp.55-63.doi : 10.3406/arss.1988.2434
Disponible en ligne sur http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/arss_0335-5322_1988_num_74_1_2434
- BUTTOUD, G. (1995). La forêt et l'Etat en Afrique sèche et à Madagascar, Ed. Karthala, Paris.
- CAMPESE, J., SUNDERLAND, T., GREIBER, T., OVIEDO, G. (2009). Rights-based approaches: Exploring issues and opportunities for conservation, CIFOR and UICN, Bogor, Indonesia.
- GENDREAU, F. et al. (1996). Populations et environnement dans les pays du Sud, Ed. Karthala-CEPED
- GOUSSAULT Y., (1982), Sociologie du développement, Ed. PUF, Paris
- KHADKA, D., NEPAL, S. K. (2009). Local responses to participatory conservation in Annapurna conservation area, Nepal, Environmental management 45:351-362.
- MACLANAHAN, T., BAKER, A., ATEWEBERHAN, M. (2011). Preparing for climate change in the western indian ocean-Identifying climaterefugia, biodiversity responses, and preferred management, WIOMSA Book Series N°. 12.viii+62pp.
- PARK, R. (1936) Human ecology, The American journal of sociology, Volume 42, N°1:1-15
- Rapport de la commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'ONU. (1987). Notre avenir à tous. Disponible en ligne sur fr.wikisource.org/.../Notre_avenir_à_tous_-Rapport_...
- Programme des Nations Unies pour le Développement, (2016), Rapport annuel
- RODARY, E., CASTELLANET, C., ROSSI, G. (dir.) (2003). Conservation de la nature et développement : l'intégration impossible, Éd. Karthala et GRET, Paris.
- SCHRECKENBERG, K. and al. (2010). Social Assessment of Conservation Initiatives: A review of rapid methodologies, Natural Resource Issues No. 22. IIED, London.
- SOLO, S. (2007). La logique paysanne et la conservation des forêts. Cas de la forêt de la Montagne des Français, Mémoire de DESS, Université d'Antananarivo.

27. Contribution à la gestion et à la valorisation des espèces envahissantes des forêts de tapia - Ankeniheny Ambohimanjaka- Commune rurale d'Ambohimanjaka

RAKOTONIAINA RANAIVOSON Naritiana²⁰- RAKOTOMANANA Henintsoa²¹

²⁰Enseignant chercheur à Institut Supérieur de Technologies d'ambositra- Service d'Appui à la Gestion de l'Environnement

²¹ Institut Supérieur des Technologies d'Ambositra

1. Justifications

La forêt sclérophylle de moyenne altitude à *Uapaca bojeri*, communément appelée « Forêt de Tapia », constitue une formation forestière naturelle plus ou moins réduites à une seule espèce qui est *Uapaca bojeri*. Elle est localisée surtout dans les massifs fragmentés des Hautes Terres malgaches (Koechlin, 1974). Elle est importante par son statut de végétation originelle unique car l'espèce *Uapaca bojeri* est une espèce endémique à Madagascar.

Cependant, cette forêt est menacée de disparition à cause des exploitations abusives, des feux et de l'envahissement par les espèces introduites comme *Pinus* spp. (Kull et al. 2005). C'est le cas qui est constaté dans la Commune d'Ambohimanjaka, Région Amoron'i Mania.

Les produits issus de la forêt de tapia tels les soies sauvages, les fruits comestibles, les champignons, les plantes médicinales et les bois de chauffage jouent un rôle important dans l'économie locale car ils constituent une source de revenus non négligeables pour les riverains (Rakotoniaina, 2002).

Le présent travail a trait à l'objectif de développement durable 15 s'agissant de « préserver et restaurer les écosystèmes terrestres, en veillant à les exploiter de façon durable, gérer durablement les forêts,...et mettre fin à l'appauvrissement de la biodiversité », en particulier le point 15.8 mentionnant que « d'ici 2030, prendre des mesures pour empêcher l'introduction d'espèces exotiques envahissantes, atténuer sensiblement les effets que ces espèces ont sur les écosystèmes terrestres... »

2. Objectifs

L'objectif de cet article est de démontrer que la gestion des espèces exotiques envahissantes (EEE) telles *Pinus* est importante dans la préservation de l'intégrité de la forêt de Tapia ? mais contribue aussi à l'amélioration des revenus des communautés gestionnaires des forêts.

3. Matériels et méthodes

3.1. Site d'étude : la forêt sclérophylle de moyenne altitude d'Ambohimanjaka- Région Amoron'i Mania

Le site d'étude est la forêt de Tapia de la commune rurale d'Ambohimanjaka, district d'Ambositra, région Amoron'i Mania. Le climat est de type tropical d'altitude avec une pluviométrie annuelle de 1200mm. La végétation naturelle du site d'étude est formée par des formations sclérophylles à dominance d'*Uapaca bojeri* (Tapia) avec des présences significatives de *Sarcocena grandiflora* (Vondrozana) et de *Leptolaena pauciflora* (Fotona). Selon RAKOTONIAINA et al, 2013, le Tapia domine dans tous les endroits de la forêt, suivi de *Pinus* spp dans certaines parties. Les sols sont du type ferrallitique en général, sur socle cristallin de gneiss amphibolique et cipolin (Besaire, 1972). La population locale est constituée essentiellement de Betsileo avec quelques immigrants Merina. L'agriculture et l'exploitation des produits forestiers dominent leur système de production.

3.2. Méthodes de collecte de données

3.2.1. Inventaire des *Pinus* dans la forêt sclérophylle à *Uapaca bojeri*

L'étude du peuplement s'est basé sur les études sylvicoles (Rajoelison, 1997), aussi des inventaires floristiques par échantillonnage ont été réalisés dans les peuplements sous envahissement de *Pinus* sp. en tenant compte de la caractérisation botanique des espèces rencontrées (DEF, 1996). Le type d'échantillonnage est un échantillonnage systématique, c'est à dire que le prélèvement des individus mesurés suit un plan bien défini, donc d'une manière objective (Andrianjaka, 1998). Un taux d'échantillonnage de 5% a été opté pour obtenir un échantillon représentatif. Aussi des placettes de 20m x 20m constituent l'unité d'échantillonnage, placées aléatoirement suivant les toposéquences suivantes : le sommet, la mi-pente et les bas de pente.

Cette étude du peuplement a pour but d'établir un zonage de la forêt selon le taux d'envahissement et le potentiel de production de ces espèces envahissantes.

3.2.2. Evaluation des revenus potentiels

Les informations recherchées dans cette partie concernent la typologie des ménages concernés par la coupe de bois de *Pinus* et la fréquence de prélèvement faites par ces ménages. Ces données ont été reliées aux revenus monétaires selon les prix de vente du bois. Le type d'enquête qui a été mené est l'enquête par échantillonnage à question semi-ouverte (RAMAMONJISOA, 1996), utilisée pour collecter les données sociales plus approfondies. Les enquêtes ont été faites auprès de 41 ménages riverains des forêts de la Commune Rurale d'Ambohimanjaka.

3.3. Traitement des données

Le traitement et l'analyse des données d'inventaire ont pour but d'étudier la structure floristique et la structure spatiale du peuplement afin d'obtenir des indications sur les caractéristiques respectifs d'*Uapaca bojeri* et de *Pinus* spp. Dans la forêt d'Ambohimanjaka (nombre de tiges, surface terrière). Elle permet en conséquence d'avoir une idée sur l'histoire du peuplement, et prévoir ainsi son évolution

dans le futur. (Rajoelison, 1997). Les traitements des données d'inventaire par différents calculs ont pu déterminer un zonage des forêts de Tapia selon les taux d'envahissement en espèces exotiques. Par la suite, des traitements des données à partir des logiciels cartographiques ont été faits.

En effet, ces traitements consistent à faire sortir les points suivants :

- **Abondance** : L'abondance traduit l'effectif des tiges (d'une espèce ou d'un type biologique) dans un peuplement, pour un seuil de diamètre donné dans une unité de surface fixée. Il est exprimé en nombre de tiges par hectare (N/ha).

$$N = N/S$$

N : Nombre de tige total (N)

S : Superficie inventoriée (ha)

- **Dominance** : La dominance traduit le degré de remplissage d'un peuplement. Elle est exprimée en m²/ha et est obtenue avec la formule suivante :

$$G=\Sigma g_i = \Sigma \pi/4 \times d^2$$

G : surface terrière totale (m²/ha)

g : surface terrière par individu (m²)

d : diamètre à 1,30 m (m)

4. Résultats et discussions

4.1. Description globale des espèces envahissantes dans la forêt d'- Ankeniheny Ambohimanjaka

Les pins, qui sont des espèces introduites, de tempérament héliophile à croissance rapide (Carriere et al., 2007), ont la capacité de changer les micro-habitats, y compris la qualité du sol, pouvant défavoriser les espèces endémiques, notamment le tapia (Kull et al., 2005). Ainsi, le tableau suivant montre les principaux résultats obtenus à partir des données d'inventaire :

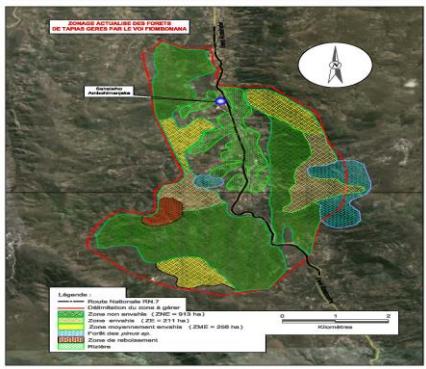
Tableau 6 : Abondance –dominance globale de Pinus pour chaque état de développement dans la forêt d'- Ankeniheny Ambohimanjaka

	Semenciers (Dhp>10cm)	Jeunes individus (10cm<Dhp<5cm)	Très jeunes individus (Dhp<5cm)	TOTAL
<i>Abondance Pinus (N/ha)</i>	14	94	238	369
%	10.44	14.39	34.89	25.11
<i>Dominance Pinus (surface terrière- m²/ha)</i>	0.60	0.20	-	0.80
%	11.49	7.66	-	10.21

Il est constaté que l'abondance des *Pinus* est relativement importante car elle est estimée à plus du quart du nombre des individus à l'hectare. Tandis que pour la surface terrière, leur importance et encore moindre car ne représente que 10.12% du total. Cela représente cependant un danger car selon Richardson and Bond, 1991, « De nombreuses espèces de *Pinus* font partie des plantes invasives les plus compétitives et les plus largement distribuées », ce qui laisse présager une nécessité de gestion et d'éradication pour protéger cette forêt sclérophylle à *Uapaca bojeri*.

4.2. Zonage de la forêt selon les taux d'envahissement

Le zonage a fait état de trois types de zonage de la forêt de Tapia selon les degrés d'envahissement des forêts de Tapia par *Pinus*. Ce type de zonage est dénommé par «' forêt non envahies (ZNE) » avec 913 ha, « forêt moyennement envahies (ZME) » avec 256 ha et « forêt envahie (ZE)» avec 211 ha. Ainsi, pour ZME, la surface terrière est de 2,4 m²/ha et pour ZE, une surface terrière de 4,06m²/ha.



Source : RAKOTOMANANA, 2014, revu.

Il y est constaté que les zones envahies sont de 467 ha comparées à 913 ha de zones non encore envahies par *Pinus*. Cette proportion est assez importante au vu des capacités communes des espèces envahissantes exotiques entre autre autre le taux de croissance rapide et la maturité sexuelle précoce (IRD, 2011).

4.3. Evaluation du potentiel exploitable de *Pinus* et de la valeur économique

4.3.1. Evaluation du potentiel exploitable de *Pinus* dans la forêt d'- Ankeniheny Ambohimanjaka

Le tableau suivant montre le potentiel évalué pour chaque type de forêt selon leur envahissement identifié à partir des inventaires.

Tableau 2 : Evaluation du potentiel exploitable en *Pinus* dans la forêt d'- Ankeniheny Ambohimanjaka

Zonage des forêts	Surfaces estimées (ha)	Potentiels m3/ha	Potentiel total en m3
ZME	256	17.6	4505.6
ZE	211	29.9	6309

Les potentiels par hectare dans cette étude varient de 17.6 à 29.9 3/ha, les chiffres pour certains pays européens vont de 50-300m3/ha selon l’Institut National de l’Information Géographique et forestières en 2012. Les potentiels rencontrés dans cette forêt ne sont donc pas comparables à des forêts de production mais sont quand même à prendre en compte dans la chaîne d’approvisionnement en bois d’énergie de la région.

4.3.2. Evaluation des revenus par la fréquence des prélèvements

Deux grandes fréquences de prélèvements ont pu être identifiées selon les enquêtes :

- ❖ Prélèvement de bois 02 fois par semaine avec des volumes de 2 stères en moyenne
- ❖ Prélèvement occasionnel quand des besoins ou des commandes de bois sont obtenus par les riverains.

En considérant un prix de vente de 9000 Ariary /stère (2.5 euros), un ménage prélevant 2 fois par semaine peut obtenir un revenu moyen de 36.000 Ariary (10 euros) par semaine. Cependant, les contraintes à cette exploitation sont l'éloignement des zones de coupe par rapport au lieu de vente qui est sur les bords de route nationale et l'absence de route et de matériels d'évacuation.

Cette importance économique est confirmée par l’IRD en 2011 qui mentionne que « *Pinus* ayant un intérêt économique lié à l’exploitation de son bois, les perspectives de gestion de cette espèce sont controversées bien qu’essentielles pour la conservation des écosystèmes ».

Conclusion

Il a été démontré que la dominance des *Pinus* dans les forêts de Tapia d’Ankeniheny Ambohimanjaka est importante bien qu’une partie de la forêt seulement est actuellement touchée par le problème. Les espèces exotiques envahissantes de par leur capacité particulière portent atteinte à la conservation de ce massif forestier. Les zonages de la forêt selon leur degré d’envahissement laissent présager une menace importante d’envahissement qui doit être prise en compte dans les plans d’aménagement et de gestion mise en œuvre. Les espèces exotiques envahissantes sont très difficiles à éradiquer. A cet effet, il semble pragmatique de devoir en trouver des utilisations apportant un développement aux

communautés tout en assurant une conservation de l'écosystème d'origine par leur exploitation d'une manière coordonnée par les riverains. A cet effet, de nombreuses activités doivent encore être entreprises à différents niveaux malgré le fait que leur exploitation représente des revenus conséquents pour les familles nécessiteuses riveraines.

Références bibliographiques

- ANDRIANJAKA M. -1998, Guide d'inventaire forestier- Manuel forestier n°9- Université d'Antananarivo-ESSA- 30 p
- BESAIRE H., COLLOGNON M., 1972- Géologie de Madagascar, Ann. Géol. De Madagascar, Fasc. XXXV, Imp. Nat., Antananarivo.
- DIRECTION DES EAUX ET FORETS (DEF)- 1996- Recueil botanique de 200 espèces forestières- Ministère des Eaux et Frêts- 503 p
- CARRIERE S.M. & RANDRIAMBANONA H., 2007. Biodiversité introduite et autochtone : antagonisme ou complémentarité ? Le cas de l'eucalyptus à Madagascar. Bois For. Trop., 292(2), 5-21
- INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DEVELOPPEMENT, 2011- Les plantes exotiques envahissantes calédonienne.
- INSTITUT NATIONAL DE L'INFORMATION GEOGRAPHIQUE ET FORESTIERES- 2012- La forêt en chiffres et en cartes- 32 p
- KOECHLIN J., GUILLEMET J.L., MORAT P.- 1974- Flore et végétation de Madagascar. Vaduz- Cramer. 679 p
- RAKOTONIAINA N.S.- 2002-Transfert de gestion des ressources naturelles et valorisation de la soie sauvage dans la forêt de *Uapaca bojeri* d'Ilaka Centre- PNUD-INITIATIVE EQUATEUR 2002.
- RAJOELISON L. G.- 1997- Etude d'un peuplement : analyse sylvicole- Manuel forestier n°5- Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques- Université d'Antananarivo- 26 p
- RAKOTOMANANA H, 2014- Elaboration d'outils d'aide à la gestion des forêts de Tapia- Cas de la Commune Rurale d'Ambohimanjaka – Mémoire de Licence professionnelle- Institut Supérieur des Technologies d'Ambositra-60p
- RAKOTONIAINA N.S.- 2002-Transfert de gestion des ressources naturelles et valorisation de la soie sauvage dans la forêt de *Uapaca bojeri* d'Ilaka Centre- PNUD-INITIATIVE EQUATEUR 2002.
- RAKOTONIAINA N.S., RAMAROSON R.- 2013- L'envahissement du *Pinus sp.* dans les forêts sclérophylles de moyenne altitude du Col des Tapia (Région Amoron'i Mania)- Communication « Colloque régional sur les espèces exotiques envahissantes des îles du sud ouest de l'Océan Indien »- Antananarivo.7 p
- RAMAMONJISOA B. S. - 1996- METHODES D'ENQUETES - Manuel forestier n°1- Université d'Antananarivo – ESSA/Forêts – 31 p
- RICHARDSON, D. M. and W. J. BOND (1989). "Determinants of plant distribution : evidence from Pine invasions." The American Naturalist 137(5): 29
- KULL C.A., RATSIARSON J. & RANDRIAMBOAVONJY G., 2005. Les forêts de tapia des Hautes Terres malgaches. Terre Malgache, 24(2), 22-58.

28. Gestion durable des ressources de la biodiversité à Madagascar : une analyse par le cadre analytique de la gouvernance

RAMAMONJISOA Bruno

Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques
Université d'Antananarivo, Madagascar

Résumé

L'importance de la richesse de la biodiversité terrestre et marine à Madagascar a été mise en évidence depuis plusieurs années. Cependant, la gestion de ces ressources pose un problème important dans leur pérennité à cause de l'importance des enjeux sociaux, économiques et culturelles porté par une multitude d'acteur interagissant dans leur usage. Malgré la mise en œuvre d'un certain nombre de politique publique et une aide importante de la coopération internationale (multilatérale et bilatérale), la biodiversité disparaît petit à petit sans que les normes formelles élaborés et parfois imposées ne puissent réguler l'usage durable de la ressource. Les jeux d'acteurs sont trop importants et génèrent autant de priorité et de règles qui vont finalement se mettre en conflit pour hypothéquer la durabilité de la gestion des ressources de la biodiversité.

Par une approche mésoéconomique, des observations portant sur l'usage des ressources au niveau local et des processus de prise de décisions au niveau central ont été conduite de 2003 à 2015 dans le cadre d'un projet de recherche financé par le FNS en partenariat avec l'IUED.

Les principaux résultats montrent que la gouvernance de la biodiversité à Madagascar tend de plus en plus vers une lutte de pouvoir pour le contrôle de l'usage de la ressource. Les acteurs stratégiques sont surtout constitués par l'Etat central, les bailleurs de fonds, les ONG internationaux, les communautés locales et les opérateurs.

L'Etat, malgré son engagement à augmenter la surface des aires protégées pour l'ensemble du pays, développe un système d'attribution (par carroyage) et délivre sur les futures zones de protection de la biodiversité des permis miniers pour l'exploration pétrolière ou la production de nickel ou de cobalt. Il est vrai que la rentabilité de l'Etat mais aussi de ses serviteurs est directement palpable dans l'exploitation minière que dans la protection de la biodiversité. L'instrumentalisation de l'Etude d'impact environnemental permettra de prioriser l'exploitation minière alors que la reconstitution de la biodiversité après de telle type d'exploitation n'a jamais été prouvée.

Il est vrai que le comportement des bailleurs de fonds, qui se sont engagés au départ pour le financement des programmes de conservation et prônent actuellement à juste titre l'autonomisation et la pérennisation financière, perçue comme une volte-face par ses partenaires nationaux a un lien avec la décision de l'état de prioriser l'exploitation minière.

La conservation restant une priorité sur le papier et dans le discours mais qui ne l'est plus dans la pratique laisse libre cours au développement de pratiques destructrices en zone forestière. Le défrichement non autorisé continue à se pratiquer, de même que les coupes illicites ou les petites exploitations minières. Dans ces pratiques dégradantes ce sont surtout les opérateurs qui tirent le maximum de bénéfice. Ces pratiques contribuent de plus en plus à générer des mouvements migratoires des zones de famines (Sud de Madagascar) vers les zones forestières de forte potentialité en biodiversité. Il s'en suit la formation de nouvelles règles qui rendent obsolète les stratégies de conservation conceptualisée il y a une dizaine d'année notamment la gestion communautaire des ressources de la biodiversité.

1 - Problématique

La biodiversité malgache, reconnu de par le monde pour sa richesse, est retrouvée dans trois types d'écosystème : Terrestre, aquatique ainsi que côtière et marines.

La grande majorité des actions de conservation de la biodiversité n'ont, toutefois, concerné jusqu'à présent que l'écosystème terrestre des forêts naturelles²² dont l'importance de la richesse en espèces floristique et faunistique en justifierait largement le choix.

Cependant, l'écosystème forestier joue en plus de cette richesse un rôle non négligeable non seulement pour la biodiversité (habitat d'un certain nombre d'espèce) mais également pour le maintien en équilibre du système agraire à Madagascar (contribute au maintien de la fertilité du sol par la conservation des bassins versants). L'importance des menaces qui pèsent, justement, sur l'écosystème terrestre justifie que, depuis l'époque de la monarchie en passant par la colonisation et jusqu'à maintenant, des mesures (répressives et incitatives) ont été développées pour diminuer la dégradation des écosystèmes forestiers.

Une très forte reconnaissance de l'importance mondiale de la biodiversité a vu le jour vers les années 1987. Le contexte économique Malgache était jugé critique (le pays était en cessation de paiement et devait avoir recours à la banque mondiale et le FMI pour la mise en œuvre d'un programme d'ajustement structurel) pendant la moitié des années 1980 et a logiquement induit à la mise sur pied d'une politique nationale d'action environnementale (PNAE). Cette politique met un grand accent sur la conservation de la biodiversité et a prévu trois phases de cinq ans dans sa mise en œuvre opérationnelle. Puisque l'écosystème forestier est le plus riche en biodiversité mais que contradictoirement il était le plus menacé, un certain nombre de stratégies y ont donc été développé et testé pour la conservation de la biodiversité Malgache dans le cadre des trois Programme Environnementaux 1, 2 et 3.

Depuis 1992, les pays concernés ont adopté les mesures nécessaires qui ont découlé de la ratification de la convention sur la diversité biologique. Madagascar, dans le cadre de l'obligation des pays qui ont ratifié la convention, a élaboré une monographie nationale en 1998 et une stratégie nationale en 2000.

Lors du Congrès Mondial sur les Parcs à Durban (Afrique du Sud), en septembre 2003, Madagascar s'est engagé à tripler la superficie des Aires Protégées du pays qui devra passer de 1,7 millions à 6

²² Les écosystèmes terrestres qui prédominent (les tanety) n'ont presque pas d'intérêt pour la biodiversité

millions d'hectares dans les cinq ans à venir, et en référence aux catégories des aires protégées de l'Union International pour la Conservation de la Nature.

Malgré la mise en œuvre de ces stratégies et indépendamment des engagements, aucun indicateur vérifiable ne témoigne de la réussite des programmes de conservation. Les données récentes témoignent au contraire du recul des forêts : 2,7%²³ dans les aires protégées, 3,5%²⁴ dans les sites de conservation et 15,9%²⁵ dans les autres forêts (Jariala, 2005).

Malgré le développement et la mise en œuvre de stratégie de gestion au niveau local (Gestion locale sécurisée et Gestion Communautaire des forêts), aucune expérience réussie de gestion communautaire pour la conservation des forêts ne peut être citée jusqu'à maintenant. L'importance des fonds investis²⁶ et la relative efficacité des ONG (World Wildlife Fund for nature, Conservation Internationale, Wildlife Conservation Society, etc...) ne permettent d'ailleurs pas de comprendre l'échec des stratégies de conservation mises en œuvre. Comment peut-on, dès lors, expliquer la pérennisation et même le développement des fronts de colonisation agraire au niveau des ressources de la biodiversité? De quelle manière pourra-t-on pérenniser la gestion des ressources de la biodiversité? La principale cause de la perte de biodiversité notamment pas la déforestation mais aussi par l'exploitation illicite des espèces est attribuée à la gouvernance forestière. Les orientations formelles actuelles convergent vers (i) la nécessité de mettre en place un système de gouvernance basée sur les classifications IUCN et consistant à l'exclusion ou à la restriction de l'usage des espaces forestiers situés dans les zones protégées et (ii) l'application d'un système d'accès à l'exploitation se basant sur un appel d'offre d'adjudication et non plus de gré à gré. A ces orientations formelles spécifiques au secteur forestier se développent également plusieurs processus de gouvernance formelle (notamment ceux liés au développement de la prospection et de l'exploitation des ressources minières) et informelles (notamment ceux induits par les mouvements migratoires visant une colonisation agraire, des petites exploitations minières ou tout simplement la production de bois d'œuvre ou d'énergie supplémentaire l'exploitation temporaire formelle). L'analyse de la gouvernance de la biodiversité a été toujours été centrée à Madagascar sur l'évaluation des normes et des pratiques de gouvernement pour la gestion de cette ressource. Cependant comme le mentionne Hufty (2007) « la gouvernance est devenue bien plus un outil politique de transformation des sociétés qu'une approche analytique ». Se pose alors un problème récurrent à l'analyse des pratiques de gouvernance dans la gestion durable des ressources de la biodiversité. En effet, les instruments actuels tendent à opérer des changements dans la mise en œuvre des normes et des règles sans se soucier des adaptations qui peuvent apparaître dans leur mise en œuvre.

Cet article vise à discuter la pertinence de l'utilisation du CAG dans un secteur où pullulent un nombre d'acteur et de situation générant une pluralité de comportements, de règles et de confrontations d'enjeux.

2 - Le cadre analytique de la gouvernance

Pour traiter le problème posé le cadre analytique de la gouvernance a été adapté à la situation Malgache. La méthodologie d'analyse a retenu les définitions suivantes :

- La gouvernance représente une catégorie de faits sociaux et est l'objet d'étude. Elle se réfère aux processus collectifs, formels et informels qui déterminent, dans une société donnée, la manière dont les décisions sont prises et les normes ou institutions élaborées dans le domaine des affaires publiques.
- Un cadre analytique est un ensemble cohérent de modèles (représentations schématiques d'une situation) associé à une méthodologie qui permette le passage entre les propositions théoriques (généralisations) et l'observation empirique.
- Le cadre analytique est un ensemble cohérent de modèle articulé autour de cinq éléments : les enjeux ou problèmes, les acteurs, les points noraux, les normes et les processus.

3 - Les enjeux

L'identification des enjeux s'est toujours fait par les outils classiques soit de diagnostic dit experte de la problématique au niveau global et national ou participatif ou non au niveau local.

Comme le mentionne Hufty (2007), la reconstruction d'une problématique peut s'effectuer pas la révision de la littérature, et à une transformation des problèmes sociaux identifiés en problèmes sociologiques. Des discussions avec les *acteurs*, ou protagonistes sont, également, préconisés pour

²³ 30346 ha soit plus de 300 ha par an

²⁴ 158247 ha soit plus de 1500 ha par an

²⁵ 809227 ha soit plus de 8000 ha par an

²⁶ 41 millions de US\$ sur 5 ans pendant le programme environnemental 2

cette reconstruction dans ce que les partisans de la démarche participative appellent le processus participatif ou l'approche dit négocié

Dans l'opérationnel l'identification des enjeux par l'approche négociée repose sur des bases techniques, juridiques, économiques et institutionnelles souvent constituées d'expériences fournies par la recherche. Elles servent à orienter les débats, mais constituent des critères de gestion à même de rationaliser l'utilisation des ressources naturelles (BUTTOUD & SAMYN 1999). Pour vérifier la pertinence et l'actualité de ces expériences, on prend soin de les confronter aux pratiques existantes.

Cette confrontation est effectuée lors de séances de « concertation » au niveau régional et même local. Deux niveaux sont souvent préconisés: au niveau national, un groupe de travail technique centré sur l'analyse des bases techniques notamment l'identification des enjeux et, au niveau régional, des groupes de travail chargés de collecter les attentes sociales et de confronter les connaissances existantes à la réalité locale. (Ramamonjisoa, 2004).

Au niveau local la méthode la plus couramment utilisée pour identifier les enjeux est le PRA/PLA (*participatory rural appraisal*, devenu *participatory research and action* ; puis *participatory learning approach*) et leur version française, la MARP (*méthode accélérée de recherche participative*, devenue *méthode active de recherche et de planification participative*). Depuis le milieu des années 90, elle est censée être au cœur des pratiques de conception et de mise en œuvre de projets, en application du principe selon lequel « les bénéficiaires doivent être associés à toutes les étapes du processus, depuis l'identification jusqu'à l'évaluation » Delville (2005).

Cette méthode a été considéré comme « extractifs » : puisqu'elle mobilise la connaissance des paysans au service des techniciens. Dans l'optique de permettre des diagnostics partagés, et de renforcer les capacités locales de diagnostic, l'ambition était désormais que ce diagnostic soit réalisé par les communautés paysannes, les équipes techniques jouant un rôle de « facilitateurs ». Delville (2005). Mais dès les années 90, des critiques sévères se font jour, une grande partie de ces critiques porte sur la pertinence et la qualité des résultats : la fiabilité des données n'est en rien assurée. C'est pour cette raison que Madrid (1998) mentionne qu'à cause de la faiblesse du savoir traditionnel (incapacité des techniques traditionnelles à s'adapter aux nouvelles conditions environnementales), il est nécessaire de trouver un compromis entre une approche ascendante intégrale et une approche descendante bienveillante. Les méthodes de diagnostic participatif deviennent alors un processus de validation des réflexions menées par les experts.

Qu'elles soient expertes ou participatives, les méthodes d'identification des enjeux sont confrontées à des problèmes de pertinence due aux biais générés par la fiabilité des données. Le diagnostic expert bute souvent sur un problème de méconnaissance de la réalité nationale, subrégionale ou locale tandis que le diagnostic participatif repose entièrement sur les capacités des animateurs. C'est ce qui explique que, le plus souvent, les enjeux des acteurs dominants deviennent les enjeux majeurs conduisant à l'élaboration d'une série de règles centrés sur leurs préoccupations.

Ainsi avec la tendance au classement d'une grande partie (67 %) de la ressource en aires protégées à Madagascar, les ressources forestières sont au centre de demandes incompatibles et conflictuelles.

Le problème majeur pour les écologistes repose sur la déforestation ou la disparition de la diversité biologique. Il se focalise sur l'accès aux produits ligneux (bois et dérivés) et non ligneux (animaux, huile essentielle) pour les opérateurs du bois. Conduit à une difficulté de répartition des terres et d'accès aux produits forestiers pour les communautés locales. Déstructure l'accès aux ressources et le maintien de l'intégrité du territoire aux autochtones. Fait émerger des difficultés d'accès aux ressources minérales du sous-sol pour les compagnies minières. Et ne donne finalement que peu de latitude pour l'Etat pour maintenir l'équilibre entre le développement économique, la conservation et la paix sociale.

4 - Les normes

41 - Caractérisation des normes

L'efficacité de la mise en œuvre des normes élaborées presuppose un comportement rationnel des individus. Cette rationalité individuelle qui est défini selon les économistes comme la rationalité maximisatrice de l'utilité (ou des bénéfices) peut être soit une rationalité instrumentale²⁷ (Billaudot,

²⁷ Agir de façon rationnelle en finalité dans un contexte où « la fin et les moyens de l'action sont parfaitement séparés » et en ne faisant intervenir « aucune considération morale ou politique concernant la validité des moyens eux-mêmes ». L'individu est ainsi doté d'une nouvelle disposition, celle de réfléchir avant toute pratique : cette dernière résulte d'une décision, c'est-à-dire d'un choix entre diverses solutions. La rationalité devient alors utilitariste : les désirs se portent sur des biens jugés utiles, y compris biens communs. On exclut alors à la fois le désir de satisfaire le désir de l'autre et celui de désirer sa présence (communiquer avec lui). Un bien est un objet que l'on désire. L'objectif de l'individu est de disposer de biens qui lui apportent de la satisfaction.

2004, Buttoud -Yunusova, 2002) soit une rationalité substantielle parfaite²⁸ (Billaudot, 2004) pour les néo-institutionnalistes. Les règles collectives sont alors considérées comme un besoin induit par cette rationalité individuelle.

Cette approche dominante est difficile à mettre en œuvre dans les pays du Sud notamment en Afrique dans la mesure où "les comportements des agents africains ne conduisent pas généralement aux résultats attendus par l'économie orthodoxe" (Hugon, 1993²⁹). L'archétype de la rationalité occidentale étant spécifique aux seules sociétés marchandes (ou économie marchande³⁰), la théorie du comportement utilisée pour la formulation des hypothèses ne peut rendre compte de la rationalité de l'économie domestique³¹ caractérisée par la juxtaposition de divers champs sociaux, économiques et culturels dans lesquelles les normes changent en fonction de nombreux facteurs notamment des relations de pouvoir existants. Or, c'est dans cette forme d'économie informelle que se pratiquent un grand nombre d'usages des ressources forestières (allant du simple prélevement de nourriture en zone forestière à la bio prospection) dans les pays du Sud.

Si la préférence n'est pas maximisatrice de l'utilité ou du bénéfice mais plutôt sociale ou culturelle, il est donc nécessaire d'expliquer l'existence de règles par l'approche institutionnaliste dans laquelle se confrontent Individualisme méthodologique³² et holisme méthodologique³³.

Plusieurs approches institutionnalistes existent et aux questions posées par Hall et Taylor en 1996 (comment construire la relation entre institution et comportement; et comment expliquer le processus par lequel les institutions naissent et se modifient) Billaudot (2004) oppose:

- Calcul (stratégie) et culture (routine) pour expliquer la raison d'adoption d'un comportement conformes aux règles par l'individu.
- Coordination (cognition) et conflit (pouvoir) comme sources du pouvoir.

Transposé à la situation de l'usage des ressources forestières à Madagascar caractérisée par le formel et l'informel nous pouvons avancer deux hypothèses :

- Le formel préfère le calcul comme raison d'adoption du comportement conformes aux règles et la coordination comme source de pouvoir et
- L'informel choisit la culture comme raison et le conflit comme source du pouvoir.

Le formel peut être analysé à partir de l'approche de l'institutionnalisme rationnel³⁴ qui dérive de la théorie du bien être en essayant de tenir compte de la stabilisation des droits de propriété (que supposent les marchés), de la recherche de rente et de la réduction des coûts de transaction (Dehove, 2002; Billaudot, 2004). L'institution est considérée comme un ensemble de règles et de procédures dont le rôle est fixé au niveau de la réduction de l'incertitude, des coûts d'information et de transaction et dans le choix d'agenda. C'est pour cette raison que les défenseurs de la gestion locale préconisent l'inséparabilité entre transfert de gestion et sécurisation foncière (Maldidier, 2001). Dans laquelle l'institution doit servir à réduire incertitude, coûts d'information et de transaction. La rationalité dans cette approche est construite en fonction des contraintes et des nécessités de maximisation des acteurs. Le formel préconise l'outil d'analyse transactionnelle pour comprendre les phénomènes sociaux existants.

L'informel peut être analysé par l'institutionnalisme sociologique³⁵ qui dérive de la théorie des organisations dans laquelle l'institution fournie elle-même les moyens de son action et bien entendu formule les réponses en renforçant la légitimité sociale de ses participants (Dehove, 2002). La rationalité est construite en fonction de l'interprétation de l'action.

²⁸ La rationalité substantielle opère parfaitement. L'individu dispose d'une information complète sur la structure du problème auquel il est confronté, ainsi que d'une capacité de calcul infinie sans coûts et d'un ensemble complet et ordonné de préférences

²⁹ L'*"Homo africanus"* est-il irrationnel. Cahiers des Sciences Humaines. 1993.

³⁰ JJ Rousseau. *Economie politique*. 1795.

³¹ Point de rencontre entre l'économie souterraine ou informelle et le social créant ainsi un espace sans frontière muni d'affection selon CONSTANTIN F. (2001) : L'informel internationalisé ou la subversion de la territorialité. *Sociologie politique. Cultures et conflits*. Paris. 12 p. <http://www.conflicts.org>

³² Dont le principe "affirme que l'on ne peut considérer comme adéquates les explications des phénomènes sociaux, politiques et économiques que si elles sont formulées en termes de croyances, d'attitudes et de décisions individuelles" [Blaug, 1994 : 44] Billaudot (2004)

³³ Dont le principe est que "les ensembles sociaux sont censés avoir des finalités et des fonctions qui ne peuvent pas être réduites aux croyances, attitudes et actions des individus qui les composent" [Blaug, 1994 : 44] Billaudot (2004)

³⁴ Est une approche qui a pour norme méthodologique "on doit partir des individus et on doit passer par des objets collectifs". Elle est rattachée au principe de l'individualisme méthodologique (Billaudot, 2004)

³⁵ Est une approche qui a pour norme méthodologique "on part à la fois des individus et d'objets collectifs". Elle est rattachée au principe de l'holisme méthodologique notamment l'holisme ensembliste (Billaudot, 2004)

L'approche de l'évaluation des normes à Madagascar a toujours été conceptuellement définie dans le cadre du formel. L'analyse du problème de la mise en œuvre des normes de gestion des ressources forestières est souvent approfondie à partir de l'analyse institutionnelle dérivant de l'institutionnalisme du choix rationnel.

Cependant, ce type d'approche :

- Préconise l'analyse transactionnelle pour comprendre les réseaux alors que le secteur informel n'est pas uniquement fait de contrat et de transaction mais aussi de relation. Ce type d'analyse ne peut donc détecter que le contenu marchand et contractuel des relations. De plus, en essayant d'annihiler les relations de pouvoir et de confiance l'analyse transactionnelle limite par la même occasion les facteurs structurant du jeu économique (Plociniczak, 2002)
- Ne tient pas compte justement d'une rationalité qui est construite en fonction de l'interprétation de l'action tel que le définit l'institutionnalisme sociologique (Theret, 2000; Dehove, 2002).

Puisqu'il s'agit s'observer les règles dans cette espace informelle, les théories "classiques" d'évaluation des politiques publiques ne sont plus suffisantes pour expliquer les phénomènes sociaux existants. En effet, si l'on ne considère que les transactions foncières, on constate qu'elles sont plus focalisées sur les systèmes d'arrangements (fermage, métayage, droit d'usage) que sur le droit de propriété (Andrianasolo, 2004).

L'approche de l'institutionnalisation sociologique est donc celle qui permet de mieux observer la naissance et l'évolution des règles. Elle constitue un champ de vision et d'analyse qui devrait permettre de mieux comprendre la démultiplication du dynamisme privé proche de l'informel³⁶ et la meilleure façon de l'exploiter pour l'amélioration du système de régulation institutionnelle ou économique.

42 - Caractérisation des comportements

La caractérisation des comportements part de l'opposition traditionnelle entre deux représentations de l'homme celle de *l'homo oeconomicus* agissant de façon rationnelle et celle de *l'homo sociologicus* mu par des normes sociales [Orlean, 1994] pour affirmer que tout agent économique est confronté à deux types de repères qui guident le choix de leur action : les limites spatio-temporelles³⁷ (qui caractérisent les normes juridiques et organisationnelles) et les limites contextuelles (caractérisant les interrelations entre individus par rapport à des enjeux économiques, sociaux ou culturels). Ces deux systèmes de repérage ont conduit à construire deux types de relations : les relations de natures transactionnelles et celles de nature sociaux culturelles organisé autour de rapport de pouvoir.

421 – Rationalité sociale

Les difficultés rencontrées par les acteurs de la gestion des ressources forestières à appliquer les métas normes (participation, développement durable) et l'importance acquise par les normes régulatrices (Hufty, 2004) ont contribué à orienter la rationalité de l'agent économique³⁸ vers la préférence pour les valeurs sociales et culturelles.

Les facteurs rares qui conditionnent l'optimisation du gain³⁹ sont la notoriété sociale et le respect des règles coutumières. La maximisation des profits passe inévitablement par la recherche de notoriété qui doit permettre d'affirmer la supériorité dans l'application des normes coutumières.

Les acteurs développent plus une stratégie d'ascension sociale que de compétitivité économique visant à l'accumulation de pouvoir et au positionnement dominant. La maximisation des profits passe par la recherche de notoriété qui doit permettre d'affirmer sa supériorité dans l'application des normes régulatives.

L'expression de cette logique est différente suivant le niveau considéré du local à l'international et d'un milieu social à un autre (groupe culturel, professionnel, familial, villageois, etc...). Elle est définie comme étant une rationalité contextuelle⁴⁰ Maesschalck (2001) permettant à l'acteur de s'adapter au

³⁶ Selon la définition des économistes, la transnationalité (pour les internationalistes) ou des réseaux (pour les différentes disciplines des sciences sociales et de la communication) Constantin, 2001

³⁷ La rationalité individuelle, dans la théorie économique dominante, consiste à définir l'individu comme un maximisateur d'utilité espérée et l'entreprise comme un maximisateur de profit, cette maximisation se faisant dans les deux cas sous contrainte de budget (C. Mouchot, 1996, p. 255).

³⁸ Evoluant dans les pays du Sud

³⁹ Si l'on peut définir ainsi la différence entre la misère et le seuil minimal de survie qui caractérise les populations des pays pauvres.

⁴⁰ Qui mérite d'être approfondie dans le sens où elle peut être défini comme un mixte de rationalité (instrumentale) procédurale au sens de Simon (1976) et de rationalité communicative au sens d'Habermas (1981). La rationalité est dite procédurale quand elle est appréciée au regard de la procédure suivie pour prendre la décision (en terme d'intérêt propre) Billaudot, 2004. La rationalité communicative est un potentiel de rationalité contenu dans la base de validité d'un discours que les agents sociaux exploitent pour enchaîner leurs actions réciproques les unes aux autres à travers la liaison intersubjective des personnes, de façon à traiter coopérativement une situation. (Quere, 2005).

changement fréquent de positionnement social en fonction du pouvoir de l'individu avec lequel il est confronté. C'est le même type de rationalité qui guide le comportement des acteurs à participer, selon des degrés divers, à plusieurs registres avec plusieurs référents symboliques et marchands, occidentaux et ethniques comme le dit Hugon (1993). La satisfaction aux obligations collectives ou à l'impératif communautaire constitue ainsi un préalable au calcul utilitariste qui devient ainsi résiduel. Elle est l'expression d'interaction / transaction coopérative⁴¹ entre les acteurs (Huft, 2004).

Cette rationalité contextuelle ou social résulte de deux sources possibles liées à la culture:

- a) Celle induite par la persistance du mode d'organisation familiale (communautaire) dans laquelle le pouvoir unique est central et attribué au chef. Ce dernier est le seul détenteur du pouvoir de gestion des ressources et chargé de perpétuer les normes. Les membres doivent se soumettre aux règles et, en contrepartie, sont conférés du droit d'usage de la ressource communautaire. Le système de sanction est souvent moral (mais pouvant aller jusqu'à l'exclusion) ou du type normatif (Powel 1990 in Plociniczak, 2002) tandis que le mode de contestation est indirect.
- b) Celle induite par la nécessité de s'adapter à la domination d'acteur externe à la société. Dans l'habitude familiale traditionnelle tout étranger qui intègre un groupe communautaire devient membre uniquement quand il se soumet aux règles existantes. Ce système permet aux normes de se pérenniser tout en restant inaltérable dans le temps. Cependant, cette règle a évolué vers la dominance des acteurs externes (expatriés ou mignats) dès lors que ces derniers puissent imposer leur règles. Ainsi, à cause de la nécessité pour le pays de mettre en œuvre un programme d'ajustement structurel a conféré un pouvoir hiérarchique dominant à des institutions étrangères (bailleurs de fonds, ONG internationales) en focalisant la notion de ressource sur l'économique et non plus sur le capital social ou le prestige (Huft, 2004). Malgré le discours qui vise à l'établissement d'une relation de transaction de négociation⁴² entre les acteurs, dans la pratique, la nature de ces transactions est restée celle du type de direction⁴³ ou de répartition⁴⁴. L'insoumission aux règles ou l'absence de prise en compte des coutumes locales ont provoqué une situation d'interaction conflictuelle entre les acteurs où le dominant arrive à imposer les siennes.

422 - Rationalité économique

Le fondement de la rationalité économique est l'existence de repère spatio-temporel qui guide les marges de manœuvre de tout agent. Un texte juridique comme une convention débute par la définition de ce repère spatial (ressource) avec des échéances temporelles (mise en application dans le temps).

Le comportement normatif de chaque individu est lié à ce repère spatio-temporel qui devient la logique de la rationalité économique (Kun, 1998; Laslier, 2001). L'objectif est de maximiser les profits (pour l'entreprise) ou (l'utilité) pour le consommateur. Du fait du nombre élevé d'agent économique, la maximisation (des profits et de l'utilité) ne peut se faire que sous contrainte (institutionnelle, spatiale).

La logique économique peut être caractérisée par l'acceptation de l'acquisition de valeur d'un produit à partir du travail et la génération d'un bénéfice à partir d'un placement de capital. Cette même logique enjoint donc à accepter que tout travail soit rémunéré et a donc un coût. Toutes ces contraintes sont ensuite considérées pour analyser la viabilité d'une organisation. Les recherches menées dans le cadre du développement économique se sont, généralement, orientées vers la recherche d'un modèle permettant la génération de bénéfice en essayant de diminuer les coûts par l'effet, entre autre, d'économie d'échelle (Yildizoglu, 2003).

On a, cependant, tendance à s'éloigner du choix rationnel instrumentalisé puisqu'on assiste à l'émergence de la possibilité d'un choix interprétatif des règles par l'individu (Batifoulier, 2002) ramenant le système de repérage au contexte (à la conjoncture).

⁴¹ L'action collective résulte des interactions / transactions entre les acteurs, qu'elles soient conflictuelles ou coopératives, aux arrangements qu'ils concluent ou décisions qu'ils prennent et à leur application.

⁴² Les transactions « de négociation » déterminent les règles collectives relatives au transfert du droit de propriété sur un objet ou un travail (achat, salaire). Elles supposent un rapport d'égalité de droit entre les acteurs, qui peut (mais ne doit pas) être garanti par une autorité tierce. Le rapport transactionnel qui s'établit, allant de la persuasion à la coercition, est fonction du pouvoir de marchandise de chacun des acteurs en présence (Huft, 2004).

⁴³ Les transactions « de direction » organisent la production des biens et services ainsi que les relations de travail selon le principe d'efficience. Les acteurs se trouvent dans un rapport d'inégalité économique et juridique, où l'un ordonne et l'autre obéit, dans la mesure des règles fixées par les transactions de négociation (Huft, 2004). Au Niveau national : les bailleurs ordonnent et le gouvernement obéit

⁴⁴ Les transactions « de répartition » organisent le rationnement et la distribution des richesses produites selon le principe de soumission au gouvernement ou à l'autorité. Elles supposent un rapport d'inégalité entre acteurs et l'obligation des assujettis de respecter les décisions prises par le souverain, garantie par sa revendication du monopole de la violence (Huft, 2004). Au niveau local : l'affectation des terres

423 – Antagonismes et complémentarité entre les deux types de rationalités

Rationalité économique et contextuelle sont à la fois antagoniste et, contradictoirement, complémentaire.

En effet, "le comportement contextuel des acteurs sociaux de l'informel se construit le plus souvent en réaction à une situation de désarroi conjoncturel ou à un échec d'une forme particulière d'organisation politico administrative" (Constantin, 2001). L'informel a donc besoin du formel pour survivre. Le plus souvent les normes découlant des contraintes spatio-temporelles constituent la ressource même de l'informel (Constantin, 2001). Comme le montre Bonnal et al (1997) sur les prédispositions des populations à interpréter à leur manière les projets selon les dynamiques sociales et les clivages sociaux qui pré existent. Les projets servent implicitement à se répartir les ressources nouvelles injectées et/ou à renforcer les positions par rapport aux enjeux locaux régulés ou disputés par différents groupes d'acteurs.

Dans bon nombre de pays Africain, l'informel sert à renforcer des stabilités politiques (Bornand, 2003), il faut pour cela avoir l'aptitude de jongler entre les normes imposées par les bailleurs de fonds et la nécessité de fonder une légitimité par une accumulation re-distributrice et un sens d'équité.

Cependant, la complémentarité de l'informel et du formel n'est pas toujours vérifiable.

- D'une part, car les deux sont évolutifs, l'informel s'est adapté aux mutations des systèmes de gouvernement, et car toute interaction sociale suppose une contradiction entre intimité et relation, ouverture et fermeture, transparence et secret, règle et transgression, alliance et rejet (Monnier, 2003).
- D'autre part, les relations humaines et la résolution des problèmes quotidiens échappent souvent à la règle et au contrôle institutionnel (à la loi, la justice ou l'état) (Monnier, 2003, Buttoud, 1995⁴⁵). En l'absence d'un repère légal (matérialisé le plus souvent par la norme juridique liée à l'espace et au temps) qui structure les relations entre les individus, la norme contextuelle s'établit de fait.

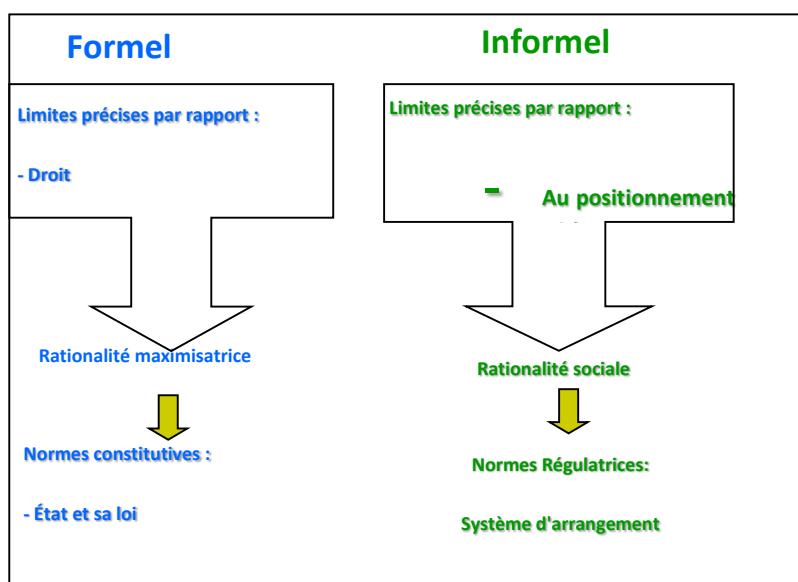


Figure 1 : Dualisme normes constitutives/régulatives et rationalités correspondantes

43 – Pouvoir conférés par ces types de rationalités dans le contexte de la gestion durable des ressources de la biodiversité à Madagascar

En transposant la rationalité de l'homo oeconomicus à la gestion des ressources forestières, on identifie non seulement des contraintes juridico institutionnelles mais aussi des contraintes biologiques qui tiennent à la considération qu'une ressource forestière vit et que même sans intervention anthropique

⁴⁵ Les paysans préfèrent donc pour beaucoup de raisons leurs propres coutumes, qu'ils maîtrisent mieux que la loi des forestiers, et qui, en théorie comme en pratique, les arrangeant plus. Buttoud, 1995. Page 33.

elle peut vieillir et mourir. Cette dernière contrainte semble pourtant être ignorée par l'ensemble des acteurs en présence.

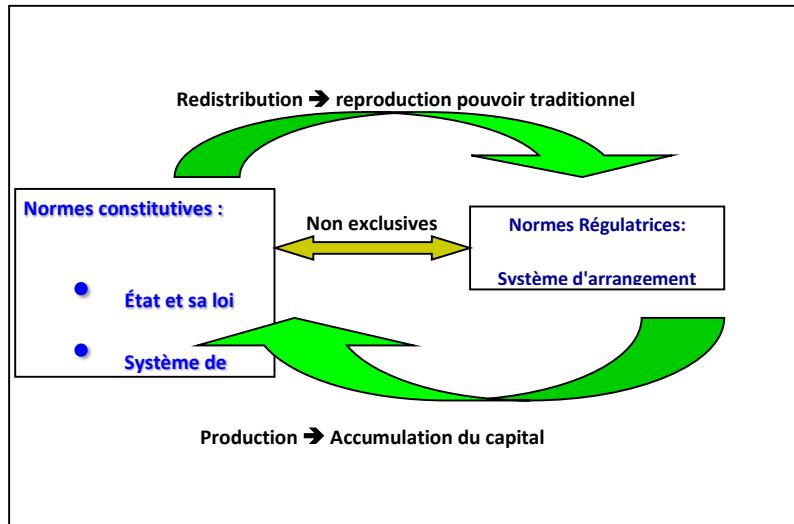


Figure 2 : Interaction entre normes constitutives et régulatrices

Les groupes sociaux s'insèrent dans un régime d'accumulation de capital où "l'économie officielle consacre un certain type d'ordre social strictement organisé autour de l'intervention croissante des pouvoirs publics" (Barthe, 1996). Le mécanisme de redistribution des bénéfices, mis en place à cet effet, contribue à maintenir un niveau insignifiant de différence hiérarchique entre les groupes sociaux. Charmes (1996) le justifie par le fait que la redistribution contribue à alimenter les circuits de subsistance et à reproduire de ce fait les pouvoirs traditionnels à travers les circuits cérémoniels. Les groupes sociaux peuvent alors évoluer dans le cadre d'un régime d'accumulation du capital avec des règles formelles connues et respectées de tous.

Quand les pouvoirs publics ne peuvent plus maintenir une intervention croissante dans le maintien d'un ordre social équitable provoquant inégalité et précarité sociales (Löwenthal, 2000), conséquemment à un affaiblissement de la situation économique notamment (pour le cas Malgache depuis la mise en œuvre du Programme d'Ajustement structurel), le fossé entre institutions "modernes" et traditionnelles augmente et contribue à une désagrégation des groupes sociaux à l'intérieur du régime d'accumulation du capital. Cela entraîne le raffermissement du pouvoir des dominants possédant les capacités de transgresser les contraintes légales et à la diminution de celles traditionnelles dominés acculés, elles, à aller au-delà des limites de l'exploitation des ressources biologiques.

On assiste alors à l'apparition de deux types de pouvoirs (essentiel pour comprendre comment se construisent les actions collectives à partir des comportements individuels⁴⁶) qui ont pour essence d'organiser l'action, hors du champ restreint de la contrainte et de la domination formelle (le régime de l'accumulation ou le domaine du réalisable) : le pouvoir de l'autorité et le pouvoir de compassion.

Le pouvoir de l'autorité⁴⁷ est caractérisé par une forme de pouvoir imposant à la fois une obéissance acceptée et sans contrainte ainsi que la confiance et le respect.

⁴⁶ Selon la Théorie de l'acteur stratégique développée par Crozier et Friedberg, 1996.

⁴⁷ L'autorité donne du pouvoir sur les autres, que cette autorité soit naturelle (charisme, charme) ou fondée sur la reconnaissance d'une compétence, d'une expérience, d'une sagesse supérieures qui justifie qu'on s'y réfère et qu'on s'y soumette. Cette forme de pouvoir n'existe que là où il existe une hiérarchie spontanée et forte entre les individus. (Verdun, 2001)

Le pouvoir de compassion est un mixte de persuasion⁴⁸ et de manipulation⁴⁹ qui vise à susciter l'émotion, l'adhésion et à contraindre quelqu'un à faire ce qu'il n'a pas réellement voulu.

Si les sources classiques du pouvoir défini par la démarche de la sociologie des organisation (Crozier et Friedberg, 1996) relèvent de la possession d'une compétence ou d'une spécialisation fonctionnelle difficilement remplaçable (l'expert étant le seul à pouvoir disposer du savoir-faire, des connaissances et de l'expérience); de la maîtrise des relations avec l'environnement et de la communication, les pouvoirs identifiés dans le cadre de la mise en œuvre des politiques forestières semblent n'avoir pour source que celle de la transposition du mode de relation social malgache traditionnelle dans la gouvernance formelle des ressources forestières.

En effet, le mode de relation social traditionnel est caractérisé par le respect de la hiérarchie dominante couplée à un mode de contestation indirecte et un respect vis-à-vis des faibles. Le pouvoir autoritaire est donc conféré uniquement aux acteurs dominant dans le positionnement social sans que des compétences particulières puissent se prévaloir.

5 - Les acteurs

Le cadre analytique de la gouvernance définit les acteurs comme des individus ou des groupes. Leur action collective entraîne la formulation de normes (ou de règles du jeu ou de décisions) qui orientent le comportement des acteurs et sont à leur tour modifiées par l'action collective. Cette dernière découle de l'interaction entre les acteurs, qu'elle soit conflictuelle ou coopérative, des transactions, des accords et des décisions prises ainsi que de leur mise en œuvre (Hufty , 2007).

La littérature (notamment Townsley, 2003), sur ce sujet propose une démarche analytique reposant sur la nécessité d'identifier les acteurs puis à s'interroger sur leurs caractéristiques. Le nombre et les caractéristiques des acteurs de la gestion durable de la biodiversité diffèrent, pourtant, en fonction du niveau spatial d'analyse et des processus ou enjeux observées.

Au niveau national, l'analyse historique de la gestion de la biodiversité montre par exemple l'émergence d'acteurs depuis la mise en œuvre du PNAE. Ainsi, avant le PNAE la gestion de la biodiversité a été caractérisée par l'existence de seulement deux groupes d'acteurs : Le groupe des gestionnaires, constitué par l'Etat et les bailleurs de fonds et les groupes des utilisateurs, constitué par les opérateurs et les communautés de base. Avec le PNAE, le nombre d'acteurs émergents a augmenté de telle façon que pendant la seconde phase du PNAE les groupes d'acteurs suivant ont été identifiés :

- le groupe des autorités politiques (les structures des ministères en charge de la gestion des ressources naturelles qui distinguent l'aspect politique de la ressource dévolue au ministre, à son cabinet, au secrétaire général et au responsable administratif – niveau MEF- de l'aspect technique laissé à la charge d'une direction générale et ses structures déconcentrées) en charge de l'orientation générale de l'affectation de l'usage des ressources (forestière, financières) et de l'élaboration des règles d'accès et d'usage des ressources forestières.
- Le groupe des gestionnaires ou responsables techniques (administration publique DGEF) en charge de la gestion technique des ressources forestières effectuant le contrôle de l'usage de la ressource.
- Le groupe des Bailleurs (incluant les ONG internationaux) en charge du financement mais aussi de l'orientation de l'affectation de l'usage des ressources naturelles et forestières.
- Le groupe des structures d'exécution incluant les ONG nationaux, perçu comme une administration parallèle puisqu'elle concurrence l'administration publique dans la réalisation opérationnelle des actions en charge de la mise en œuvre des projets développés.
- Les opérateurs qui utilisent les ressources ligneuses (bois et produits transformés dérivés du bois), non ligneuses (animaux, fibres et plantes médicinales) et minières.
- Le groupe des communautés paysannes (migrants et autochtones) qui utilisent les ressources ligneuses mais aussi les réserves foncières situées en zone forestière et le sous-sol.

L'analyse par la détermination de leurs caractéristiques et leur degré d'importance ne pose pas de problème majeur. La difficulté repose essentiellement sur l'identification des véritables acteurs jouant un rôle dans les processus de gouvernance. L'analyse institutionnelle préconisée n'est pas toujours suffisante pour identifier les véritables acteurs des pratiques souvent confinés dans l'informel.

⁴⁸ La persuasion est une action du sujet destinée à provoquer l'adhésion, en touchant la sensibilité. Il s'agit d'imposer en douceur sa volonté, de faire vouloir faire aux autres ce qu'ils n'avaient pas nécessairement et spontanément l'intention de faire, en les persuadant, en parvenant à les convaincre de l'intérêt, de la valeur, du bien-fondé de l'action exigée. (Verdun, 2001).

⁴⁹ La manipulation constitue une variante de la persuasion : lorsque A influence B à son insu et l'oriente sans qu'il le sache vers le comportement souhaité. (Verdun, 2001).

Pour le cas du phénomène de défrichement par exemple, les acteurs identifiés dans les sites d'observation d'Analajirofo, de Ranomafana (Ambohimahamasina), du Menabe et de la région Sud-Ouest de Madagascar montrent que les acteurs institutionnels identifiés dans des processus de lutte contre le défrichement sont le plus souvent des organisations qui ne peuvent justifier d'un rôle actif (même dissuasif) dans la pratique elle-même. En réalité, la pratique est plutôt régit par une règle informelle dans laquelle intervient pourtant des organisations légalement constituées comme le service forestier local qui délivre le permis de défricher (loi non abrogée), les collecteurs et les opérateurs exportateurs (officiellement munis de numéro d'identification fiscale et de numéro statistique donc opérant avec des documents officiels), les services territoriaux décentralisés (qui prélèvent les ristournes à leur niveau respectif sur base d'arrêté officiel) et même le service des douanes (qui avalise l'exportation légale du riz ou du maïs produit en zone de défrichement en prélevant des droits de douane).

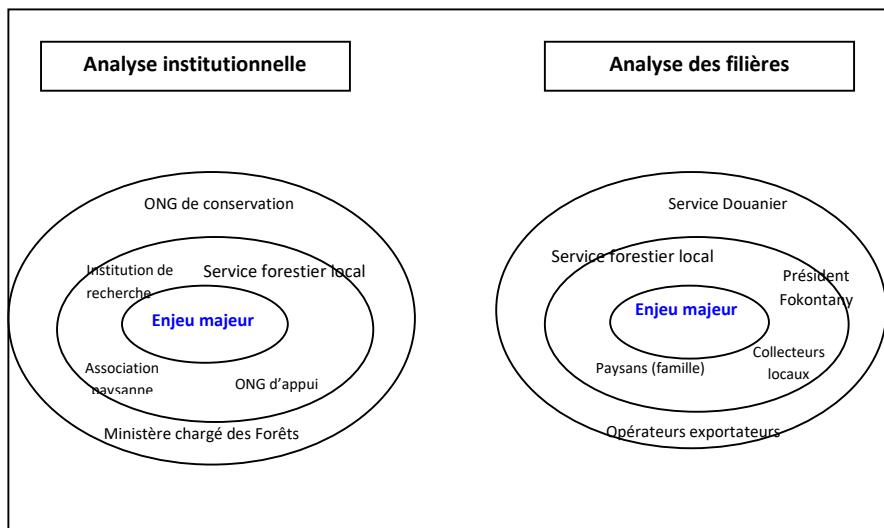


Figure 3 : Différence entre acteurs identifiées par l'analyse institutionnelle et l'analyse des filières pour la pratique du défrichement

Compte tenu de la caractérisation spatiale et de la rationalité correspondante, l'outil méthodologique permettant de cerner à la fois les données de l'informel et du formel reste l'approche filière. Elle consiste à observer le fonctionnement technique, économique et social d'une pratique par rapport à une ressource.

Elle décortique à la fois :

- L'aspect technique et réglementaire (forme d'organisation, base légale, type de transformation, règles, institutions, organisations)
- L'aspect social (stratégie, sociologie des acteurs) et les comportements existants (rapports de pouvoir, comportements opportunistes), et
- L'aspect économique (qui permet de comprendre le fonctionnement réel de la pratique observée et d'en déduire les logiques des acteurs).

On peut approfondir chacun des aspects de la filière à partir de méthodes d'analyses non exhaustives.

La mésoéconomie ou l'analyse des filières est plus importante que les autres types d'approches (Ramamonjisoa, 2005) car il s'agit, non pas de réguler des comportements déjà connus mais, de comprendre un secteur inconnu qui se distingue par son enchaînement dans le social.

Le terme filière n'est pas cantonné ici à des phénomènes aboutissant uniquement à la mise en marché de produit mais englobe les usages des ressources de la biodiversité y compris ceux essentiellement liées aux coutumes et aux croyances.

"Proulx in Joyal (1995) rappelle d'ailleurs que "le terme "méso" renvoie au concept de milieu puisqu'en biologie, la mésologie se définit comme la science qui étudie les effets exercés sur les hommes, les animaux et les plantes par le milieu où ils vivent" et déduit donc que la "mésoéconomie s'intéresse ..., dans un milieu donné, aux facteurs qui exercent une influence sur son évolution économique".

L'analyste ne cherche plus à intégrer l'espace aux réalités micro ou macroéconomiques, mais tente de faire ressortir des lois propres aux milieux observés par la reconnaissance du primat de la variable

écologique. L'espace prend la forme d'un substrat dont les éléments (micro organisations) sont en état d'interconnexions et d'interdépendance en vue de promouvoir la dynamique du milieu. Chacune de ces organisations se positionne comme émetteur et récepteur de communications et d'échanges comme le dit Joyal (1995).

L'approche filière est une approche ouverte à la dynamique des structures et des comportements des organisations. Elle est définie comme une agrégations de variables économiques et d'interaction stratégique (Ekkehard , 1997). Les transactions s'inscrivent d'ailleurs dans un niveau méso social qui permet l'usage d'un enforcement structural où le rôle des mécanismes informels est élargi (Guennif – Plociniczak, 2002).

6 - Les points noraux

Le CAG défini les points noraux comme les espaces physiques (par exemple une table de négociation, le conseil communal, etc.) ou virtuels (par exemple une conférence par Internet), où convergent divers problèmes, trajectoires d'acteurs, processus (temps et espace), et où des décisions sont prises, des accords sont conclus et des normes sociales sont élaborées (hufty, 2007).

A cause de l'importance de l'informel les points noraux formels sont difficilement identifiables dans le processus de gouvernance de la biodiversité à Madagascar. Le programme d'action environnementale a tenté la mise en place d'espaces de concertation et de prise de décision au niveau régional vers la moitié des années 90. Cependant, ces espaces ne constituaient que des points noraux virtuels d'une part, car les acteurs qui avaient accès à ces espaces physiques n'étaient pas représentatifs des acteurs économiques et sociaux impliqués dans l'usage des ressources de la biodiversité et d'autre part, car les décisions prises à ce niveau n'étaient pas conférées des pouvoirs nécessaires sans l'aval de l'autorité hiérarchique situé au niveau central.

Et même si, au niveau national, des ateliers et des séminaires sont organisés assez souvent pour discuter des orientations à donner à l'aménagement du territoire (zonage des ressources forestières dans le but de l'affectation de leurs usages) au processus de décentralisation (y compris la gestion locale) ou à la normalisation de l'accès au ressources forestières, les décisions prises ne constituent finalement que des recommandations sans suites. La prise de décision dans ces ateliers est également soumise à une relation de pouvoir où un certain nombre d'acteurs considèrent qu'ils n'en ont pas assez pour susciter un véritable débat.

Au début de la phase 2 de la mise en œuvre de la politique environnementale, cette espace de prise de décision était constituée par le Comité d'Orientation et de Suivi (COS) du PNAE où siégeait le représentant du groupe d'autorité politique, le groupe des gestionnaires ou responsables techniques, le groupe des Bailleurs (incluant les ONG internationaux), le groupe des structures d'exécution incluant les ONG nationaux, les opérateurs et le groupe des communautés paysannes (migrants et autochtones). Vers la fin du programme phase 2, le COS a disparu pour laisser place au Comité des Fonds de l'Environnement (CFE) où bien entendu ne siégeait plus que le groupe des autorités politiques et les bailleurs de fonds (y compris les ONG internationales) et au début de la phase 3 du plan d'action environnementale le CFE a été carrément changé en Secrétariat Multibailleurs (SMB) où l'autorité politique a été également écartée. La prise de décision a été totalement accaparée par les acteurs qui financement le plan d'action et qui sont considérés comme les seuls à être conférés des pouvoirs de domination.

Cependant, au niveau formel d'autres espace de prises de décisions existent au moins à deux niveaux:

- Au niveau central, l'autorité politique continue à garder son pouvoir de gestion des droits d'accès aux ressources. Si la participation à la prise de décision pour la gestion de la biodiversité lui est interdit, par contre elle est souveraine dans l'affectation de l'usage des ressources du sol et du sous-sol. C'est ainsi que malgré l'engagement Malgache d'augmenter la surface des aires protégées on note un développement de l'attribution des permis miniers même dans les zones forestières prévues pour être conservés.
- Au niveau local, l'absence de contrôle et de répression de l'usage des ressources confère de fait aux communautés un droit d'attribution de l'affectation des terres et de l'usage des ressources. Les espaces de concertation sont constitués directement par les ressources elles-mêmes.

7 - Les processus

Hufty (2007) défini les processus comme une succession d'états par lesquels passe un système. Ils introduisent l'historicité au sein des modèles de gouvernance. Il est ainsi possible pour un objet donné, ou un point nodal, d'identifier des séquences qui permettent d'évaluer la direction dans laquelle ces

processus évoluent et de localiser les facteurs favorables au changement. L'analyse des processus de changement cherche à identifier les modèles d'évolution des points nodaux, la trame d'interactions entre les acteurs et leur implication dans la modification des règles du jeu.

L'analyse de la gestion durable de la biodiversité par le CAG montre l'existence de deux grands types de processus au moins :

- Un processus de formulation de normes formelles qui consiste à la définition des orientations globales, l'élaboration des plans d'action et la formulation des outils juridiques et organisationnelles, et
- Un processus de formulation de normes informelles, plus difficile à identifier et à observer qui se passe généralement sur le terrain. Ces processus ne peuvent s'observer que par la démarche de la mésoéconomie.

8 – Pertinence et contrainte du CAG pour l'analyse de la gouvernance de la biodiversité à Madagascar

L'analyse de l'application du CAG aux ressources de la biodiversité à Madagascar montre la nécessité de recourir à l'interdisciplinarité et au développement de méthodes d'observations adéquates.

Le CAG est plus facilement applicable au niveau national où les points nodaux, les acteurs et les processus sont plus faciles à identifier et à observer. Ce qui n'est pas le cas au niveau régional, communal ou local où les usages évoluent très rapidement et souvent sur la base de normes informelles. C'est la prépondérance de ces derniers types de normes qui complique l'application du CAG dans des pays comme Madagascar. Il nécessite la mise en œuvre d'outils supplémentaires comme la mésoéconomie pour comprendre les faits réels, les acteurs et les relations qui existent entre eux. Une difficulté supplémentaire a trait à l'existence de relation de pouvoir changeant en fonction des processus observés et des points nodaux. Le jeu de pouvoir qui évolue en fonction des acteurs en présence et l'existence même de différentes sources du pouvoir (économique, culturelle, relationnelle ou autorité, compassion) ajoute une difficulté supplémentaire pour la généralisation de l'approche du CAG. Cependant, les cinq éléments constituent effectivement un modèle cohérent à même de comprendre les processus de gouvernances.

L'application du CAG montrent également les lacunes des autres types d'approches notamment celle de l'approche d'analyse des politiques publiques qui ne tient compte que superficiellement de l'analyse des acteurs et de leurs caractéristiques.

Elle montre enfin la nécessité de faire un lien permanent entre la théorie et l'observation de l'opérationnel. En ce sens la gouvernance ne peut que constituer une variable intermédiaire.

Bibliographie

- ANDRIANASOLO J (2004) Fondements sociaux des contrats de métayage et de fermage : interdiction et logiques paysannes. Mémoire de DEA en sciences agronomiques. ESSA-Forêts. 83 pages.
- BATIFOULIER ET AL (2002) La convention en économie : l'apport de l'approche interprétative. La lettre de la régulation. N°40. Mars 2002.
- BARTHES M.A. (1996) La face cachée de l'économie officielle : l'économie souterraine. L'économie dévoilée. Pp136-147.
- BILLAUDOT. B (2004) Institutionnalismes, rationalisme et structuralisme en science sociale. LEPII (ex IREP) UMPF Grenoble. Juillet. 2004.
- BONNAL et al (1997) La dynamique des sociétés rurales faces aux projets participatifs de développement rural: Réflexions et propositions d'action à partir d'expériences d'Afrique de l'Ouest (Participation populaire). FAO, Rome.
- BORNAND S (2003) Niger: Étude de l'idéologie de l'ostentation dans les sociétés zarma "traditionnelle" et moderne: l'exemple des relations entre nobles et jasare. Texte de contribution au colloque: Comment penser la sociabilité en Afrique? 6-7-8 février 2003. Genève 2003. 16 pages.
- BUTTOUD, G. (1995) La forêt et l'Etat en Afrique sèche et à Madagascar : Changer de politiques forestières. Karthala, Paris, 1995, 247 pages.
- BUTTOUD, G., SAMYN, J.M (1999). Politique et Planification Forestières. Guide pour la formulation et l'élaboration. Intercoopération. Berne. 87 p.
- CHARMES J. (1996) De l'économie traditionnelle à l'économie informelle. L'économie dévoilée. pp148 – 159.
- CONSTANTIN, F. (2001) L'informel internationalisé ou la subversion de la territorialité. Sociologie politique. Cultures et conflits. Paris. 2001, 12 p. <http://www.conflits.org/>

- DEHOVE M (2002) Le rôle des institutions dans le développement économique. Institut supérieur de finance. Dakar. Sénégal. 18 pages.
- DELVILLE P.L Les diagnostics participatifs dans le cadre des projets de développement rural dans les pays en développement : postulats, pratiques et effets sociaux des PRA/Marp. Communication au colloque « cultures et pratiques participatives : une perspective comparative », organisé par le LAIOS et l'AFSP, Paris, 20-21 janvier 2005. 26 pages.
- EKKEHARD E. (1997) Jeux différentiels et Analyse dynamique des Institutions : Les jeux différentiels sont-ils un outil approprié à l'analyse institutionnelle ? - Une évaluation critique et l'essai d'une application à la théorie de la Régulation. Mémoire de DEA en économie des institutions. Paris.
- GUENNIF S.-PLOCINICZAK S. (2002) De l'arrangement privé à l'arrangement social : enforcement et réseaux en échange économiques. Working paper CEPN n°2002-09. Centre d'Economie de l'Université Paris Nord. Octobre 2002. 23 pages.
- HABERMAS, J., 1981, HALL P.- TAYLOR R. [1996], *Theorie des Kommunikativen Handelns*, 2 vo1., Frankfurt, Suhrkamp. « Political Science and the Three New Institutionnalisms », *Political Studies*, dec. ; trad.fr. : [1997], « La science politique et les trois néo-institutionnalismes », *Revue française de science politique*, vol. 47, n° 3-4, juin-août, pp. 469-495.
- HUFTY M. (2004) La gouvernance : vers un cadre conceptuel. Institut universitaire d'études du Développement. novembre 2004. 19 pages.
- HUFTY M (2007) Proposition de mise en oeuvre du concept de gouvernance : le cadre analytique de la gouvernance. IUED. 19 pages.
- HUGON P. (1993) L'« Homo africanus » est-il irrationnel. Cahiers des Sciences Humaines. Trente ans (1963 – 1992). pp 57-60
- JARIALA (2005) Etude de la production et de la consommation de produits ligneux à Madagascar. Rapport provisoire.
- JOYAL.A (1995) PME et développement territorial. <http://www.globnet.org>
- KUN (1998) Rationalité et intuition : sur les visions actuelles de la rationalité bornée. Annales Universitatis occidentalis Timisiensis. Série philosophia. Volume X. (pp.197-210).
- LASLIER J.F. (2001) A propos de la rationalité économique. CNRS et Ecole polytechnique. Laboratoire d'Econométrie. Septembre 2001. 15 pages.
- LÖWENTHAL P. (2000) L'économie politique, entre rationalité et responsabilité. INRA – Groupe Ethique, Sciences et Société. Le croisic. 2000.
- MADRID R. (1998) Limites, dangers de la MARPP et approche de solutions. 21 pages.
- MALDIDIER C (2001) La décentralisation de la gestion des ressources renouvelables à Madagascar : Les premiers enseignements sur les processus en cours et les méthodes d'intervention. 133 pages.
- MAESSCHALCK M. (2001) Normes et contexte : Chapitre III Sociologie de l'habitus. FNRS - Université Catholique de Louvain. 35 pages.
- MONNIER L (2003) La maison du Tennoaga Pidaroapa: du microsome au macrosome. Texte de contribution au colloque: Comment penser la sociabilité en Afrique? 6-7-8 février 2003. Genève 2003. 13 pages
- ORLEAN A. (1994) Vers un modèle général de la coordination économique par les conventions, in Orlean A. (dir.), *Analyse économique des conventions*, Paris, PUF, pp. 9-40
- PLOCINICZAK S. (2002) Forme hybride et réseaux : une relecture structurale de la thèse Williamsonienne de la "transformation fondamentale". Working paper CEPN n°2002-08. Centre d'Economie de l'Université Paris Nord. Octobre 2002. 17 pages.
- RAMAMONJISOA BS (2004) " Origine et Impact des politiques nationales de Gestion des Ressources Naturelles : le cas de Madagascar". Journal Forestier Suisse. 467-475. Novembre 2004
- RAMAMONJISOA BS (2005) la reconstruction du système de régulation de l'usage des ressources forestières a Madagascar : la nécessite d'une éducation économique. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches. ESSA-Forêts. Université d'Antananarivo. 260 pages.
- SIMON H. [1976], « From Substantive to Procedural Rationality », in Latsis S. (dir.), *Method and Appraisal in Economics*, Cambridge, Cambridge University Press, pp.129-148.
- TURNER J. (1991) The Structure of Sociological Theory, p. 354

TOWNSLEY P. (2003)	Approches et méthodes pour l'analyse institutionnelle. LMM.ltd.Atelier sur AMED, FIDA 23 février 2003. 14 pages.
THERET B. (2000)	Nouvelles économie institutionnelle, économie des conventions et théorie de la régulation : vers une synthèse institutionnaliste ? Lettre de la régulation. N°35. décembre 2000.
VERDUN O. (2001)	Lycée Français de Singapour. Cours TL: Le pouvoir. http://members.fortunecity.com/xphilo/cours_2000_2001/pouvoir.htm
YUNUSOVA I.K.	Spirals of forest policy development or transformation of participation in an iterative process – the case of Kyrgyzstan. EFI Proceedings n°52, 2004. pp101-114
YILDIZOGLU M. (2003)	Micro-économie : marché et concurrence. Université de Bordeaux Montesquieu – Bordeaux 4. Novembre 2003.

29. Valoriser des herbes pour faire pousser des arbres face aux changements climatiques

Daniel RAZAFIMAMONJY

Centre National de Recherches sur l'Environnement

Contexte et justification

Le titre est la traduction libre des raisons profondes qui nous ont poussés à mener cette recherche expérimentale. En effet ;

- l'engagement de l'Etat à la lutter contre le changement climatique, à travers les activités de boisement et de reboisement, le Mécanisme de Développement Propre (MDP) ainsi que la Réduction d'Emissions dues à la Déforestation et à la Dégradation forestière (REDD) dans le cadre du marché du carbone ;
- les dérèglements climatiques actuels qui ne nous permettent plus de suivre les itinéraires techniques et le calendrier habituels de reboisement ;
- la sortie récente du décret portant sur l'utilisation des sachets plastiques ;
- les leçons tirées de nos participations actives aux reboisements scolaires ou communautaires des années soixante et aux reboisements organisés par nos Ministères de tutelle : production de jeunes plants, préparation et encadrement technique, suivi- évaluation occasionne (fig. 1, fig.2) ;
- les acquis scientifiques et leçons tirées de nos projets touchant la lutte contre la déforestation, la valorisation et la restauration des ressources phytogénétiques ;
- notre curiosité d'enfance et notre attachement particulier à la vannerie qui nous ont permis de maîtriser les techniques de base relatives à la confection de panier ;

Tout ceci nous a conduit à concevoir une nouvelle technique de reboisement utilisant les matières premières courantes de vannerie, à la place des gaines plastiques afin de réduire au maximum le taux de mortalité tout en favorisant la croissance et le développement des jeunes plants.



Fig. 1 : Echec du reboisement



Fig.2 : Pollution physique du milieu

2. Avantages techniques par rapport aux autres pratiques

Les pratiques antérieures et actuelles sont les boulettes d'argiles, le « *Tsoatany* » imbibé de boue argileuse avec de la bouse de vache), et le sachet plastique (fig3).



Fig. 3 : 1 boulette d'argile, 2 tsoatany, 3 sachet plastique

Elles permettent la protection du système racinaire de la plantule, mais pour être efficace, la plantation doit se faire en saison pluvieuse.

Le sachet plastique réduit les stress liés au transport des jeunes plants vers les parcelles à reboiser, mais le non respect des itinéraires techniques (composition du terreau, dégagement rapide du sachet lors de la mise en terre et les aléas climatiques ont des effets négatifs sur la survie des jeunes plants.

Cette nouvelle technique utilisant les matières premières courantes de vannerie à la place des gaines plastique permet à la fois de protéger le système racinaire du jeune plant et d'éviter la dessiccation des poils absorbants lors de la mise en terre d'où l'appellation « Fiarofaka ».



Fig. 4 : « Fiarofaka

Le paquet technique

Trois espèces de cyperacées à large distribution géographique et facilement domestiquables ont été utilisées. Les mailles et l'arrêt du panier ont été modifiés de manière à faciliter la sortie des radicelles tout en évitant les déformations racinaires.

Les plantules sont repiquées dans les paniers dégradables ainsi confectionnés et entretenues dans des pépinières appropriées.



Fig.5 : processus de mise en pépinière
les usages



Fig.6 : différence de croissance entre

Contrairement aux pratiques précédentes, la proportion classique du terreau peut être modifiée en apportant beaucoup plus d'éléments nutritifs pour avoir des jeunes plants plus vigoureux et aptes à

s'inféoder dans le milieu. Lors de la mise en terre, le panier n'est pas dégagé du jeune plant. Ce qui permet d'éviter la dessiccation des poils absorbants.



Fig.7 : Processus de mise ne terre

Cette innovation technique nous permet de réduire au maximum le taux de mortalité des jeunes plants tout en favorisant leur croissance et leur développement.

Tout ce passe comme si la mise en terre consiste à un transfert des jeunes plants produits en pépinière dans un lieu sûr et favorable à la dégradation du panier.

Dès lors, le reboisement peut se faire avant et après la période pluvieuse.

Il importe de noter que la confection des paniers constitue une source de revenu supplémentaire pour les femmes rurales.

3.Les premiers résultats

Les premiers résultats obtenus dans les sites d'essai depuis avril 2012 à 2015 sont représentés dans le tableau ci-dessous.

Sites	Période de mise en terre	Nombre de jeunes plants	Taux de survie (%)	Observations
Ankalalahana /Arivonimamo II	Avril 2012	120	97,7	Incendie accidentelle
		65	97	Témoins (en sachets)
	Novembre 2014	145	94	Regarnissage
		65	96	Labour tombambohitra
		120	97	Remblai rocailleux
Manjaka Vontovorona	Juin 2014	120	90	Toutes espèces confondues
Imeritsiatosika	Janvier - février 2015	400	90	Reboisement de masse , suivi réalisé un an et demi après la mise en terre

Tableau1 : synthèse des résultats de suivi



Fig. 8 : croissance des jeunes (à gauche après 2 ans et à droite après 2 ans 3 mois)

Toutefois, il nous a été difficile d'évaluer le taux de croissance car le dispositif expérimental de départ a été ravagé par les feux avant la deuxième mensuration. Pour les autres sites, les calendriers de suivi n'ont pas pu être respectés, ce qui nous a pas permis d'avoir des résultats fiables.

Les traitements préparatifs des parcelles avant la mise en terre et leurs conditions écologiques sont aussi très variés. Ce qui nous conduit à concevoir une pratique éco-sylvicole pour les opérations futures. L'éco-sylviculture étant définie comme une technique de reboisement tenant compte des contraintes de l'Environnement.

4. Vers un processus de vulgarisation, de pratique éco-sylvicole et d'adoption au niveau national

Ces premiers résultats encourageants obtenus nous ont incités à étendre et diversifier les sites d'essais. Il en est de même pour les jeunes plants. Ainsi conformément, à la Politique générale du Ministère de la recherche Scientifique et la contribution de la recherche aux objectifs de développement durable, dans une optique de vulgarisation des résultats de recherches, trois nouveaux sites d'essai et de démonstration pilotes permanents ont été créés cette année 2017 : Talakimaso/Manjakatompo, Ampahimanga/Arivonimamo et Belitsaka/Maintirano.

Pour le site d'Ankalalahana/Arivonimamo II, en plus de nos anciennes parcelles expérimentales, une dizaine de paysans vulgarisateurs convaincus de cette nouvelle technologie de reboisement ont participé activement aux différentes étapes de l'expérimentation tout en l'adoptant dans leurs plantations familiales.

Des séances de suivi-évaluation participatives et d'encadrement des femmes locales à la confection des paniers ont été initiés, (voir photos ci-dessous).



Les résultats obtenus dans les 04 sites d'essai-démonstration pilotes sont représentés dans le tableau ci-dessous.

Site	Description sommaire	Date de mise en terre	Taux de survie (%)
Ankalalahana Arivonimamo	Parcelle labourée	Février 2017	97
	Parcelle non labourée		92
	Plantations familiales		95
	Témoin		77
Ampahimanga Arivonimamo	Contour d'une parcelle de terrain de riz pluvial	Février 2017	100
			97
Talakimaso Manjakatompo	Limite du terroir	Février 2017	97
Belitsaka Maintirano	Tanety	Janvier 2017	80

Tableau 2 : résultats de suivi après 3 mois de mise en terre



Fig.9 : croissance des jeunes plants après 3 mois

L'évaluation du coût de production, de la valeur ajoutée par rapport aux produits de vannerie usuels ont été faites pour ces trois espèces.

A titre indicatif, cette natte vendue à 5000 ariary au marché de la falaise d'Ambositra (fig. 10) a pu être transformée en 61 paniers, qui, vendus à 150 ariary/pièce, rapportent 4000 ariary de plus.

Des essais relatifs à la diversification des espèces de matières premières que nous pourrions utiliser sont en cours, tout en tenant compte de : leur durée de vie en phase pépinière, des essences de reboisement à utiliser et de leur abondance dans les unités de production cibles, afin d'assurer l'adoption de cette technique au niveau national.

En conclusion, nous pouvons confirmer que cette nouvelle technique de reboisement répond aux objectifs de développement durable et s'adapte aux dérèglements climatiques qui sévissent actuellement. D'où l'intitulé : « valoriser des herbes pour faire pousser des arbres face aux changements climatiques ».

Références bibliographiques

- Doubourdieu J., 1997. Manuel d'aménagement forestier. Office National des Forêts, Paris.
Razafimamonjy D., 1993. Creating local incentive level for conservation through participatory approach to research. Rapport scientifique CNRE, Antananarivo, Madagascar, 23p.

30. Elevage caprin, une alternative pour conserver les fourrés xérophiles du Sud-Ouest malagasy ?

RANDRIAMALALA R. Josoa¹, ANDRIANARISOA H. Julien², RABENIALA Radobarimanajaka³, RAMANANANTOANDRO Tahiana¹, HERVE Dominique⁴

¹Mention Foresterie et Développement de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo (ESSA-Forêts)

²Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage (MAE)

³Diagnostic Environnemental et Recherche Appliquée pour le Développement (DERAD)

⁴Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UMR GRED (IRD-UPV), Antananarivo

Résumé

L'agriculture sur brûlis (AB) et la production de charbon de bois (CB) sont les principales causes de déforestation et de la dégradation des FS occupant les zones côtières du Sud-Ouest malagasy, et plus particulièrement des fourrés xérophiles (FX). La production de CB est aussi l'une des principales sources de revenu des populations locales de cette zone.

L'objectif de cet exposé est de démontrer que l'élevage caprin est une alternative écologiquement durable et économiquement rentable, à la production de CB, et dans une moindre mesure à l'AB, dans les FX.

Les cas de la commune de Soalara-Sud et du plateau de Belomotse, District de Toliara II, ont été choisis pour illustrer cette problématique liée à l'exploitation durable des FX. Le caractère non durable de la production de CB est d'abord démontré en comparant la productivité en biomasse ligneuse des FX aux prélevements de bois pour la production de CB. La mauvaise régénération des FX après AB est ensuite analysée. Puis, les effets du pâturage caprin sur les FX sont analysés afin de montrer le caractère durable de cet élevage. Enfin, une possibilité d'amélioration de la reproduction dans l'élevage caprin et son impact potentiel sur les revenus des éleveurs sont étudiés pour évaluer la viabilité économique de l'élevage caprin.

Les méthodes adoptées sont : (i) des relevés écologiques (diversité, structure et biomasse aérienne), (ii) des comptages de cernes annuels de croissance d'arbustes caractéristiques des FX, (iii) le comptage et le pesage des sacs à charbon arrivés au port de débarquement, (iv) des essais menés chez les éleveurs de techniques de maîtrise de la reproduction des chèvres.

Mots-clés : Biomasse, caprin, charbon de bois, diversité, fourrés xérophiles, Sud-Ouest

1. Introduction

Les fourrés xérophiles (FX) sont une formation arbustive caractérisée par la dominance de *Didieraceae* et *Eupobiaceae* (Koechlin et al., 1997), occupant la partie littorale du Sud-Ouest et du grand Sud malgache. Les FX sont une formation végétale à fort taux d'endémisme (Cornet et Guillaumet, 1976) et un espace multifonctionnel fournissant des biens et des services tels que des terres arables, la nourriture, le pâturage pour les petits ruminants (PR), les bois d'œuvre et d'énergie (Rabeniala et al., 2009 et 2013 ; Randriarimalala et Randriamalala, 2016 ; Randriamalala et al., 2016 et 2017a et b). Comme toutes les forêts sèches, ils subissent une déforestation importante, évaluée par une perte annuelle d'environ 1% (Masezamana et al., 2014 ; Randriamalala et al., 2015). L'agriculture sur brûlis (AB) et dans une moindre mesure, la production de charbon de bois (CB) sont les principales causes de cette déforestation (Rabeniala et al., 2013 ; Randriarimalala et Randriamalala, 2016). La recherche d'alternatives durables à ces pratiques non durables est nécessaire pour endiguer cette dégradation/déforestation des FX.

L'élevage caprin, une activité traditionnelle qui est l'une des principales sources de revenu des populations côtières du Sud-Ouest et du Grand Sud malagasy (Raoliarivelos, 2010 ; Feldt, 2015 ; Hanke, 2016), peut être une alternative économiquement viable et écologiquement durable à la production de CB et à la pratique de l'AB dans les FX.

Cet article analyse la possibilité de promouvoir l'élevage caprin, comme alternative aux pratiques non durables (production de CB et AB) qui dégradent et réduisent les superficies des FX du Sud Ouest, en se basant sur des données publiées. Pour ce faire, la durabilité de l'activité de production de CB (Randriamalala et al., 2017a) et la régénération post AG des FX (Randriarimalala, 2016 ; Randriarimalala et Randriamalala, 2016) sont d'abord analysées. Ensuite, les effets du pâturage caprin et de la production de CB sur le fonctionnement des FX (diversité, structure, biomasse et régénération) sont examinés (Randriamalala et al., 2016). Enfin, des possibilités d'amélioration des performances de reproduction des caprins et leurs effets potentiels sur les revenus des éleveurs sont évalués (Andrianarisoa et al., 2014).

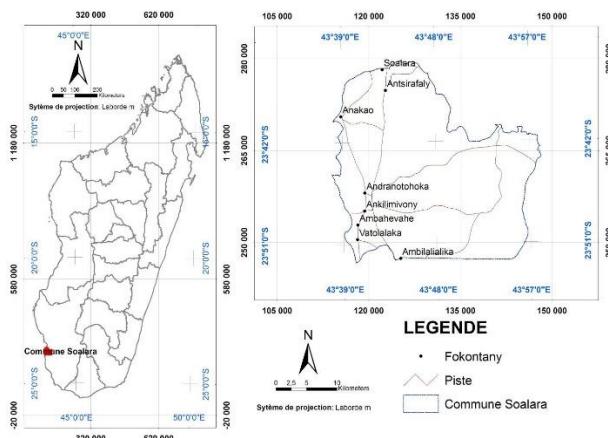


Fig. 1. Localisation de la commune de Soalara-Sud

2. La production de charbon de bois n'est pas durable

Randriamalala et al. (2017a) ont analysé la durabilité de la production de CB dans la commune de Soalara-Sud (Fig. 1). Pour ce faire, Ils ont fait des estimations de la biomasse épigée des FX avec la méthode de la coupe systématique dans 40 placettes de (4x4) m². Quatre sites ont été choisis selon le type de sol (sable roux et dalle calcaire) et la distance aux villages (proche ≤ 4 km ; loin > 4 km). Les cernes de croissance de l'individu qui contribue le plus à la biomasse de chaque placette ont été comptés pour évaluer la durée pendant laquelle la biomasse de la placette considérée a été produite.

Ainsi, la productivité a été estimée par le rapport entre la biomasse et le nombre de cernes, égal au nombre d'années de croissance de l'individu considéré. La productivité moyenne varie de 0,38-0,99 tMS.ha⁻¹.an⁻¹ (matière sèche). La productivité totale en biomasse à CB dans le site actuel de production est d'environ 862,55 t (matière fraîche) en 2012, ce qui équivaut à 107,82 t de CB tandis que la

production de CB de la commune de Soalara-Sud en 2013 était de 600,9 t. Par conséquent, la production de CB n'est pas une activité durable et aboutirait à la disparition des espèces à bois dur, préférées pour la fabrication de charbon, dans le site actuel de production dans moins de 15 ans.

3. Les fourrés xérophiles se régénèrent mal après l'agriculture sur brûlis

Randriarimalala (2016) et Randriarimalala et Randriamalala (2016) ont étudié la régénération post-AB des FX du plateau de Belomotse, Toliara II (Fig. 2). Soixante et un placeaux de (10x10) m² ont été sélectionnés suivant (i) le type de sols (dalles calcaires et sables roux) et (ii) l'âge d'abandon des parcelles de culture (<5 ans, 5-10 ans, 10-20 ans, >20 ans et forêts matures). Les résultats obtenus ont montré une variation significative de la richesse spécifique et de la composition floristique suivant le type de sol. La composition floristique et la richesse spécifique de la strate supérieure n'évoluent pas avec l'âge d'abandon (Fig. 3). Par contre, les paramètres de structure dont la hauteur, la surface terrière et la moyenne du diamètre à hauteur de poitrine ont significativement augmenté avec l'âge d'abandon des parcelles et ce indépendamment du type de sol (Fig. 3). La dynamique post-culturale des FX se résume essentiellement à une évolution des paramètres structuraux.

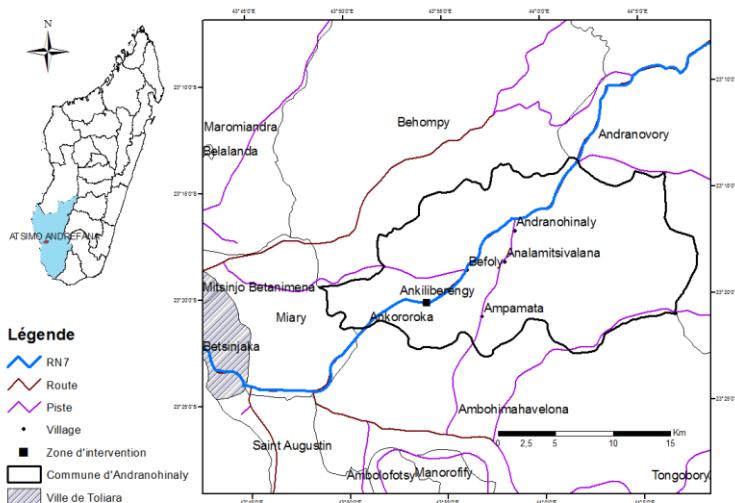


Fig. 2. Localisation du plateau de Belomotse

4. Faibles effets du pâturage caprin sur les fourrés xérophiles

Randriamalala et al. (2016) ont étudié la résilience des FX au pâturage caprin et à la production de CB dans la commune de Soalara-Sud (Fig. 1). Le même plan d'échantillonnage que celui de la section sur la durabilité de la production de CB (section 1) a été utilisé (20 placeaux de 400 m² selon le type de sol et la distance aux villages). Il a été montré que la fabrication de CB contribue à réduire la densité et la biomasse ligneuses et à modifier la composition floristique des FX sur sable rouge (Tab. 1). Par contre, le pâturage caprin affecte peu le fonctionnement des FX sur dalle calcaire où la production de CB n'est pas pratiquée (diversité, structure, régénération, production et composition floristique ; Tab. 1). De plus, les caprins n'affectent pas la régénération naturelle des FX dans les deux types de sols (Tab. 1). En conclusion, les effets du pâturage caprin sur les FX sont faibles et l'élevage caprin peut être considéré comme une alternative durable d'utilisation des FX, contrairement à la production de charbon de bois et à l'abattis-brûlis.

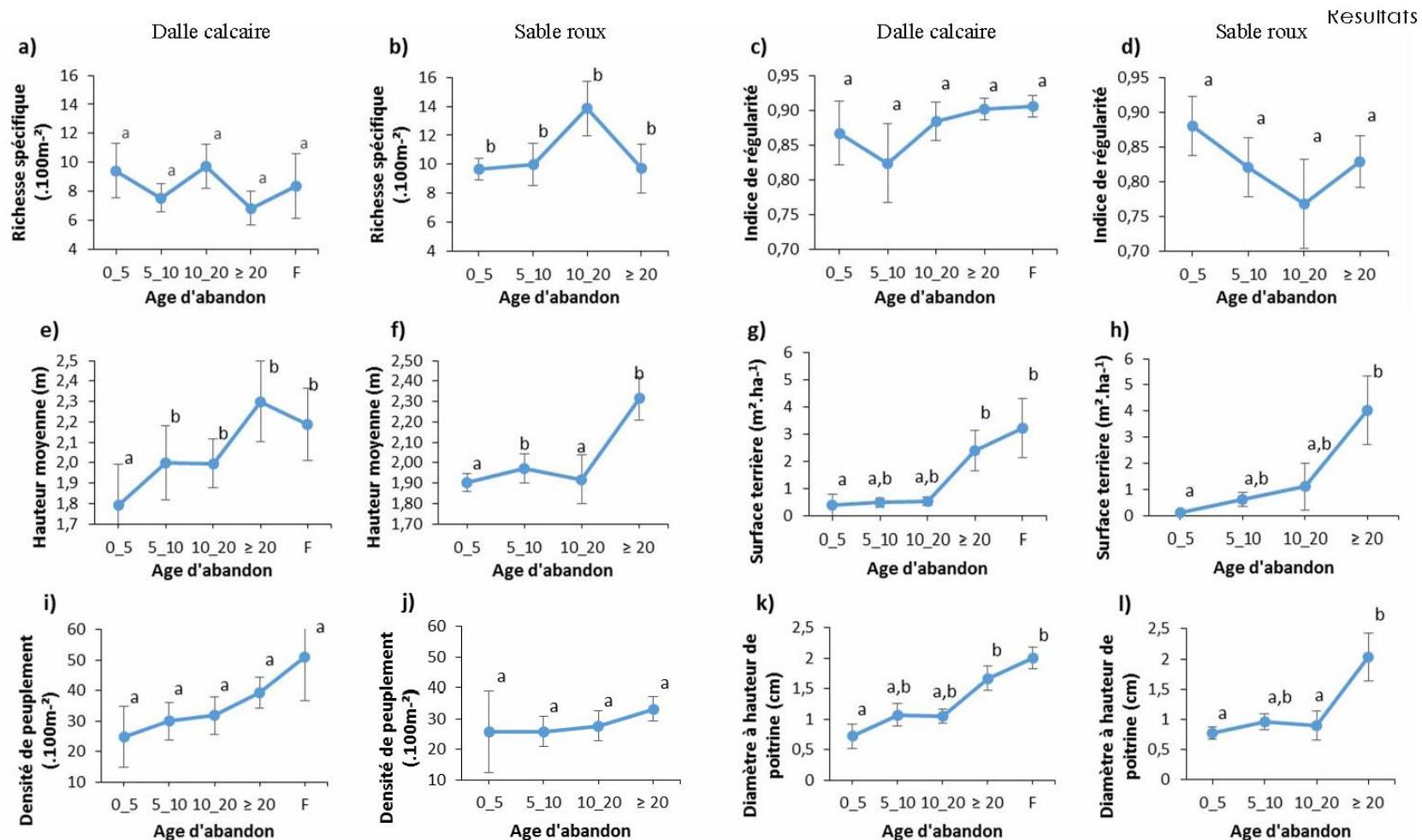


Fig. 3. Indice de diversité (a, b, c, d) et de structure (e, f, g, h, i, j, k, l) des individus de la strate supérieure (les lettres a et b indiquent des différences significatives au seuil de 5% ; Age d'abandon : 0-5 ans, 5-10 ans, 10-20 ans, plus de 20 ans, Forêts matures (F) ; les barres verticales sont des erreurs standards) (Randriarimalala, 2016, Radriarimalala et Randriamalala, 2016 ; modifiés)

Tab. 1. Paramètres de diversité et de structure des FX (Randriamalala et al., 2016, modifié)

Type de sol	Distance aux villages	Nombre d'espèces	Hauteur maximale (m)	Densité (400 m ⁻²)	Taux de régénération (%)	Biomasse totale (tMSha ⁻¹)
Sable roux	Loin	28a	3,73b	145a	44a	8,81b
	Proche	25a	2,35a	80b	121a	2,19a
Dalle calcaire	Loin	34a	2,31a	170a	99a	4,21a
	Proche	23a	2,22a	80b	235a	3,07a
<i>P</i>		>0,05	<0,001	0,01	>0,05	0,001

4. L'élevage caprin, une alternative viable et durable à la production de charbon de bois et à l'agriculture sur brûlis dans les fourrés xérophiles

L'élevage caprin dans le Sud-Ouest malagasy est extensif et présente une faible production : (1) longue durée de gestation et longue période inter-gestation (Feldt et al., 2016) ; (2) une forte mortalité des chevreaux rapportée par les éleveurs (Rabeniala et al., 2009 ; Andrianarisoa et al., 2014). Malgré ces problèmes, cet élevage apporte une source importante de revenus aux éleveurs (Raoliarivelo et al., 2010 ; Feldt, 2015). Cependant, l'application de la conduite d'élevage en lots (CEL) peut augmenter considérablement les revenus des éleveurs. Cela consiste à partager le troupeau en lots: femelle jeune et allaitante, adulte, reproducteur, animal castré et adulte réformé. Les animaux de la dernière catégorie sont destinés à la vente. Cette conduite d'élevage est relativement facile à mettre en oeuvre. Cependant, son application passe par le groupage des chaleurs pour avoir des lots d'animaux homogènes et pour améliorer les performances de reproduction des caprins. La supplémentation alimentaire (ou flushing), dont les effets positifs sur la reproduction des petits ruminants sont reconnus (Molle et al., 1995 et 1997), est une technique simple pour y parvenir.

Andrianarisoa et al. (2014) ont effectué des essais chez les éleveurs, sur la maîtrise de la reproduction des caprins à Soalala-Sud, en utilisant la technique du flushing. Onze éleveurs pilotes ont été choisis, soit un total de 391 caprins dont 207 traités et 184 témoins. Le traitement consiste en l'apport de manioc sec de 500g jour⁻¹ individu⁻¹ pendant 45 jours en juin-juillet, période de mise bas et de faible disponibilité fourragère dans le parcours naturel. Les paramètres de reproduction considérés sont :

- Le taux de fertilité, qui est le rapport entre le nombre de femelles mettant bas et le nombre de femelles mises en reproduction ;
- Le taux de fécondité, qui est le nombre de chevreaux nés rapporté au nombre de femelles mises en reproduction ;
- Le taux de prolificité, défini comme le nombre de chevreaux nés ramené au nombre de mises bas ;
- Le taux de survie à un mois de la naissance qui est le rapport entre le nombre de chevreaux vivants à un mois sur le nombre de chevreaux nés vivants.

Le flushing a amélioré de façon significative tous les paramètres de reproduction, à l'exception de la prolificité (Fig. 4).

Le coût du flushing est de 7000-8000 Ar individu⁻¹, qui inclut (i) les produits de déparasitage et (ii) le manioc sec (Tab. 2).

La pratique de la CEL utilisant le flushing comme technique de synchronisation des chaleurs peut augmenter de 70% les revenus des éleveurs s'ils vendent le surplus d'animaux produits (Tab. 2).

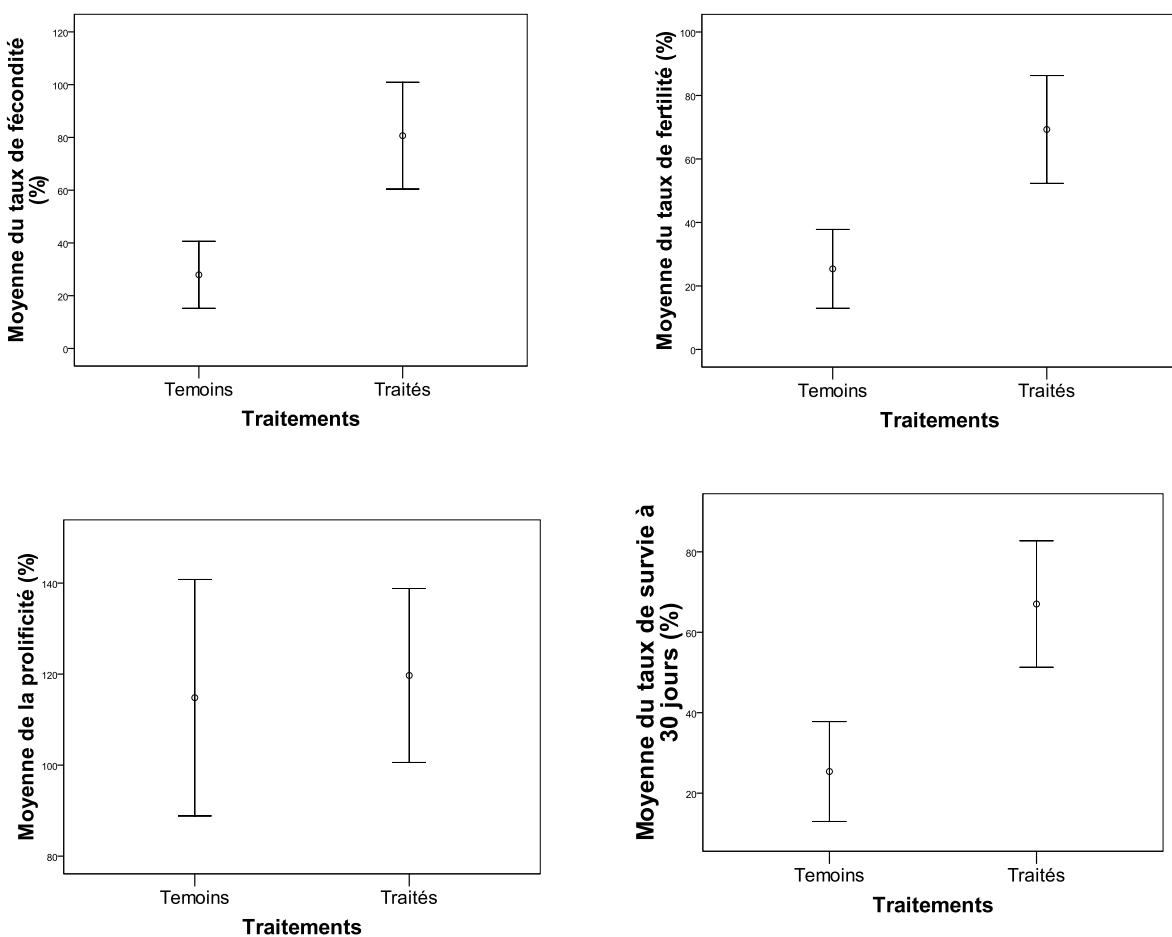


Fig. 4. Effet du flushing sur les paramètres de reproduction des chèvres (Andrianarisoa et al., 2014 ; modifié)

Tab. 2. Effets potentiels de la conduite d'élevage en lots avec le flushing sur le revenu des éleveurs (Andrianarisoa et al., 2014 ; modifié)

Taille troupeau (N têtes)	Coût de revient flushing (Ar)	Augmentation taille troupeau (N têtes)		Différence (N têtes)	Bénéfice (Ar)
		Elevage traditionnel	Elevage en lots		
10	77 500	3	7	4	70 500
20	155 000	6	13	8	157 000
30	232 500	8	20	12	235 500
50	387 500	14	34	20	392 500
75	581 250	21	50	29	588 750
100	775 000	28	67	39	785 000

5. Conclusion

L'élevage caprin peut être une alternative viable et durable aux pratiques de la production de CB et à l'AB. Il faut, cependant, insister sur la vente des surplus d'animaux issus des améliorations des conduites d'élevage pour éviter une augmentation importante de l'effectif du cheptel et le risque de surpâturage qui en découlerait.

6. Références citées

- Andrianarisoa, J.H., Rabeniala, R., Raoliarivelo, L.I.B., Randriamalala, R.J., 2014. Identification et analyse d'activités alternatives à la fabrication de charbon de bois dans le district de Toliara II, (Project period 2): Développement de l'élevage de petits ruminants. Q097 project final report, DERAD, Eastern and Southern Africa Partnership Program, Antananarivo.
- Cornet, A., Guillaumet, J.L., 1976 Divisions floristiques et étages de végétation à Madagascar. Cahier ORSTOM, série Biologie, 11(1): 35-42.
- Feldt, T., 2015. Interrelatedness of grazing livestock with vegetation parameters and farmers' livelihoods in the Mahafaly region, southwestern Madagascar. Mém. Doctorat. Université de Kassel.
- Feldt, T., Neudert, R., Fust, P., Schlecht, E., 2016. Reproductive and economic performance of local livestock in southwestern Madagascar: Potentials and constraints of a highly extensive system. Agricultural Systems 149, 54–64.
- Hanke H., 2016. Livelihoods on the edge: farming household income, food security and resilience in southwestern Madagascar. Mém. Doctorat Université de Gottingen.
- Koechlin J., Guillaumet, JL., Morat, P., 1997. Flore et Végétation de Madagascar. A.R.G. Gantner Verlag, FL 9490 Vaduz.
- Masezamana, H.N., Andrianarisoa, J.H., Raoliarivelo, L.I.B., Randriamalala, J.R., 2013. Identification et analyse d'activités alternatives à la fabrication de charbon de bois dans le district de Toliara II. Q096 project final report, DERAD, Eastern and Southern Africa Partnership Program, Antananarivo.
- Molle, G., Branca, A., Ligios, S., Sitzia, M., Casu, S., Landau, S., Zoref, Z., 1995. Effect of grazing background and flushing supplementation on reproductive performance in Sarda ewes. Small Ruminant Research 17, 245–254.
- Molle, G., Landau, S., Branca, A., Sitzia, M., Fois, N., Ligios, S., Casu, S., 1997. Flushing with soybean meal can improve reproductive performances in lactating Sarda ewes on a mature pasture. Small Ruminant Research 24, 157–165
- Rabeniala, R., Masezamana, H.N., Raoliarivelo, L.I.B., Randriamalala, J.R., 2013. Clôture en bois dans la commune urbaine de Toliara, une autre source importante de déforestation dans le district de Toliara II. Q925 project final report, DERAD. Eastern and Southern Africa Partnership Program, Antananarivo.
- Rabeniala, R., Raoliarivelo, L.I.B., Masezamana, H.N., Andrianarisoa, J.H., Randriamalala, J.R., 2009. Gestion de pâturage pour le cheptel de petits ruminants (ovins et caprins) dans une zone semi-aride du district de Toliara II. Q906 project final report, DERAD, Eastern and Southern Africa Partnership Program, Antananarivo.
- Randriamalala, J.R., Hosnab, B.H., Ranaivoarimanana, S., Ratovomalala, R.I., 2015. Dynamiques spatiales des fourrés xérophiles de Betsiboka-Sud et Soalala-Sud (Madagascar). In: Hervé, D., Razanaka, S., Rakotondraompiana, S., Rafamantanantsoa, F., Carrière, S. (Eds.), Transitions agraires au sud de Madagascar. Résilience et viabilité, deux facettes de la conservation. Actes du séminaire de synthèse du projet FPPSM, 10–11/06/2013, IRD-SCAC/PARRUR, Ed. MYE, Antananarivo, pp. 113–121.
- Randriamalala, J.R., Rabeniala, R., Masezamana, H.N., 2017b. Effets de la production de charbon de bois sur les fourrés xérophiles, cas du plateau de Belomotse, Madagascar. Madagascar Conserv. Dev. 12 (1). <http://dx.doi.org/10.4314/med.v12i1.1> (in press).
- Randriamalala, J.R., Radosy, H.O., Razanaka, S., Randriambanona, H., Hervé, D., 2016. Effects of goat grazing and woody charcoal production on xerophytic thickets of southwestern Madagascar. Journal for Arid Environments. 128, 65–72.
- Randriamalala, R.J., Ramananantoandro, T., Radosy, H.O., Randriambanona, H., Hervé D. 2017a. Annual biomass increment of xerophytic thickets and sustainability of woody charcoal production in southwestern Madagascar. Forest Ecology and Management. 400 : 139-149.
- Randriarimalala J., 2016. Dynamiques post-culturales des Fourrés Xérophiles du plateau de Belomotse, Toliara II, Atsimo Andrefana. Mém M2. ESSA-Forêts. Université Antananarivo.
- Randriarimalala, J., Randriamalala, R.J., 2016.- Dynamiques post-culturales des fourrés xérophiles sur dalle calcaire du plateau de Belomotse, Toliara II, Atsimo Andrefana. Akon'ny Ala. 33 : 19-30.
- Raoiliarivelo, L.I.B., Rabeniala, R., Masezamana, H.N., Andrianarisoa, J.H., Randriamalala, J.R., 2010. Impact de la fabrication de charbon de bois sur la production et la disponibilité fourragère de pâturage en zone sub-aride, cas de la commune de Soalala-Sud, Toliara II. Q909 project final report, DERAD, Eastern and Southern Africa Partnership Program, Antananarivo.

31. Plantations forestières d'espèces exotiques à Madagascar : un moyen pour restaurer les paysages forestiers et préserver la biodiversité ?

Jean-Pierre Bouillet¹, Jean-Marc Bouvet¹, Daniel Verhaegen¹, Alain Rasimindisa², Nicolas Andriamapianina², Hery Rakotondraolina², Viviane Andriamampandry², Marie-Christine Rakotonirina², Richard Knodt³, Christian Andriamanantseheno³, Jacques Berthieu Rajoelina³

¹ Cirad, DP Forêts et Biodiversité; ²Fofifa-DRFGRN, DP Forêts et Biodiversité; ³ Projet Eco-Diana

Contexte

Les forêts naturelles (FN) sont en constante régression dans le monde avec une perte de 120 millions d'ha entre 1990 et 2015 (FAO, 2015). Ceci, particulièrement sous les tropiques (Fig 1) avec de fortes pressions en Asie (arc indonésien), Amérique du Sud (Amazonie) et Afrique (Bassin du Congo).

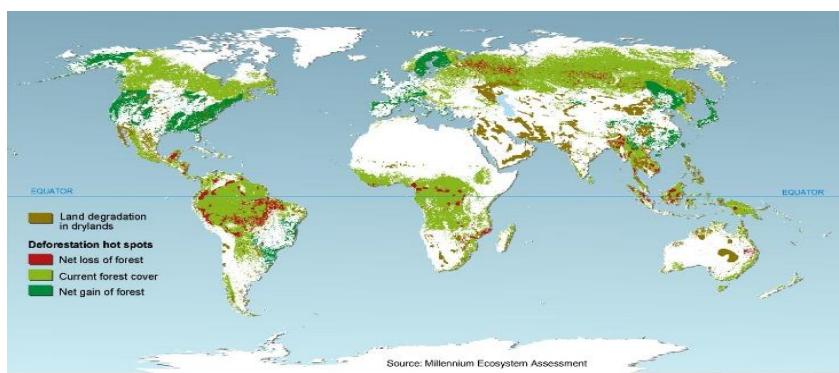


Figure 1. Localisation des zones de pertes et gains nets de forêts entre 1992 et 2012
(Source : Millenium Assessment)

Madagascar est aussi très concerné par ce phénomène, la surface des forêts de la côte Est étant passée de 7,2 à 3,6 millions ha entre 1950 et 1985 (Green et al. 1990). La déforestation/dégradation des FN y reste toujours très élevée avec des taux estimés entre 0,9 à 2,3 % an⁻¹ pour les forêts humides et 0,5 à 1,2% an⁻¹ pour les forêts sèches (Grinand et al., 2013 ; Rakotomalala et al., 2015). La cause principale est la pratique du tavy (Styger et al., 2007). La FN initiale est exploitée puis brûlée. Des cultures agricoles (riz ...) sont alors pratiquées profitant de l'amélioration temporaire des propriétés édaphiques lié au brûlis (Styger et al., 2009). Ceci pendant quelques années jusqu'à ce que la diminution de la fertilité des sols et l'envahissement par les adventices ne justifient plus de poursuivre les cultures. Le terrain est alors laissé en jachère avec l'installation d'une végétation secondaire (savoka). Celle-ci est de nouveau exploitée après quelques années, cette séquence se répétant dans le temps avec une dégradation progressive de la biodiversité végétale et faunique. A la fin du processus, la parcelle est considérée par les agriculteurs comme impropre à la culture (tany maty).

Une autre cause de la dégradation des FN est la recherche par les populations locales de ressources pour fournir du bois de service (perches, ...) et d'œuvre (planches...) et en 1^{er} lieu du bois énergie. En effet, principale source d'énergie des ménages malgaches, le bois fournit près de 90 % de l'énergie totale utilisée dans le pays (Montagne et al., 2009). A Mandritsara (Androno), une enquête auprès des vendeurs de charbon de bois et du Service Forestier a montré l'exploitation d'*Adina microcephala*, *Albizia fastigiata*, *Dalbergia sp.* (palissandres), *Grewia madagascariensis* ou *Brachylaena ramiflora*. Mais cette exploitation ne semble pas durable comme l'indique la coupe d'arbres fruitiers (*Mangifera indica*, *Tamarindus indica*). Un autre exemple de la non durabilité de cette pratique est celui des forêts xérophiles du plateau Mahafaly (SW de Madagascar) où des espèces des genres *Ruellia*, *Dalbergia*, *Hilsenbergia*, *Terminalia*, *Acacia* ou *Euphorbia* sont exploitées pour fabriquer du charbon de bois à destination de Tuléar (Randriamalala et al., 2016, 2017 (in press)). Ces auteurs estiment qu'au vu de la très faible productivité de cet écosystème, l'ensemble de la zone d'étude disparaîtra en moins de 15 ans. L'utilisation d'espèces de FN pour l'approvisionnement en énergie domestique conduit à l'appauvrissement de la biodiversité de ces écosystèmes, voire à leur disparition. Ce phénomène est vraisemblablement amplifié par la présence de rémanents d'exploitation au sol, l'ouverture du couvert et la présence d'adventices rendant plus sensibles ces écosystèmes aux dégâts de feux de brousse et à la perte de biodiversité associée.

Une solution alternative : les plantations forestières exotiques dédiées ?

Différentes espèces forestières exotiques (e.g. *Pinus* sp.) ont été introduites à Madagascar pour tester leurs performances et leur possible substitution aux espèces natives (Sutter and Rakotononelo, 1990). Les *Eucalyptus* se sont distingués par leur croissance rapide, leur rusticité, leur frugalité et leur capacité à rejeter de souche, permettant de ne pas replanter après exploitation des peuplements. *E. robusta* a été ainsi planté fin du 19^e siècle sur les Hautes Terres pour alimenter en bois de chauffage les locomotives à vapeur de la ligne Tamatave-Tananarive (Aubréville, 1953 ; Verhaegen et al., 2014). L'expansion des plantations s'est ensuite poursuivie par des initiatives individuelles dans un but de délimitation et d'appropriation des terres mais aussi pour l'alimentation en bois énergie de la capitale (Bertrand, 1999). On peut estimer que les plantations d'*E. robusta* couvrent actuellement 150.000 ha sur les Hautes Plateaux (Randrianjafy, 1999). La dynamique de plantation s'est poursuivie sur l'ensemble de la Grande Ile. Ainsi 16 000 ha d'*Eucalyptus* sp. ont été mis en place entre 1991 et 1998 (Ramamonjisoa, 1999). Dans la région de Diana, 9.000 ha de plantations villageoises à base d'*E. camaldulensis* ainsi que d'*Acacia auriculiformis* et *Acacia mangium* fournissant 40% de l'énergie domestique de Diego Suarez ont été installés dans le cadre du projet PAGE (Programme d'Appui à la Gestion de Environnementale) Eco-Diana. Dans la région de Tuléar II, 400 ha de plantations d'*Eucalyptus* sp. *A. mangium*, *Prosopis juliflora* et *Azadirachta indica* ont été mis en place entre 2007-2012. A l'horizon 2019, le projet ASA (EU-FED) vise à l'installation dans l'Analambana de 9200 ha de plantations villageoises à but énergétique (*E. robusta*, *A. mangium*, *A. leptocarpa*). Cependant, pour qu'elles remplissent convenablement leur rôle, les plantations doivent bien répondre aux besoins du marché. A titre de contre-exemple, les 3000 ha d'*E. camaldulensis* d'Antanimierina/Andranovory mis en place dans les années 1960 pour fournir du bois énergie à Tuléar n'ont que très partiellement rempli leur rôle. Les populations préférant utiliser des espèces des formations naturelles qui présentaient l'avantage d'un accès aisément et libre et d'une bonne qualité de charbon de bois.

Risques et opportunités liées aux plantations forestières d'espèces exotiques

L'utilisation durable de plantations forestières d'espèces exotiques pour préserver la biodiversité de Madagascar nécessite de quantifier leurs impacts environnementaux. Nous mettrons ici plus particulièrement l'accent sur les plantations d'*Eucalyptus*, souvent critiquées à cet effet (e.g Great Debate : www.fao.org/DOCREP).

Stock du carbone du sol

A Hawaï la conversion des pâturages en plantations d'eucalyptus augmente le stock de C du 1^{er} mètre de sol de 17.5% auquel s'ajoute la substitution du C fossile par de la biomasse renouvelable (Crow et al. 2016). Au Brésil l'afforestation en *Eucalyptus* ne change pas significativement le stock de C du sol (Fialho and Zinn, 2014) mais là aussi il convient de prendre en compte la biomasse sur pied. A Madagascar, la conduite en taillis d'*E. robusta* sur les hautes terres aboutit à une augmentation du stock de C par rapport à la savane originelle de 38 tC /ha, essentiellement via les souches et le système racinaire (Razakamanarivo et al., 2010). Des travaux spécifiques doivent être menés pour tenir compte des facteurs (e.g. topographie, texture des sols) pouvant influer sur le stockage de C et sa répartition entre les compartiments de l'écosystème (sol, biomasse souterraine, biomasse aérienne).

Fertilité minérale et réserves hydriques des sols

- Un propos classique est que les eucalyptus diminuent la fertilité des sols, voire les « stériliseraient » et les transformeraient en « désert vert » (concept du « deserto verde » au Brésil). De nombreux travaux ont été menés avec des résultats contrastés en fonction des caractéristiques écologiques et des modes de gestion des plantations. Au Nigeria, l'afforestation en *E. camaldulensis* de savanes en zones semi-arides conduit à une diminution des quantités de matière organique et d'éléments minéraux dans le sol superficiel (Jaideba, 1995). Le mécanisme évoqué est l'augmentation des pertes par drainage de surface sous plantations. Au Brésil, en comparaison à la savane originelle (cerrado), une diminution de la concentration en carbone du sol superficiel a été observée sous *E. camaldulensis* planté sur sols sableux mais pas argileux (Zinn et al., 2002). A l'inverse, les caractéristiques du carbone du sol ont été modifiées par l'afforestation seulement sur sol argileux. Les concentrations en K⁺, Ca²⁺ et Mg²⁺ sont inférieures après plusieurs rotations d'*Eucalyptus* par rapport au contrôle (pâturages dégradés) (Leite et al., 2010). Par contre les quantités de P assimilables augmentent. En Inde les quantités échangeables dans le sol de P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Fe and B diminuent avec l'âge des plantations d'*E. citriodora*. L'inverse est observé pour N, S et Zn (Ramamurthy et al., 2016). Au Congo, équilibrer le bilan d'éléments minéraux pour le compartiment sol à la fin de la 1^{ère} rotation de futaie nécessite un apport de 120 kg N/ha (Laclau et al., 2005). Mais le bilan est équilibré pour les autres éléments. Une même tendance au déséquilibre du bilan N sans fertilisation existe aussi au Brésil, et d'une manière générale pour les plantations productives d'eucalyptus (Laclau et al., 2010). Le bilan en éléments minéraux d'une plantation étant le résultat de l'interaction entre conditions de station (propriétés édaphiques, apports atmosphériques), modes

de gestion (e.g. durée de rotation) et besoins de la plante satisfaits par les prélevements au sol et le recyclage (interne ou via les litières), il apparaît que des études spécifiques sont nécessaires pour connaître l'impact des plantations sur la fertilité du sol.

- Une préoccupation majeure relative à l'utilisation des eucalyptus est leur impact sur les ressources hydriques du sol et le débit des rivières (Cossalter and Pye-Smith, 2003; Smethurst et al., 2015). Ces espèces, comme toute plante, consomment de l'eau pour leur croissance et leur entretien physiologique pouvant impacter, par exemple, le niveau des nappes phréatiques (observation des auteurs sur les plantations d'eucalyptus d'Antanimbeva). Pour des plantations très productives (50 m³/ha/an dans l'Etat de São Paulo - Brésil) la consommation a été estimée en moyenne à 1390 mm/an sur une rotation de 6 ans, pour des précipitations annuelles moyennes de 1450 mm (Christina et al., 2016). Cette consommation sera très inférieure pour des plantations peu productives (< 10 m³/ha/an) comme souvent le cas à Madagascar. Des travaux spécifiques doivent être donc menés, la consommation hydrique des plantations dépendant des productions, mais aussi des génotypes plantés et des conditions environnementales : ainsi, pour une même production, de fortes valeurs du déficit de pression de vapeur, liées par exemple à des températures élevées et des vents forts, vont entraîner une consommation en eau plus élevée des arbres.

Biodiversité

- L'impact de l'afforestation en *Eucalyptus* sur la faune du sol apparaît également contrasté en fonction des conditions écologiques et des systèmes de référence. Dans l'horizon de surface (0-5cm) une biomasse microbienne identique a été trouvée sous *E. grandis* et *E. cloeziana* et dans des reliquats de forêts avoisinantes dans le Minas Gerais (Brésil) (Braga et al., 2016). Dans le Nord de ce pays, la diversité de fourmis relevée dans les litières d'*Eucalyptus* était intermédiaire entre celle en forêt naturelle et en monocultures de maïs (de Nadaï Corassa et al., 2015). Au Brésil, Camara et al. (2012) ont trouvé une diversité d'arthropodes du sol supérieure sous forêt naturelle (mata atlantica) que sous plantations d'*Eucalyptus*. L'inverse a été observé en Inde dans des afforestations d'*Eucalyptus* par rapport aux savanes originelles (Reddy and Venkataiah, 1990). Au Brésil la diversité de collemboles et d'acariens était inférieure dans des plantations d'eucalyptus par rapport aux formations herbeuses natives (Rieff et al., 2016). En Chine, la litière d'*E. grandis* présentait une plus grande quantité de collemboles que celle d'*Alder formosa* (aulne). Par contre une macrofaune plus importante a été relevée quand les litières des deux espèces étaient en mélange (Li et al., 2013). La conduite d'études spécifiques apparaît donc ici aussi nécessaire pour juger de l'effet des plantations

- L'impact des plantations sur la biodiversité aérienne dépend également de la situation de référence. Il est certain que le remplacement d'une FN par des plantations entraînerait une perte majeure de biodiversité aérienne. Mais tel n'est pas le cas à Madagascar où les plantations sont classiquement mises en place sur des écosystèmes de type savane, souvent parcourus par les feux. Au-delà, les plantations peuvent favoriser la régénération des espèces natives (effet catalytique). Au Kenya, on observe une faible régénération d'espèces forestières de montagne sous eucalyptus (Thijs et al., 2014). Au Congo, des parcelles d'*Eucalyptus* protégées des feux et à faible distance de FN (< 100m) peuvent voir le développement d'un très important sous-bois d'espèces de FN (Loumeto and Huttel, 1997). Au Brésil, les Eucalyptus, en créant un micro climat propice (ombrage, humidité de l'air), sont utilisés en mélange avec des espèces natives pour des opérations de restauration forestière. Les eucalyptus permettent en parallèle de générer des revenus intermédiaires (coupe à 10-15 ans), favorisant l'opérationnalité de ces restaurations.

- La diversification des espèces est une voie de gestion des plantations promue par le projet Eco-Diana. Les paysans ont d'abord privilégié *E. camaldulensis* mais le projet a poussé pour l'utilisation en association ou en parcelles pures d'espèces fixatrices d'azote (*A. auriculiformis* et *A. mangium*). Des essais sont en cours pour augmenter le nombre d'espèces avec l'association des espèces exotiques *Corymbia citriodora*, *Azadirachta indica* et *Albizia lebbeck* (sub-spontanée à Madagascar) et de la légumineuse locale *Albizia gummifera*. Il est prévu d'amplifier cet effort sur les ourlets forestiers en y associant des espèces trouvées naturellement sur ces zones de lisière des formations naturelles qui pourront aussi être associées aux plantations à objectifs bois énergie, une fois la maîtrise de leur sylviculture suffisamment avancée (récoltes des graines, pépinières, plantation, conduite etc...).

Risques d'envahissement

A l'inverse, il est important d'estimer le risque d'envahissement des espèces exotiques dans les écosystèmes environnants. Ces risques sont très faibles avec les eucalyptus qui sont, aux très jeunes stades, très peu compétitifs par rapport à la végétation native (e.g. graminées) comme observé au Brésil (Silva et al., 2011, 2016). On ne voit pas non plus d'envahissement significatif par les eucalyptus à Madagascar ou à Maurice (*E. robusta*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*) alors que ces espèces ont été introduites depuis 150 ans dans ces deux pays. Le risque d'envahissement peut exister pour les pins et les acacias (photo 1) via la dispersion à moyenne/longue distance des graines

(par le vent pour les pins et les oiseaux pour les acacias) et leur levée de dormance par les feux. Le grevillea blanc (*Grevillea banksii*) est aussi une espèce potentiellement invasive pouvant constituer des fourrés denses lorsque les conditions sont favorables.



Photo 1. Dispersion de Pinus kesiya au sein de peuplement de tapia dans l'Itasy (à gauche) ; régénération dense d'Acacia auriculiformis après passage de feux dans la région de Diana (à droite) (crédit photo : JM Bouvet)

Il apparaît ici aussi le besoin de recherches spécifiques, comme sur l'occurrence d'ingression des espèces exotiques dans les formations naturelles (e.g. peuplements de tapia dans l'Itasy, FN à Diana). Mais ceci, en prenant en compte les compromis nécessaires entre besoins en bois des populations et risques d'invasion. Plus généralement, la mise en place et la gestion des plantations doivent être raisonnées en fonction des besoins des acteurs et ceci sur l'ensemble du bassin versant.

Restauration des paysages forestiers

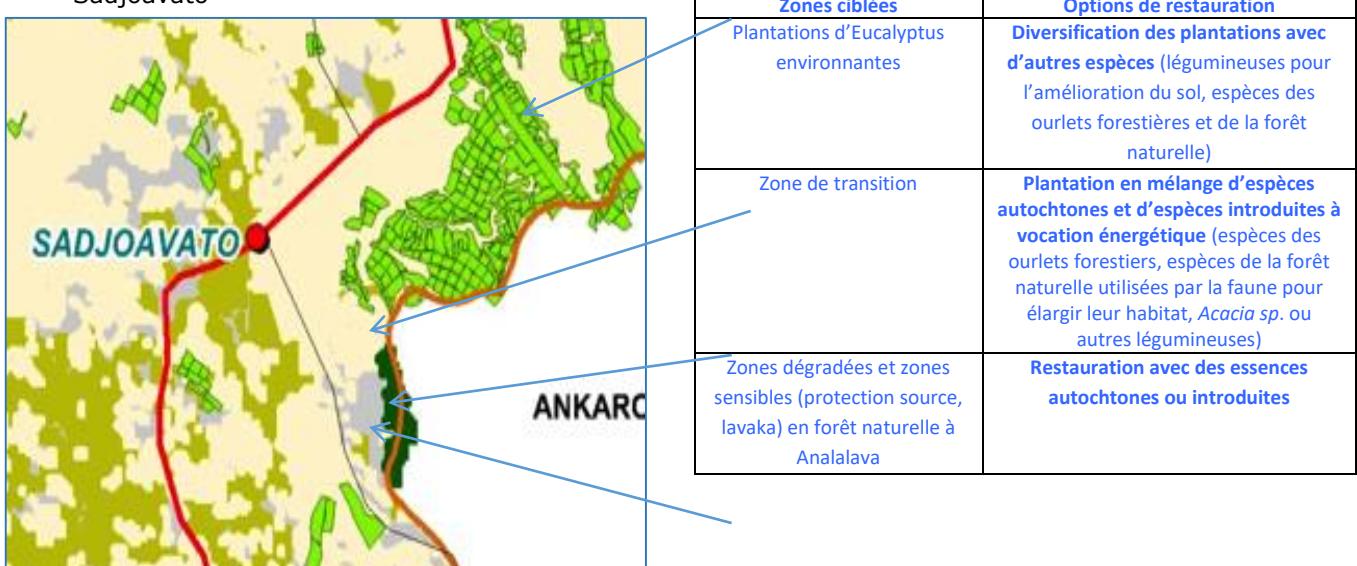
La Stratégie Nationale sur la Restauration des Paysages Forestiers et des Infrastructures vertes à Madagascar (MEEF, 2017) souligne que : «... La superficie informe sur une étendue très restreinte des plantations actuelles face aux besoins accrus en bois alors que des enjeux évidents apparaissent sur une meilleure gestion de ces espaces :

- la maîtrise d'une pression accrue sur les forêts naturelles,
- l'extension des superficies de plantations forestières notamment dans les espaces dénudés, la protection des bassins versants et la lutte contre l'érosion... »

C'est dans ce cadre de politique nationale et en lien avec ce qui a été développé précédemment que les plantations d'espèces exotiques peuvent s'intégrer dans des stratégies de restauration et de conservation de la biodiversité.

C'est le cas dans la région de Diana avec le projet PAGE Eco-Diana. Au-delà de la diversification d'espèces précédemment mentionnée il est prévu, dans la commune de Sadjoavato, des aménagements à l'échelle de bassins versants, associant des plantations d'Eucalyptus en plein ou en mélange dans des zones dégradées, des zones d'intensification de régénération naturelle d'espèces autochtones dans les ourlets forestiers et des mesures de conservation des fragments de forêt naturelle en interaction avec les zones agricoles (Fig. 2). Il s'agit là d'intervenir dans un paysage forestier constitué de plantations, de zones de savanes et de fragments de forêts pour améliorer les services écosystémiques liés à la diversité biologique des zones naturelles et des zones plantées

Figure 2 : Illustration des zones d'action du projet de restauration de la zone forestière de Sadjoavato



Dans le contexte malgache, la restauration des espaces forestiers au sein des paysages doit faire face à deux challenges majeurs :

Zone agricole	Agroforesterie (exemple : jachère améliorée) Zones agroforestières à intégrer dans le Plan Aménagement de la CoBa,
---------------	---

- la maîtrise des techniques de restauration. Il est crucial de pouvoir disposer d'itinéraires techniques efficaces et robustes (connaissance de la phénologie, pépinière, plantation, sylviculture...) applicables dans des contextes où les aléas environnementaux sont nombreux (feux, cyclones, parasites...). Si ceux-ci sont bien connus pour les espèces exotiques (eucalyptus, acacias, pins, etc...) ils restent encore fragmentaires pour les espèces autochtones. Des efforts de la recherche en relation avec les projets doivent se poursuivre pour ces espèces.

- une approche participative, associant des représentants des parties prenantes du projet de restauration (agriculteurs, reboiseurs, élus locaux, représentant de l'administration forestière et foncière, experts techniques et responsables de projet) aux différentes étapes de diagnostic, de définition des objectifs, des moyens et des solutions techniques mises en œuvre jusqu'aux étapes de suivi et d'évaluation du projet. Cette approche participative doit aussi être conduite dans un cadre de gestion adaptive où les outils de gestion sont régulièrement ajustés pour tenir compte de l'évolution de la ressource, du contexte socio-économique, des progrès de la science et des techniques.

Conclusion

Le rôle des forêts plantées, en particulier en espèces exotiques dans la conservation de la biodiversité et la fourniture de services écosystémiques liés à la diversité biologique est une question à analyser sous différents prismes. Les plantations diversifiées à base d'espèces locales, lorsque cela est possible, mais aussi d'espèces exotiques lorsque les conditions environnementales, économiques et sociales l'exigent peuvent fortement contribuer à la restauration des paysages (Brokerhoff et al., 2013). L'exemple de Madagascar montre qu'il est nécessaire de sortir d'une vision dichotomique où préservation de la biodiversité et plantations forestières seraient antinomiques. En fait la préservation de la biodiversité malgache et la restauration des services écosystémiques passera pour partie par des actions communes sur les espèces exotiques et natives.

Références

- Aubréville, 1953. Bois et Forêts des Tropiques ;
- Bertrand, 1999. African Studies Quarterly ; Braga et al., 2016. Cerne ;
- Brokerhoff et al., 2013. Forest Ecology and Management ;
- Camara et al., 2012. Bioscience Journal;
- Cossalter and Pye-Smith, 2003. CIFOR, Bogor, Indonesia;
- Christina et al., 2016. Functional Ecology ;
- Crow et al., 2016. Carbon Management ;
- de Nadai Corassa et al., 2015. Comunicata Scientiae;
- Fialho and Zinn, 2014. Land Degradation and Development ;
- Green et al., 1990. Science ;
- Grinand et al, 2013. Remote Sensing of Environment ;
- Jaiyeoba, 1995. Soil Use and Management;
- Laclau et al., 2005, 2010. Forest Ecology and Management ;
- Leite et al., 2010. Revista Brasileira de Ciencia do Solo ;
- Li et al., 2013. Acta Ecologica Sinica ;
- Loumeto and Huttel, 1997. Forest Ecology and Management ;
- MEEF, 2017. Stratégie Nationale sur la Restauration des Paysages Forestiers et des Infrastructures vertes à Madagascar;
- Montagne et al., 2009. Document Cite, Madagascar ;
- Rakotomalala et al., 2015. Forest Ecology and Management ;
- Ramamurthy et al., 2016. Research on Crops;
- Randriamalala et al., 2016. Journal of Arid Environments ;
- Randriamalala et al., 2017. Forest Ecology and Management.
- Randrianjafy, 1999. FAO/CE GCP/Int/679/EC ;

Razakamanarivo et al., 2010. Bois et Forêts des Tropiques ;
Reddy and Venkataiah, 1990. Environment and Ecology;
Rieff et al., 2016. Current Science;
Silva et al., 2011, 2016. Forest Ecology and Management ;
Smethurst et al., 2015. Journal of Hydrology: Regional Studies;
Styger et al., 2007. Agriculture, Ecosystems and Environment ;
Styger et al., 2009. Agroforestry Systems ;
Sutter and Rakotononely, 1990. Min. Coop France ;
Thijs et al., 2014. Restoration ; Zinn et al., 2002. Forest Ecology and Management.

32. Les enjeux de la biodiversité dans le contexte d'une aire de développement durable

HERINANDRASANA Nivoary Mihanta¹, RAKOTOMAVO Andriamparany², MIASA Eustache² et MISERE Jean de Dieu³

¹Doctorante à l'ISSEDD (Institut Supérieur de Sciences, Environnement et Développement Durable – Université Toamasina

²Maîtres de conférences à l'ISSEDD (Institut Supérieur de Sciences, Environnement et Développement Durable – Université Toamasina -

³Représentant du Comité de Pilotage de l'ADD – Région Atsinanana -

Résumé

Intégrant en son sein l'harmonie entre l'écologie, le socio-culturel et l'économie, une Aire de Développement Durable (ADD) est un modèle de développement inspiré de celui du Parc National de Cotentins – France. Le présent article consiste en l'analyse des enjeux de la biodiversité dans le contexte d'une future ADD dans la Commune Rurale d'Andovoranto, District de Brickaville, Région Atsinanana. Son objectif est de montrer l'importance de la biodiversité dans le développement territorial de la zone. Pour ce faire, il est parti d'une hypothèse, selon laquelle les diversités floristiques, faunistiques et paysagères d'Andovoranto constituent un des piliers du développement socio-économique et culturel de l'ADD à mettre en place. Outre la documentation sur le concept d'ADD et les principales caractéristiques de la zone, des interviews semi-structurées (focus groups et ateliers villageois), couplées avec l'inventaire des ressources naturelles via transect et Système d'Information Géographique, ont été effectuées pour rassembler les données de base indispensables à la compréhension du système territorial et agro-socio-économique de la Commune. Les tests statistiques effectués ont permis de corrélérer et inter-relier les données ainsi collectées.

Etant un territoire vivant, de par les flux d'échange commercial et de personnes entre Andovoranto et ses périphéries, la Commune dispose d'un paysage diversifié où l'endémisme élevé de ses biodiversités faunistique et floristique ne lui prive pas de potentiels de développement socio-culturel et économique. Le site constitue un site écotouristique potentiel, non seulement à cause de ses richesses en biodiversité, mais surtout en raison de la possibilité de les associer avec son histoire socio-culturelle, l'abondance de ses produits agroforestiers et sa richesse en ressources fruitières. L'article montre toutefois que cette possibilité d'associer biodiversité et socio-économie est handicapée par l'omniprésence de diverses pressions sur les ressources naturelles (HARIMAMPIANINA, 2014). Le manque d'infrastructures routières et fluviales constitue également un des obstacles à l'épanouissement de la zone, selon le modèle ADD.

Des stratégies et outils de prise de décisions sont proposés afin de contribuer à la valorisation harmonieuse des potentiels en diversité existants. Une politique innovante en matière d'aménagement et de développement économique, social et culturel est avancée dans l'article, pour une meilleure valorisation durable de la biodiversité et des ressources territoriales. Ces outils permettent non seulement de lutter contre la pauvreté qui sévit dans zone, mais ils constituent également un moyen d'adaptation aux effets du changement climatique. Dans ce sens, la biodiversité joue un rôle prépondérant dans le processus de développement durable du territoire objet d'une ADD.

Mots clés : Aire de Développement Durable, biodiversité, Andovoranto Brickaville, changement climatique, écotourisme

Introduction

Le patrimoine peut être considéré comme un instrument de développement économique et territorial (DGESCO – IGEN, 2010) durable, répondant et satisfaisant aux besoins du présent, ainsi qu'à ceux

de la génération future. Les problèmes associés à la population et son territoire présentent des limites pour son développement, notamment l'ignorance de la population quant aux opportunités que les richesses naturelles peuvent fournir, les menaces sur les ressources naturelles et patrimoniales, l'insuffisance d'organismes ou de projets de développement. La Région Atsinanana, une localité riche en biodiversité, mais fragilisée par les activités anthropiques, en collaboration avec celle de la Basse - Normandie, projette de mettre en place une zone pilote Aire de Développement Durable (ADD).

Intégrant en son sein l'harmonie entre l'écologie, le socio- culturel et l'économie, une ADD est un modèle de développement inspiré de celui du Parc National de Cotentins - France (HERINANDRASANA et al., 2016). Ce Parc National Régional (PNR) est un territoire rural habité, reconnu au niveau national non seulement pour sa forte valeur patrimoniale et paysagère, mais aussi pour sa fragilité ; il s'organise autour d'un projet concerté de développement durable, fondé sur la protection et la valorisation de son patrimoine. Un PNR a pour vocation de protéger et valoriser le patrimoine naturel, culturel et humain de son territoire en mettant en œuvre une politique innovante d'aménagement et de développement économique, social et culturel, respectueuse de l'environnement. Il s'attache à gérer de façon harmonieuse ses espaces ruraux; à maintenir la diversité biologique de ses milieux; à préserver et valoriser ses ressources naturelles, ses paysages, ses sites remarquables ; à mettre en valeur et dynamiser son patrimoine culturel. Selon le concept ADD, le PNR anime et coordonne les actions économiques et sociales pour assurer une qualité de vie et un développement respectueux de l'environnement de son territoire, en valorisant ses ressources naturelles et humaines. Le présent article consiste en l'analyse des enjeux de la biodiversité dans le contexte d'une future ADD dans la Commune Rurale d'Andovoranto, District de Brickaville, Région Atsinanana - Madagascar. Son objectif est de montrer l'importance de la biodiversité dans le développement territorial de la zone. Pour ce faire, il part d'une hypothèse selon laquelle les diversités floristiques, faunistiques et paysagères d'Andovoranto constituent un des piliers du développement socio-économique et culturel de l'ADD à mettre en place.

Matériels et méthodes

La présente étude concerne la Commune Rurale d'Andovoranto, une future ADD, dans la Région Atsinanana ; elle se trouve à 28 km à l'Est du Chef-lieu de District Brickaville. La Commune est desservie par des voies fluviales passant par les fleuves Rianila, Vohitra et Iaroka. Avant, elle était aussi accessible par le réseau ferroviaire TCE (Tananarive Côte Est), mais actuellement elle ne l'est plus en raison du caractère aléatoire de ce moyen de transport. Sinon, des voitures tout terrain peuvent y accéder en empruntant une piste dégradée qui passe par les villages d'Andavakimena et Menagisa.

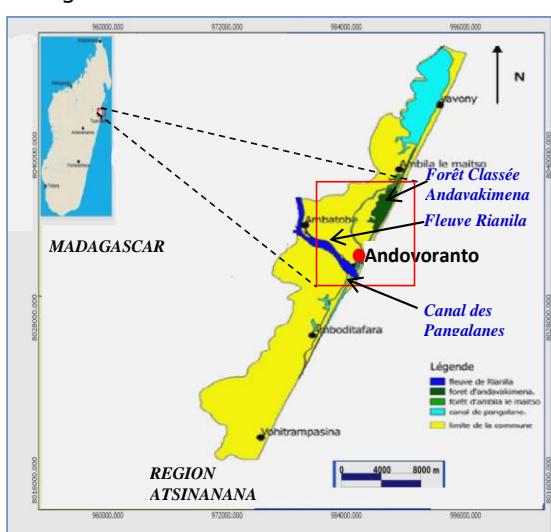


Figure 1 : Localisation de la zone d'études

et floristique ne lui prive pas de potentiels de développement socio-culturel et économique. Le site constitue un site écotouristique potentiel, non seulement à cause de ses richesses en biodiversité, mais surtout en raison de la possibilité de les associer avec l'histoire socio-culturelle, l'abondance des produits agroforestiers et la richesse en ressources fruitières d'Andovoranto.

Pour le territoire d'Andovoranto, les enjeux de la biodiversité résident dans le potentiel écotouristique de la zone, grâce à :

- la diversité et à l'endémisme de sa flore et faune (plus de 80% ; BOSSER, 2011) ;

Outre les investigations bibliographiques sur le concept ADD et les principales caractéristiques de la zone d'études, des interviews semi-structurées (*focus groups* et ateliers villageois), couplées avec un inventaire des ressources naturelles *via* transect et Système d'Information Géographique, ont été effectuées pour rassembler les données de bases indispensables à la compréhension du système territorial et agro-socio-économique de la Commune. Les tests statistiques effectués ont permis de corrélérer et inter-relier les données ainsi collectées.

Résultats et discussions

Etant un territoire vivant, de par les flux d'échange commercial et de personnes entre Andovoranto et ses espaces périphériques (Brickaville, Route Nationale n°2, Toamasina, Antsampanana), la Commune dispose d'un paysage diversifié où l'endémisme élevé de ses biodiversités faunistique

et floristique ne lui prive pas de potentiels de développement socio-culturel et économique. Le site constitue un site écotouristique potentiel, non seulement à cause de ses richesses en biodiversité, mais surtout en raison de la possibilité de les associer avec l'histoire socio-culturelle, l'abondance des produits agroforestiers et la richesse en ressources fruitières d'Andovoranto.

- caractère attractif et unique de son paysage
- l'existence de formations végétales typiques, littorales / et ou continentales telles que la Forêt Classée d'Andavakimena (1416 ha – photo 1) ainsi que les formations marécageuses, arboricoles et/ou herbacées.

Cette biodiversité riche et caractéristique de la zone périphérique du Canal des Pangalanes offre au territoire d'Andovoranto diverses forces économiques telles que :

- potentiel agricole. Il s'agit d'une zone productrice de fruits tropicaux, tels que banane, diverses espèces d'Annonaceae (corossol, cœur de bœuf, noni), orange, carambole, coco, etc. Il est à noter qu'Andovoranto est l'un des centres d'approvisionnement en fruits de la capitale Antananarivo ; plus de 10 tonnes de fruits par jour, en provenance de ce territoire, partent de Brickaville pour être acheminées quotidiennement sur la Route Nationale n° 2.
- potentiel hydrologique. Le territoire d'Andovoranto dispose d'un fort potentiel en eaux : l'espace marin offert par l'Océan Indien à l'Est, le Canal des Pangalanes à l'Ouest, au Nord et au Sud, les fleuves Rianila, Vohitra et Iaroka, avec leurs affluents respectifs, ainsi que les lacs, marais et marécages divers, lesquels sont tous riches en ressources halieutiques. Ces atouts font d'Andovoranto un lieu privilégié en ressource en eaux, lui dotant entre autres d'un potentiel navigable non négligeable.
- potentiel en matière d'élevage. Malgré la faible importance de l'élevage bovin, le territoire est doté de sites aquacoles favorables au développement de la pisciculture. L'aviculture et l'apiculture ne seront pas en reste, compte tenu de l'abondance respective d'espaces et d'espèces de plante mellifère dans la zone.

Avec 355 espèces de plantes supérieures, la Forêt d'Andavakimena renferme d'innombrables plantes médicinales (tableau 1). Ces espèces se répartissent en 88 familles dont 4 sont endémiques : ASTEROPEIACEAE (une espèce), SPHAEROSEPALACEAE (une espèce), SARCOLAENACEAE (sept espèces), et DIDYMELACEAE (une espèce). APOCYNANCEAE, ARECACEAE, RUBIACEAE, SARCOLAENACEAE et SAPOTACEAE en sont les familles les plus diversifiées en espèces.

La valorisation des plantes dans la pharmacopée constitue un enjeu patrimonial et socio-culturel important d'Andovoranto, au même titre que l'usage de *Trema orientalis* (Andrarezina) dans les rituels funéraires. En effet, Andovoranto dispose d'un statut conservateur des cultures ancestrales où fête des morts et *Tsaboraha* sont encore d'actualité dans le territoire. L'Association des autorités traditionnelles (*Fikambanan'ny Tangalamena Andovoranto*) prône et marque de plus en plus son empreinte dans le développement de la Commune, et ce, à travers l'organisation annuelle de cérémonies cultuelles typiques des pays Betsimisaraka.

La présence de divers acteurs aux niveaux local, communal et régional constitue à la fois un point fort et une faiblesse du territoire d'Andovoranto, en raison des liens de soutien ou de tension entre eux sur les plans social, culturel et économique (figure 2). D'une manière globale, le dynamisme des acteurs et leur degré d'implication dans le processus de développement de la zone dépendent directement ou indirectement des 4 préalables ci-après :

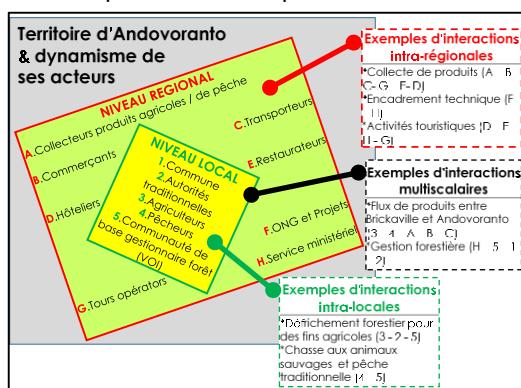


Figure 2 : Les acteurs de développement et leurs interactions dans le territoire d'Andovoranto

- l'abondance des ressources naturelles dont la biodiversité, l'eau, le sol et le sous-sol
- la disponibilité de ces ressources
- la modalité de gestion de la biodiversité
- l'accès aux ressources naturelles

Pour le cas d'Andovoranto, ces 4 conditions sont réunies pour que biodiversité puisse devenir un facteur de mobilisation des parties prenantes locales, communales et territoriales. Il est toutefois important de signaler que la possibilité d'associer biodiversité et socio-économie est handicapée par l'omniprésence de diverses pressions sur les ressources naturelles. En effet, selon HERIMAMPIANINA(2014), la Région Est fait l'objet d'un défrichement forestier annuel de l'ordre de 3 ha / ménage. Le manque d'infrastructures routières et fluviales constitue également un des obstacles à l'épanouissement de la zone. Ces deux contraintes majeures constituent ainsi des enjeux négatifs à surmonter pour que les ressources naturelles d'Andovoranto, tout comme son paysage, puissent trouver leur place dans le modèle ADD.

Les stratégies et outils de prise de décisions suivants sont proposés afin de contribuer à la valorisation harmonieuse des potentiels en diversités existants :

- diagnostic et analyse détaillés des ressources naturelles et paysagères de la zone en vue d'identification des patrimoines écologiques et anthropiques de l'ensemble du territoire. Des cartes thématiques sur la zone, tout comme des documents techniques (fiche technique descriptive, plan de développement territorial, etc.) sont indispensables pour une bonne compréhension des forces et faiblesses du territoire.
- élaboration d'une stratégie de gestion durable de la biodiversité de la zone à partir d'une approche territoriale privilégiant la participation de tous les acteurs, et non seulement le Service Etatique ou les Associations / Communautés de Base gestionnaires habituelles des forêts. Se démarquant de l'approche Aire Protégée habituelle, cette stratégie doit émaner de l'ensemble des populations et acteurs habitant le territoire ; ce sont ces derniers qui définissent les modalités de gestion et d'accès aux ressources naturelles de leur « Aire » de développement et d'intervention.
- prise en compte du paramètre « changements globaux » dans le processus de planification territoriale. Les modalités de gestion préconisées doivent ainsi viser le moyen et long termes, lesquels sont sujets à des variations globales et zonales en termes de climat, de productivité agricole et d'accroissement démographique (ASCONIT-PARETO, 2011 ; ANDRIAMBOLATIANA et al., 2013, INSTAT-ENSMOND, 2013 et USAID, 2016).

Par rapport à l'approche Aire Protégée habituelle, le caractère innovant de l'approche ADD réside dans « l'abolition du mur » qui sépare la population locale d'une part, et les ressources naturelles qu'elle « gère », d'autre part. La première approche donne plus de poids à la structure gestionnaire telle que les VOI (Communauté de Base ou *Vondron'Olona Ifotony*), et/ou le Service Etatique, tandis que la deuxième s'ouvre plus aux populations communales, et ce, par l'intermédiaire des structures territoriales décentralisées que sont la Commune et la Région. Ce sont ces dernières qui fixent et appliquent les modalités de mise en œuvre des 4 préalables supra-mentionnées, tenant compte du « caractère patrimonial territorial » de la biodiversité, du paysage et des ressources naturelles (eau, sol, sous-sol et biomasses) de leur territoire.

Tableau 1. Liste des plantes médicinales rencontrées dans la Forêt d'Andavakimena

Maladie	Espèces	Nom local	Partie utilisée	Préparation	Mode d'utilisation
Fièvre	<i>Petchiacapuronii sp.</i>	Tongoborona	Feuille et tige	Faire bouillir	A boire fréquemment jusqu'à la guérison
	<i>Lygodiumsp sp.</i>	Famatotrakanga	Feuille et tige	Faire bouillir	A boire fréquemment jusqu'à la guérison
	<i>Anisophylleasp sp.</i>	Hazomamy	Feuille et tige	Faire bouillir	A boire fréquemment jusqu'à la guérison
	<i>Xylopia sp.</i>	Hazoambo	Feuille et tige	Faire bouillir	3 fois/jour
	<i>Secomesp sp.</i>	Vahizato	Feuille et tige	Faire bouillir	3 fois/jour
Fatigue générale	<i>Xylopia sp.</i>	Hazoambo	Feuille et tige	Faire bouillir	3 fois/jour avant repas
	<i>Calantica sp.</i>	Tendrofony	Feuille et tige	Faire bouillir	3 fois/jour avant repas
	<i>Secome sp.</i>	Vahizato	Feuille et tige	Faire bouillir	3 fois/jour
	<i>Combretum sp.</i>	Menakabonga	Feuille et tige	Faire bouillir	3 fois/jour avant repas

Conclusion

La biodiversité joue un rôle prépondérant en matière d'Aire de Développement Durable. Ses enjeux résident dans ses diverses formes de valorisation durable en termes d'écotourisme, patrimoine

écologique et socio-culturel, ainsi qu'en matière Agricole (agriculture et pêche). Pour plus d'efficacité, la gestion de la diversité naturelle doit être vue sous un angle « territorial », en privilégiant la dynamique des acteurs, les flux et échanges de biens et de personnes à différents niveaux spatiaux (local, communal, régional, territorial, ville secondaire, grande ville). Cette forte implication des acteurs territoriaux dans la gestion des ressources naturelles nécessite toutefois une certaine coordination pour éviter toute bavure. Les Structures Territoriales Décentralisées telles que la Commune et la Région devraient ainsi jouer le rôle de « facilitatrices des activités de valorisation durable des ressources », « garantes de la durabilité desdites activités » et « gardiennes des ressources-patrimoines du territoire ». Dans le contexte d'une ADD, les enjeux de la biodiversité ne sont pas seulement d'ordre économique, ils ont aussi attrait à des questions stratégiques et politiques.

Références bibliographiques

- ANDRIAMBOLATIANA, S. et RANDRIAMAMPIANINA, M.. 2013. Changement climatique : politique et perspectives à Madagascar. Rapport d'études. FES. 30p.
- ASCONIT & PARETO, 2011. Etude de vulnérabilité aux changements climatiques, évaluation qualitative, mars 2011, Madagascar. Rapport d'études. ACCLIMATE, COI, FFEM, Ambassade de France à Madagascar, Région Réunion. 83p.
- BOSSER, J. & LECOUFLE, M., 2011. Les orchidées de Madagascar. Orchids of Madagascar. Éditions Biotope, Mèze. 496p.
- DGESCO – IGEN, 2010. Dynamiques des territoires dans la mondialisation : Notions générales et principes de mise en œuvre. Ministère de l'éducation nationale, de la jeunesse et de la vie associative - Bureau des programmes d'enseignement / Ressources pour la classe de première des séries générales – BO spécial n°9 du 30 septembre 2010
- HERIMAMPIANINA, L.M.J.D., 2014. Analyse des pourquoi de la non-adoption du système de riziculture Intensif dans la partie Nord de Toamasina. Mémoire de Licence. Institut Supérieur de Sciences, Environnement et Développement Durable – Université de Toamasina. 61p.
- HERINANDRASANA, N.M., RAKOTOMAVO, A. et RASOLOFOHARINORO, 2016. La sécurité alimentaire dans le contexte d'une Aire de Développement Durable *in Actes du Symposium International sur l'Agrobiodiversité et Sécurité Alimentaire dans les pays de l'Océan Indien, Madagascar et Comores*. Ed. ISSEDD-Université de Toamasina. Projet EGALE. pp. 145-149. ISBN 978-88-99108-09-0.
- INSTAT-ENSMOND, 2013. Caractéristiques socio-démographiques de la population, Enquête Nationale sur le Suivi des Indicateurs des Objectifs du Millénaire pour le Développement (ENSMOND), Madagascar 2012-2013
- USAID, 2016. Profil du risque de changement climatique, Madagascar, Fiche documentaire. USAID. 5p.

33. Valorisation des sites sacrés pour la conservation des ressources forestières: cas du village royal d'Itaoiana de la commune rurale d'Ambohimahamasina, district d'Ambalavao, Région de la Haute – Matsiatra

KOTO Bernard

Département de géographie, Université de Toliara

Introduction

La forêt sacrée d'Itaoiana, d'une superficie de 2839,63 ha, objet de transfert de gestion auprès des communautés locales de base depuis le 16 août 2002, se situe à Ambohimahamasina, une des treize communes rurales qui composent le district d'Ambalavao, région de la Haute Matsiatra. Elle est relativement préservée, conservée et valorisée et fait partie du corridor forestier Ambositra – Vondrozo (COFAV), une des Nouvelles Aires Protégées créées dans la province de Fianarantsoa et qui a une superficie de 499 598 d'hectares (CMP, 2008). .Elle est considérée comme l'un des derniers pans de forêt primaire humide de Madagascar puisqu'elle se trouve dans le corridor biologique reliant les parcs nationaux de Ranomafana et de l'Andringitra.

Un double enjeu se pose alors :

- d'une part, il s'agit de mieux comprendre les raisons pour lesquelles la foret d'Itaoiana est globalement préservée et conservée et cela en dépit d'importantes pressions qui s'exercent sur les ressources naturelles dans les zones périphériques,

- d'autre part, connaître la logique paysanne voire les pratiques de gestion traditionnelle qui favorisent tant bien que mal une gestion consensuelle et responsable des ressources naturelles.

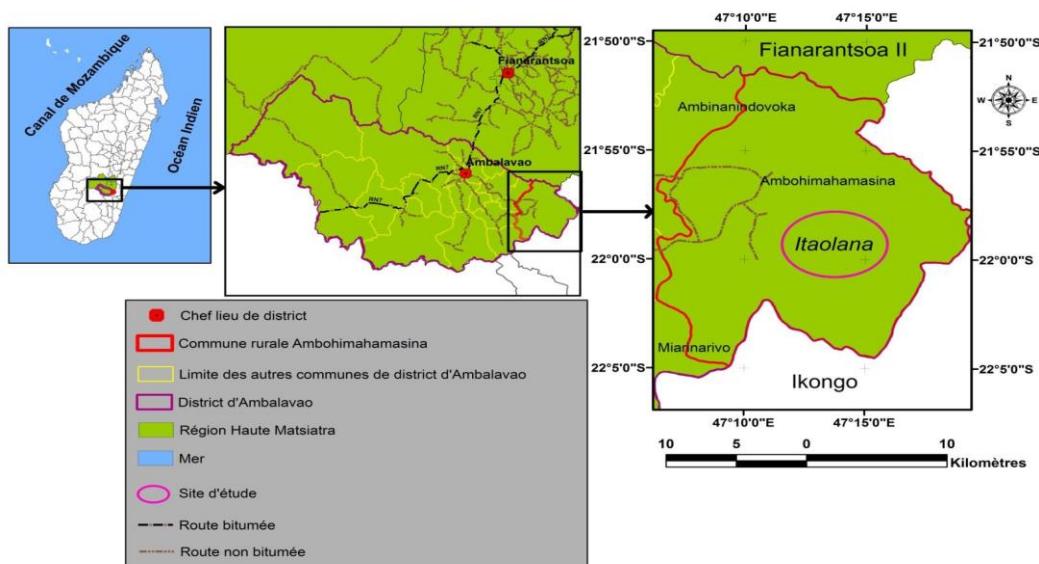
Une première partie du travail se focalise sur la présentation générale du milieu d'étude et de la forêt sacrée d'Itaolana, riche en biodiversité. La deuxième partie traite de la place du sacré dans la conservation des ressources naturelles (fady) et l'importance du «dina», comme stratégie de responsabilisation des communautés locales à cogérer leurs ressources naturelles. Enfin, la troisième partie aborde les limites de l'intégration des valeurs socio-culturelles dans les actions de conservation de la forêt d'Itaolana.

I. La forêt sacrée d'Itaolana, riche en biodiversité

La forêt sacrée d'Itaolana est réputée par sa richesse exceptionnelle en biodiversité dont l'existence de lémurien considéré comme des espèces endémiques phares par les touristes. Elle dispose d'un certain nombre de sites touristiques et culturels lui permettant de développer un tourisme communautaire, solidaire et responsable. Celui-ci est cogéré par l'association locale Fizahantany Ambohimahamasina (FIZAM) en collaboration avec la Vondrona Itaolana Mijoro (VOI). Il est principalement axé sur les randonnées en forêt, la découverte des terroirs agricoles, de l'artisanat et des cultures betsileo (rites et traditions).

La commune rurale d'Ambohimahamasina dans laquelle se trouve le fokontany d'Itaolana est l'une des communes rurales qui constituent le district d'Ambalavao.

Par ailleurs, la forêt sacrée se situe dans le fokontany d'Itaolana qui est une des treize fokontany de la commune d'Ambohimahamasina .



Le site sacré d'Itaolana, dont le berceau se localise à Mahamady, regorge encore d'importantes ressources naturelles qui méritent d'être gérées durablement avec les communautés locales de base. Il comporte des symboles et des représentations que les paysans continuent de respecter en dépit des transformations socio-culturelles qui s'y sont progressivement opérées.

I.1. Une forêt riche en biodiversité.

En raison de sa situation géographique et bio-climatique, notamment en étant l'un des carrefours entre les hautes terres centrales et la région de Vatovavy- Fitovinany, la forêt d'Itaolana présente à la fois une forêt naturelle dense humide sempervirente de basse et moyenne altitude dont 800 à 1800m. Elle enregistre une forêt dense sclérophylle à prédominance d'espèces de *Weinmanniasp* et *Tambourissasp*. Une savane arbustive et herbeuse constituée de *Philippiasp* et d'*Aristitidesp* ainsi que de forêts de reboisement d'eucalyptus et de sapins est plantée aux environs des villages assurant l'approvisionnement en charbon de bois et en bois de chauffe des ménages ruraux riverains.

On y trouve également quelques plantes spécifiques qui ont des vertus thérapeutiques, reconnues par les communautés locales parmi lesquelles sont citées pèle-mêle :

- (i) *Psiadiaaltissima* ou "Dingadingana" dont les feuilles et les tiges servent à traiter des plaies ulcérées chez les enfants comme chez les adultes. Elles soulagent également les règles douloureuses chez les femmes ou encore à faire disparaître les plaques dans les cheveux. Les personnes qui ont la gale boivent et se baignent avec la décoction,
- (ii) *Cinnamosmafrangrans* ou "mandravasarotra" ou "Saro" qui signifie « tient le mal éloigné ». Il a une vertu thérapeutique exceptionnelle. On lui confère la renommée du défenseur de l'organisme, il fluidifie et épure le sang. Il accroît également la résistance à l'infection et à l'usure. Il permet d'éviter la sénescence précoce, d'amoindrir les maladies cardio-vasculaires, de corriger les états précancéreux et d'affronter énergiquement les maladies les plus graves, surtout quand on l'associe avec le VAHONA (Aloe).
- (iii) La décoction de feuilles de *Cinnamosmafrangrans* associée au « bemaimbô » (*Ageratum conyzoides*) et au « rômba » (*Ocimumgratissimum*) sert au bain des femmes et des nouveau-nés après l'accouchement.
- (iv) *Dypsisnodifera* ou « Sirahazo » a une véritable pouvoir de désinfection générale. Le sel obtenu par lavage des cendres de la plante a été auparavant utilisé dans la consommation malagasy, mais aussi employé dans le traitement de l'ulcère de l'estomac ou de l'intestin
- (v) *Ravensaraspp* ou « Tavolo » traite les crampes musculaires. Il est aussi utilisé dans la fabrication de piliers et de toiture ; mais également en menuiserie, et comme bois de chauffe.
- (vi) *Brachylaenapersieri* ou « Piro » dont la décoction des feuilles est consommée par le couple qui soigne la stérilité masculine et féminine. Elle peut être aussi utilisée comme insecticide.

La forêt conserve encore d'autres espèces, à valeur économique telles que, des bois d'ébénisterie (*DiospyrosSpp*, *Dalbergia spp*, *Brachylaenasp*), des bois de menuiserie, (*Ocoteaspp*, *Weinmanniaspp*, *Canariumsp*, *Psorospermumsp*, *Carissa sp*, *Canthium*, *Macrorhammusspp*), des bois de déroulage (*Elaeocarpusssp*, *Croton sp* ; *Polysciasspp*), des bois de caisserie, (*Oncostemonssp*, *Ravensaraspp*, *Nuxiaspp*, *Homaliumsp* ; *Macaranga sp.*) qui sont utilisés dans la fabrication de manches de bêche.

On y trouve également d'autres produits forestiers tels que les bambous qui sont utilisés dans la construction des habitations en tant que support de chaume, plafonds et de murs en terre. Il y a aussi des pandanus qui sont nécessaires pour la fabrication d'objets de vannerie et de nattes.

Par ailleurs, la faune est constituée par des espèces de lémuriens ayant un régime alimentaire frugivore et folivore (*Variecia variegata*, *Eulemurrubriventer*), des oiseaux (*Lophotibiscristata*, *Coracopsis vasa*), des rongeurs (*Eliurusmyoximus*), des mammifères (*Potampcheruslarvatus*, *Cryptoproctaferox*), des reptiles (*Mabuyagrawenhorstii*), des insectivores (*Tenrec ecaudatus*, *Hemicentesnigriceps*) ainsi que diverses poissons et crustacées.

La forêt d'Itaolana présente certaines espèces phares qui sont des produits touristiques par excellence comme

- (i) le *Gephyromantis* qui est une espèce d'amphibiens appartenant à la famille des MANTELLIDAE et à la sous-famille des MANTELLINAE endémique de Madagascar ;
- (ii) le *Eulemur rubriventer* ou le "Variblomena" qui est une espèce présentant un dimorphisme sexuel. Il vit en groupe de deux à six,
- (iii) *Streptopeliapicturata* ou "Domoina" qui est une espèce protégée et très rare dans la Région de la Haute Matsiatra.

II.2. Une forêt sacrée, un espace peuplé par des esprits et des divinités

La perception paysanne considère que la forêt sacrée d'Itaolana est une « harenabe », une grande fortune mise à la disposition des hommes par les « zanahary » et les ancêtres bienveillants. Les ressources forestières notamment leur exploitation nécessitent le respect et le suivi de certaines cérémonies qui sont la traduction la plus spéculaire et la plus visible de la profusion de la création divine, de la régénérescence et de la vie.

La sacralisation de la forêt d'Itaolana se matérialise par un certain nombre de symboles qui ont fait l'objet de cérémonies traditionnelles. C'est un espace sauvage, symbole de la création de « Zanahary », dominé par des esprits-bêtes hostiles aux hommes – et dans lequel on a construit d'anciens sites de villages, des grottes qui servaient d'habitats temporaires ou saisonnier pour se refugier lors des attaques de fahavalô. On peut y trouver facilement d'anciens tombeaux de « vazimba », de vestiges d'implantation humaine qui sont matérialisés par des pierres levées et des nouvelles sépultures. Il y a également des monuments commémoratifs (vatolahy, tatao ou kibory), qui sont faits à partir de pierres levées notamment des mégalithes de granite grossièrement taillés et polis de forme irrégulière, rectangulaire ou phallique, d'environ deux à quatre mètre de haut sur 50cm de large.

Ces lieux sacrés sont généralement associés à des morts, aux cultes des ancêtres et à leurs mémoires. Les tombeaux traditionnels et lignagers qui peuvent être installés dans des cavités rocheuses situés dans des escarpements de granite témoignent de l'appropriation des lieux par les lignages en question, un espace désigné comme « tanindrazana » ou territoire ancestral et que les descendants actuels en sont les propriétaires. Il est interdit de s'en approcher, de le souiller et de détruire la végétation qui l'entoure.

Etant un des objets de cérémonies lignagères, la forêt représente, un espace parfaitement redouté dont l'accès nécessite le respect de certaines attitudes et pratiques ainsi que la réalisation d'un certain nombre de cérémonies. Ces comportements se traduisent par des respects des « fady » et par un ensemble de cérémonies (*saotra*) au cours desquelles on invoque « Zanahary », les esprits « tompon'nyala »(maître de la forêt) et les ancêtres. On se présente à eux, on leur expose nos intentions, et on leur offre une compensation symbolique sous forme de libation de « *toaka* » ou de sacrifice de petit animal, en échange de l'intrusion dans la forêt et de l'exploitation de ses ressources. Des cérémonies traditionnelles avec des messages bien codés avant l'intrusion dans la forêt doivent être scrupuleusement respectées. On exige la réalisation d'un « *saotra* » au village, en s'agenouillant ou en s'accroupillant devant la « *tafotona* », pour demander la bénédiction et la protection des ancêtres en y versant quelques gouttes de « *toakagasy* ». Sur la route, on dépose des pierres et des branches sur le « *tatao* », en répétant parfois le « *saotra* ». Au moment où l'on défriche la forêt et l'on aménage des bas fonds marécageux, on recommence le « *saotra* » prononcé par des « *ray amandreny* ». On demande aux ancêtres et au « Zanahary » de ne pas s'opposer au défrichement ; et d'apporter de bonnes choses. On exhorte les mauvais esprits de se retirer et on verse ensuite sur le sol et sur la végétation un peu de « *toakagasy* ».

Les paysans d'Itaolana ont des « fady » qu'ils respectent dans la forêt. Ces fady sont multiples par exemple on y interdit de porter certains aliments et d'en manger ou de prononcer. Certains espaces qui servent de résidence aux esprits, comme les très anciens tombeaux ou les sites villageois en forêt, ou la montagne d'Ambondrombe, sont très redoutés et l'on évite de s'en approcher.

II. La place du sacré dans la cogestion communautaire des ressources forestières d'Itaolana

La forêt d'Itaolana est le prolongement de la montagne sacrée d'Ambondrombe (1936m d'altitude), et celle d'Angavoa (culminant à 1817m) qui représentent des châteaux d'eau pour les communautés riveraines pour leur système de production traditionnel basé sur la riziculture, les cultures vivrières, la pêche et l'élevage

II.1. Le sacré et la préservation des ressources naturelles

La perception paysanne selon laquelle la forêt est sacrée contribue à freiner l'exploitation du milieu forestier et de la nature sauvage, et favorise la préservation des ressources par les populations locales riveraines face aux pressions qui s'exercent sur elles. On note par ailleurs que la transgression des interdits (fady) constitue une infraction par rapport à l'ordre établi par Zanahary, les esprits et les ancêtres. C'est un acte grave, qui va susciter le blâme de la société et la colère des ancêtres, et déclencher sur la tête et la famille du responsable de l'infraction toute une série de malheurs : un malaise général, ou une maladie, le « *havoa* » et puis des accidents, des morts, des mauvaises récoltes.

Par ailleurs, la forêt d'Itaolana qui était l'ancien berceau royal est majoritairement peuplée par des Betsileo reconnus par leur forte cohésion sociale, basée sur le respect des cultures et des traditions mais aussi sur la reconnaissance du pouvoir des autorités traditionnelles. Ils se considèrent d'ailleurs comme des autochtones, de vrais propriétaires fonciers, un statut qui leur confère un certain pouvoir et une notoriété dans la gestion des ressources forestières et la distribution des terres pour les nouveaux venus composés principalement par les originaires du Grand Sud-Est. L'organisation sociale traditionnelle du fokontany d'Itaolana repose sur la parenté, le lignage (*tarika*) et le clan (*raza*). Le « *tarika* » ou lignage est formé par des groupes de parents qui se réclament d'un ancêtre commun, reconnu et participant à une même unité cérémonielle, sous la conduite de l'aîné du groupe selon les règles de la primogénéiture (le premier-né mâle du groupe assure cette fonction) ou « *rayamandreny topon-tsaotra* ».

Les paroles du « *ray amandreny to-teny* » « un parent incontestable » doivent être acceptées et exécutées si non on s'expose à leur mécontentement. Ce sont eux qui vont discourir durant les cérémonies lignagères.

Le « *ray amandreny topon-tsaotra* » « le parent détenteur de *tafotona* – poteau sacrificiel (*mpitankazomanaga*) » qui se charge de la réalisation des cérémonies lignagères » est très respectueux. Il est le sacrificateur, l'intermédiaire reconnu et légitime entre les vivants et les ancêtres. Il est considéré comme le gardien des traditions et le symbole vivant de la cohésion sociale.

A ce titre, il veille scrupuleusement au respect des traditions comme le sacrifice de zébus si c'est possible lors des funérailles, des retournements de morts (famadihana), de « kiridy » qui est une fête familiale ou lignagère lors d'une construction d'un nouveau logement, d'un nouveau tombeau, ou d'un vœu exhaussé.... Il lui incombe ainsi de gérer les cérémonies lignagères, les divers conflits sociaux.

Le « ray amandreny loholona », comme son nom l'indique, peut éventuellement conseiller le « ray amandrenyto-teny » dans les sacrifices. Il a aussi un rôle important dans la vie communautaire villageoise.

Dépositaires de l'autorité traditionnelle et pouvant redistribuer des terres à ceux qui en veulent, ces « ray amandreny » à travers des réunions des membres du groupe lignager fixent les modalités de gestion communautaire des ressources naturelles dans la forêt. En cas de besoin, ils décident également des sanctions qui vont être infligées à ceux ou celles qui n'agissent pas conformément aux règles sociales préétablies. Ils établissent et déterminent les relations sociales qui peuvent exister entre les betsileo autochtones et les migrants. L'exploitation n'est pas interdite, mais elle doit tenir compte de la capacité de régénération des ressources naturelles. La pêche des écrevisses et anguilles, la cueillette du miel et la chasse, le débroussaillage de certaines basses vallées pour des activités agro-pastorales sont pratiqués de manière à ne pas trop perturber les écosystèmes et les fonctions écologiques y afférentes.

II.2. L'importance des devins-guérisseurs

En dépit de la forte implantation du christianisme et de l'évangélisation dans l'ensemble du pays betsileo, une grande partie de la population riveraine d'Itaolana continue à croire encore aux astrologues (mpanandro) et aux devins-guérisseurs (ombiasa – mpisikily). Ces derniers, grâce à leurs arts divinatoires, peuvent prédire l'avenir et arranger le destin de ceux qui les consultent. Les pouvoirs magiques et mythiques qu'ils possèdent, proviennent d'une bonne utilisation de « certaines plantes miraculeuses » dans un espace forestier bien circonscrit et conservé. Cet espace se sacrifie de lui-même comme s'il était imbibé du pouvoir des devins-guérisseurs. Il est relativement préservé par les populations riveraines qui le connaissent.

II.3. Mise en œuvre du « dinan'nyala » ou convention sur la forêt

La population d'Itaolana initie et met en œuvre « le dinan'nyala », une sorte de conventions villageoise lui permettant de protéger autant que possible ses ressources forestières contre les diverses formes de pressions dont elles font l'objet : défrichements de tout genre, exploitation illicite des produits forestiers, prélèvement des plantes médicinales, braconnage, On reconnaît que la forêt, avec ses multiples fonctions, occupe une place importante dans la vie quotidienne des populations locales. Elle peut également produire du bois, du miel, des tubercules et représente des réserves de fourrages pour le bétail en période sèche. Elle a des fonctions socio-culturelles comme étant un lieu de récolte des plantes médicinales.

En d'autres termes, la forêt constitue une source permanente de diverses matières indispensables dans la vie quotidienne de la population locale. On y préleve des bois de construction, des bois de chauffe, des bois pour les divers enclos, pour la fabrication de charrettes. L'arbre au sein du paysage constitue une ressource très utilisée dans la vie paysanne. Les espaces arborés sont ainsi multifonctionnels et fournissent en même temps, des produits et des services utiles pour les communautés.

Les pratiques et les activités de la forêt doivent tenir des exigences des esprits qui la peuplent et des divinités qui s'y trouvent. Généralement, elles ne gaspillent pas les ressources forestières. Elles sont d'ailleurs imprégnées du respect du créateur et de la chose créée, de « Zanahary », des esprits de la nature et des esprits des ancêtres.

III. Limites de l'intégration des valeurs socio-culturelles dans la stratégie de conservation de la forêt d'Itaolana.

La perception traditionnelle, selon laquelle la forêt est sacrée, protège les ressources naturelles. Les aménagements écotouristiques sont réalisés de manière à ne pas trop perturber les esprits qui y peuplent et certains écosystèmes jugés riches et fragiles. Mais depuis les vingt dernières années, la donne semble changer. La fragilité de la cohésion sociale qui se traduit par la remise en cause progressive des autorités traditionnelles, l'accroissement démographique due à l'installation de nouveaux migrants, la problématique de l'application du « dina » risquent de compromettre les modes de cogestion communautaire des ressources forestières d'Itaolana.

III.1. Accroissement démographique alimenté par une migration régionale des originaires du Grand Sud-Est malgache.

Comme dans l'ensemble de la commune d'Ambohimahamasina, le nombre des migrants Tanala et des autres groupes du Sud-Est auprès des populations riveraines d'Itaolana a doublé durant la dernière décennie (commune d'Ambohimahamasina, 2016). Ces nouveaux venus, recrutés comme

salariés agricoles sont de véritables destructeurs de forêt. On note par ailleursque la déforestation apparaît comme un « mal nécessaire » qui s'inscrit dans une stratégie de survie permettant aux paysans d'acquérir de nouvelles parcelles à mettre en valeur pour leurs activités agro-pastorales. Les parcelles, nouvellement défrichés permettent la culture de riz et de maïs ainsi que d'autres produits de rente par excellence tels le charbon de bois et le bois de chauffage. On y collecte également des plantes médicinales, des fruits à manger et on y collecte des tenrecs, du miel, des écrevisses et autres ressources contribuant à assurer un équilibre alimentaire fragile et une rentrée d'argent substantielle pour les ménages.

Le relatif accroissement démographique qui constitue une pression supplémentaire pour la forêt d'Itaoana se traduit par l'augmentation de la production des bois d'œuvre et de charbon de bois. Il se manifeste également par l'exploitation illicite des bois pour les usages domestiques et pour l'approvisionnement de la ville d'Ambalavao et enfin par l'extension de nouveaux défrichements dans les zones périphériques ;

III.2. Une remise en cause des valeurs et des autorités traditionnelles constituant la base de la cohésionsociale.

L'organisation sociale traditionnelle repose sur une structure patriarcale, dans laquelle le patriarche ou le « ray amandreny », détenteur de l'autorité traditionnelle exerce son réel pouvoir sur le contrôle du social, de la culture, de la politique et de l'économie paysanne. En tant que tel, et assisté par ses conseillers, il a la responsabilité de bien gérer les ressources dans le terroir lignager et est garant de l'application des « dinan'nyala » ou des sanctions communautaires (vono dina) .

Depuis la dernière décennie et suite à un certain nombre de facteurs socio-culturels et économiques, l'autorité traditionnelle se fragilise progressivement. Des groupes de jeunes, nouvellement riches et détenteurs de pouvoirs politiques et administratifs veulent établir une nouvelle hiérarchie sociale, un nouveau modèle de la société qui ne respecte pas forcement les valeurs traditionnelles, base de la cohésion sociale.

Cette tendance reste encore isolée, mais suffit pour compromettre progressivement les modes de gestion traditionnelles des ressources forestières dans l'Itaoana.

III.3. La problématique de la mise en œuvre du dina en tant que stratégie légitime de responsabilisation des communautés locales à préserver leurs ressources.

Le « dina »(convention villageoise), traduit l'engagement solennel des communautés locales à préserver les ressources naturelles dont elles disposent. Par extension, il est mis en place pour résoudre certains problèmes socio-économiques très particuliers qui touchent l'ensemble de la communauté villageoise : vols de bœufs, vols de culture sur pied, problème de divagation des bœufs, limite des terroirs agricoles, problème lié à la gestion des ressources naturelles.

Dans le cadre de la gestion des ressources forestières d'Itaoana, l'application des « dina »est efficace tant qu'elle préserve l'harmonie et la cohésion sociale ainsi que les intérêts collectifs de l'ensemble des communautés locales. Dans le cas contraire, elle n'est pas efficientenotamment si elle produit l'effet inverse tout en fragilisant l'organisation sociale préétablie.

Conclusion.

Les pressions sur la forêt d'Itaoana sont généralement liées à la déforestation dans laquelle les paysans souhaitent acquérir de nouveaux espaces agro-pastoraux à mettre en valeur, au libre accès des ressources et à une mauvaise gouvernance forestière. Mais l'intégration des valeurs traditionnelles et des pratiques paysannes à travers le « dina » dans les stratégies de conservation permettent pour le moment de la préserver.

34. Valorisation des potentialités microbiologiques du topsoil en vue de la restauration écologique de zones forestière après une exploitation minière : cas de la mine de QIT Madagascar Minerals (QMM)

RATSIZAFY Irinah *, ANDRIANANDRASANA M. Doret, BAOHANTA Rondro H., RANDRIAMBANONA Herizo, RAMANANKIERANA Heriniaina

Laboratoire de Microbiologie de l'Environnement, Centre National de Recherches sur l'Environnement
Résumé

Lors de l'exploitation minière de la mine de QIT Madagascar Minerals (QMM), dans le sud-est de Madagascar, le Topsoil ou sol de surface est excavé puis stocké avant l'extraction des minéraux. Ce sol, riche en microorganismes et en nutriments, possède un intérêt particulier à être utilisé en restauration écologique. L'objectif principal de cette étude était de déterminer les propriétés

microbiologiques du topsoil et ainsi ses potentialités pour la restauration écologique du site. Pour cela, trois échantillons de sol (topsoil, sol à réhabiliter et sol forestier) ont été étudiés. Pour chaque échantillon de sol : (i) l'activité microbienne globale a été évaluée (ii) les spores endomycorhiziennes ont été dénombrées, et (iii) le nombre le plus probable de propagules (MPN) a été déterminé. Enfin, la capacité de mycorhization du topsoil a été évaluée. Les résultats obtenus ont pu montrer : (i) une fertilité biologique très faible [activité microbienne globale faible, nombre de spores et nombre le plus probable de propagules (MPN) faibles] du sol à réhabiliter et donc une nécessité d'améliorer la fertilité de ce dernier, (ii) une activité microbienne globale significativement plus faible mais une densité de spores endomycorhiziennes significativement plus élevée du topsoil comparées au sol forestier, (iii) une bonne capacité de mycorhization du topsoil même avec de faible quantité (< 1g / 100 g de sol). D'un point de vue microbiologique, l'utilisation du topsoil en restauration est fort intéressante. Sa bonne capacité de mycorhization pourra donc être utilisée en pépinière afin d'améliorer au mieux l'installation des plantes utilisées en restauration.

Mots clés : Topsoil minier, restauration écologique, endomycorhizes

Introduction

Madagascar, cinquième plus grande île du monde, est largement connu pour sa méga-biodiversité. Il est, pourtant, estimé que le pays a perdu près de 90 % de ses forêts naturelles au cours de ces cinquantes dernières années (Harper *et al.*, 2007), alors que cette diversité biologique se trouve essentiellement dans ses forêts (Carret *et al.*, 2010).

Bien qu'environ très peu exploité, comparé aux autres pays africains, le secteur minier malgache est en pleine croissance (Sarrasin, 2006). Longtemps occupé par de petits exploitants artisanaux, des projets miniers de grande envergure prennent de plus en plus de place dans le pays. Le modèle de développement du pays doit donc s'articuler sur une équation, voulant que la croissance des exploitations minières contribue à faire reculer la pauvreté tout en protégeant l'environnement et la biodiversité (Sarrasin, 2006).

Dans le Sud-Est de Madagascar, dans la région de Fort-Dauphin, de l'ilmenite et du zircon sont extraits à partir des sables minéraux lourds par QIT Madagascar Minerals (QMM). Dans un contexte où le peu de surface forestière restante de la région de Fort-Dauphin se trouve presque entièrement dans la zone minière, QMM a donc beaucoup plus d'influence sur l'ensemble de la forêt littorale de la région que dans tout autre projet minier partout ailleurs (Temple *et al.*, 2012). Conscient des risques importants qui existent sur cet environnement déjà fortement dégradé, QMM s'est ainsi engagé à en réduire ses impacts par le biais de l'évitement, de la minimisation et de la réhabilitation (Rio Tinto, 2008). L'industrie minière s'est ainsi engagée à restaurer, d'une manière écologique, la mine au fur et à mesure de l'avancée de l'exploitation. C'est dans cette optique que s'insère cette étude, dont l'objectif principal était d'évaluer les potentialités du topsoil en vue de son utilisation en restauration écologique.

Matériels et Méthodes

Trois échantillons de sols (topsoil, sol forestier et sol dégradé après exploitation et à réhabiliter) ont été analysés au cours de cette étude.

1. Activité microbienne globale des sols

La molécule de fluorescéine di-acétate (FDA) est utilisée pour estimer l'activité microbienne globale des sols car elle est hydrolysée par un ensemble d'enzymes produit dans le sol par les populations bactériennes, fongiques et végétales (Green *et al.*, 2006).

La FDA, sans couleur, devient vert jaunâtre, en présence de ces enzymes. L'intensité de cette couleur indique la quantité des molécules de FDA hydrolysée et l'activité globale de l'enzyme dans l'échantillon du sol. Le résultat d'hydrolyse de la fluorescéine, est mesuré par spectrométrie à une longueur d'onde de 490 nm et est exprimé en µg / h g/de sol.

2. Dénombrement de spores

La densité et la diversité morphologique des spores de champignons endomycorhiziens ont été évaluées selon la méthode de tamisage humide décrite par Sieverding (1991). Cent grammes de chaque échantillon de sol ont été passés à travers des tamis de tailles différentes (200µm, 100µm, 80µm et 50µm), sous un jet d'eau. Chaque fraction de sol retenue dans les différents tamis est ensuite récupérée dans des tubes à centrifuger de 50mL et soumise à deux séries de centrifugation (avec de l'eau distillée puis ensuite dans une solution de saccharose à 60%). Après récupération et observation à la loupe binoculaire, la densité des spores est exprimée en nombre de spores/ 100 g de sols selon leurs tailles et leurs couleurs.

3. Estimation du nombre de propagules

La richesse d'un sol en propagules endomycorhiziennes capables d'infecter les racines de plantes hôtes est déterminée par la méthode du « Nombre le plus probable » (Most Probable Number ou MPN).

Cette méthode est basée sur la détermination de la présence ou pas de champignons endomycorhiziens dans les racines des plantes endomycotrophes, ici le sorgho (*Sorghum sp.*) ; ces dernières poussant sur des substrats individuels de dilutions successives de sol à tester (Kuszala et Gianinazzi, 2010), à raison d'une plante par pot. Après 21 jours de culture, les systèmes racinaires sont récupérées et colorées selon la méthode de Phillips et Hayman, (1970), puis observées sous la loupe binoculaire (x60). La présence ou pas d'une colonisation mycorhizienne a été notée pour calculer de MPN.

4. Potentiel infectieux endomycorhizogène

Le potentiel infectieux endomycorhizogène du topsoil a été évalué par la méthode du MSI (Mycorrhizal Soil Infectivity). Cette infectivité du sol est exprimée comme une unité de MSI/ 100 g de sol. Une unité de MSI également appelée MSI₅₀ est définie comme la quantité minimale de sol nécessaire pour infester 50 % de la population de plantes. Il est donc calculé pour Y=50 % (Duponnois *et al.*, 2001). Tout comme la méthode du MNP, cette méthode est basée sur l'évaluation de la présence ou pas de champignons endomycorhiziens dans les racines des plantes endomycotrophes (*Sorghum sp.*) cultivées sur des substrats de dilutions successives à tester, mais avec une densité de plantes par pot plus importante (10 plantes/pot).

Résultats

1. Activité microbienne globale

Une différence significative a été observée pour l'activité microbienne globale du sol ($p<0,05$) entre le sol forestier et les deux autres sols (topsoil et au sol à réhabiliter). Cela dénote déjà une plus grande activité au niveau du sol forestier comparé aux deux autres sols, confirmée par les valeurs de vitesse de formation de la fluorescéine dans chaque sol (Tableau 1)

Tableau 7 : Vitesse moyenne ± écart-type d'hydrolyse de la fluorescéine pour chaque sol

	Topsoil	Sol à réhabiliter	Sol forestier
Quantité de fluorescéine produite ($\mu\text{g}/\text{h/g}$ de sol)	$49,32 \pm 6,42^{\text{a}}$	$43,75 \pm 14,96^{\text{a}}$	$165,60 \pm 38,62^{\text{b}}$

*Les chiffres suivis d'une même lettre ne présentent pas de différence significative au seuil de probabilité 0,05, selon le test de Newman-Keuls

2. Dénombrement de spores

Le dénombrement global de spores de champignons endomycorhiziens (Figure 2) pour chaque sol étudié montre une densité significativement plus importante de spores ($p<0,05$) au sein du topsoil, comparée au sol forestier ainsi qu'au sol à réhabiliter.

Tableau 8 : Nombre total de spores ± écart-type dans 100 g de sol testé

	Topsoil	Sol à réhabiliter	Sol forestier
Nombre total de spores / 100 g de sol	$1938 \pm 311^{\text{a}}$	$121 \pm 16^{\text{b}}$	$708 \pm 138^{\text{c}}$

*Les chiffres suivis d'une même lettre ne présentent pas de différence significative au seuil de probabilité 0,05, selon le test de Newman-Keuls

Les spores ont également été séparées en deux groupes selon leur couleur. Les spores claires (blanc, jaune, brun et marron) d'un côté et les spores noires de l'autre

Figure 9). Les résultats obtenus ont montré une plus forte proportion de spores noires dans le topsoil et inversement dans le sol forestier. Pour le sol à réhabiliter, il y a autant de spores noires que de spores claires.

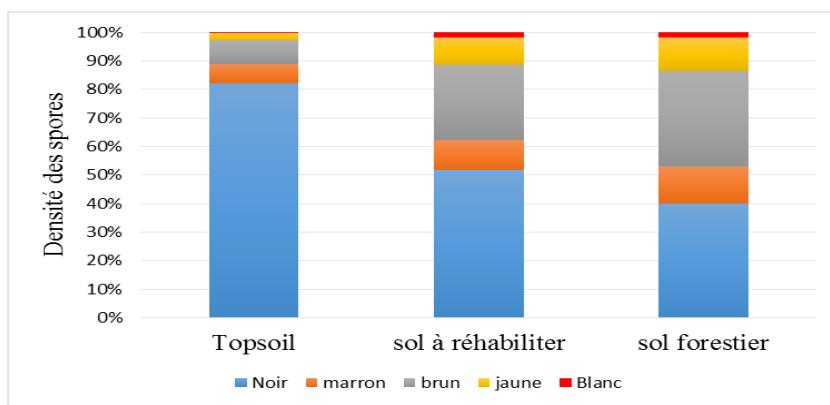


Figure 9 : Densité de spores selon leurs couleurs

3. Estimation du nombre de propagules (Most Probable Number ou MPN)

Les valeurs de MPN pour 100 g de chaque sol sont représentées dans le tableau ci-dessous. Les résultats montrent une plus forte valeur pour le sol forestier, suivi du topsoil et enfin du sol dégradé.

Tableau 9 : Nombre le plus probable de propagules± écart-types dans 100 g de sol testé

	Topsoil	Sol à réhabiliter	Sol forestier
Nombre le plus probable de propagules / 100 g de sol	80,33 ± 6,42 ^a	8,48 ± 14,96 ^b	131,55 ± 38,62 ^c

* Les chiffres suivis d'une même lettre ne présentent pas de différence significative au seuil de probabilité 0,05,

4. Potentiel infectieux mycorhizogène du topsoil (MSI)

Le MSI₅₀ permet de trouver la quantité de sol non stérilisé (ici le topsoil) nécessaire pour mycorhizer 50 % d'une population de plantes. Dans les conditions de notre test, les pourcentages de plantes mycorhizées observées pour chaque dilution sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 10 : Pourcentages de plantules de sorgho mycorhizées

Proportion du sol stérile (%)	3	6	12	24	48	100
Pourcentage de plantes mycorhizées (%)	66	70	72	76	82	88

Bien que n'atteignant jamais 100% de mycorhization, les résultats obtenus montrent un fort pourcentage de mycorhization à toutes les dilutions même pour la plus faible. Ces résultats ont permis de calculer la valeur du MSI₅₀ du topsoil qui est de 0,28 g/100 g de sol.

Discussion

La qualité biologique d'un sol fait souvent référence à l'abondance, la diversité et l'activité des organismes vivants participant au fonctionnement de ce sol. Cette qualité biologique permet d'évaluer la qualité de ces sols et plus précisément la fertilité de ces derniers (Chaussod, 1996).

Les résultats obtenus au cours de cette étude ont montré une activité microbienne globale significativement plus faible au sein du topsoil contrairement au sol forestier. Cette activité n'est significativement pas différente de celle du sol à réhabiliter. Or, l'activité microbienne des sols est fortement liée à la quantité et à la qualité des ressources organiques du sol (Sanon, 2005). Le fait d'avoir retiré la végétation, source de matière organique, plusieurs jours avant le décapage du topsoil, puis son stockage a fortement diminué cet apport de matière organique et donc diminué l'activité microbienne.

En outre, le dénombrement global de spores de champignons endomycorhiziens a montré une quantité de spores significativement plus faible dans le sol forestier. Cela peut être expliqué par le fait que dans ce sol, une bonne partie des spores ont germé. En effet, comme déjà observé ci-dessus, ce sol à une forte activité microbienne et donc probablement une forte activité bactérienne, or la présence de bactéries, telles que les bactéries solubilisatrices de phosphate, par exemple, se traduit par une stimulation de la germination des spores (Dalpé, 2005). Ajouter à cela, la germination des spores est aussi initiée lorsque ces dernières entrent en contact avec des racines de plantes (ici la végétation présente sur le sol forestier) déjà colonisées ou de plantes-hôtes (Perrier, 2005). Des études ont montré que les exsudats racinaires sont les signaux primaires des plantes durant la mise en place de la symbiose en stimulant la germination des spores (Garcia-Garrido et Vierheilig, 2009).

Le nombre de spores très élevé dans le topsoil montre donc que les conditions ne sont pas encore favorables à la germination de ces dernières contrairement au sol forestier.

Pour le nombre de propagules, les résultats montrent plutôt un nombre plus important pour le sol forestier, contrairement au topsoil et au sol à réhabiliter. Ce nombre reflète le nombre de propagules contenu dans le sol, capable de mycorhizer les plantes. Ainsi, bien que fortement riche en spores, comparé au sol forestier, le topsoil a faiblement mycorhisé les plantes. Ces résultats peuvent être expliqués par les proportions de spores claires et de spores sombres dans ces sols. En effet, des études menées par Perrier (2005) montrent que les spores claires possèdent généralement un meilleur potentiel de germination contrairement aux spores noires. Les spores dégradées, parasitées ou mortes prennent en effet cette couleur noir. Or nos résultats montrent une plus forte proportion de spores noires dans le topsoil contrairement au sol forestier. Pourtant le résultat obtenu pour le MSI₅₀ du topsoil est étonnamment élevé. En effet, il faut moins de 1g de topsoil dans 100 g de sol pour avoir 50% de la population de plantes mycorhizées. Ces résultats sont cependant difficilement discutables, vu que la même évaluation n'a pu être faite sur le sol forestier et donc aucune comparaison n'a pu être faite. Cependant il est difficile de ne pas penser que ces résultats sont surestimés car comparer à la méthode du MNP, une plus forte mycorhization des racines de sorgho a été observée pour le MSI. De plus, les valeurs observées dans la bibliographie sont rarement aussi faible (Duponnois *et al.*, 2001). Si tel est le cas, cette forte mycorhization peut être expliquée par le temps de croissance et densité des plantes. En effet, le temps de croissance recommandé par la bibliographie pour le MSI est de 14 jours (Duponnois *et al.*, 2001). Or, des essais préliminaires ont montré que 14 jours de culture du Sorgho sur le topsoil ne permettait pas le développement des racines secondaires rendant impossible l'analyse racinaire. Ce temps relativement court est nécessaire pour amorcer la mycorhization tout en empêchant un échange de mycorhizes entre les plantes. En effet, il a été montré que les champignons mycorhiziens sont capables de favoriser la coexistence entre plantes de même et d'espèces différentes en créant un pont mycélien entre les plantes (Sanon, 2005)

Conclusion

L'utilisation du topsoil constitue une démarche innovante pour la restauration écologique de zones forestières détruites par la mise en place d'exploitation minière. En permettant non seulement la diminution de la quantité de déchets produits par l'exploitation, elle permet une valorisation de la diversité microbiologique de région à fort taux d'endémicité, comme c'est le cas ici tout améliorant la croissance des plantes à planter.

Références Bibliographiques

- Amir, H., Zongo, C., Fogliani, B., Leveau, A., And Bordez, L. (2013). Restauration Ecologique après exploitation minière en Nouvelle-Calédonie : où en est-on et quelles perspectives ? Université de Nouvelle Calédonie. 19p.
- Carret, J.-C., Rajaonson, B., Feno, P.J., and Brand, J. (2010). L'environnement à Madagascar: un atout à préserver, des enjeux à maîtriser. Banq. Mond. Madag. Policy Notes Wash. DC Banq. Mond.105-128.
- Chaussod, R., Breuil, M. C., Echairi, A., Nouaïm, R., Nowak, V., & Ranjard, L. (1996). La qualité biologique des sols. Évaluation et implications, Étude et gestion des sols, 3, 261-278. Dalpé, Y. (2005). Les mycorhizes : un outil de protection des plantes mais non une panacée. Phytoprotection 86, 53.
- Duponnois, R., Plenquette, C., Thioulouse, J., and Cadet, P. (2001). The mycorrhizal soil infectivity and arbuscular mycorrhizal fungal spore communities in soils of different aged fallows in Senegal. Appl. Soil Ecol. 239-251.
- Garcia-Garrido, J.M., and Vierheilig, H. (2009). From a germinating spore to an established arbuscular mycorrhiza: signalling and regulation. In Advances in Mycorrhizal Science and Technology, pp. 15–36.
- Green, V.S., Stott, D.E., and Diack, M. (2006). Assay for fluorescein diacetate hydrolytic activity: Optimization for soil samples. Soil Biol. Biochem. 38, 693–701.
- Harper, G.J., Steininger, M.K., Tucker, C.J., Juhn, D., and Hawkins, F. (2007). Fifty years of deforestation and forest fragmentation in Madagascar. Environ. Conserv. 34.
- Kuszala, C., Gianinazzi, S. (2010). Méthode simple pour évaluer le potentiel endomycorhizogène d'un inoculum. Cah Tech. Inra, 70, 17-24
- Phillips, J., and Hayman, D. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesiculararbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infectionTrans. Brit. Mycol. Soc., 55 (1970), pp. 158-161

- Rio Tinto (2008). Rio Tinto et la biodiversité Obtenir des résultats sur le terrain. Série technique UICN et Rio Tinto.128p
- Sanon, A. (2005). Rôle des champignons mycorhiziens à arbuscules dans les mécanismes régissant la co-existence entre espèces végétales. Agrocampus rennes.28p
- Sarrasin, B. (2006). Économie politique du développement minier à Madagascar : l'analyse du projet QMM à Tolagnaro (Fort-Dauphin). Afrique contemporaine, 2007/1. 205-223.
- Sieverding, E. (1991). Vesicular-arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. GTZ, Eschborn, Germany.
- Temple, H., Anstee, S., Ekstrom, J., Pilgrim, J., Rabenantandro, J., Ramanamanjato, J., Randriantafika, F., and Vinclette, M. (2012). Prévoir le chemin vers l'atteinte d'un impact positif net sur la biodiversité pour Rio Tinto QMM. Série technique UICN et Rio Tinto no. 2. 90p

35. LE KAMADO, une alternative à la déforestation et un outil efficace pour le développement durable

RAFIDIMANTSOA Lalaina Eva

Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza

RESUME

La forêt joue des rôles importants, à la fois sur le plan écologique et sur les plans socio-économiques. Toutefois, pour satisfaire les besoins socio-économiques d'une population qui ne cesse de s'accroître, les couvertures forestières à Madagascar risquent de disparaître. En vue d'éradiquer ou du moins de réduire ce fléau, plusieurs alternatives ont été apportées et adoptées parmi lesquelles l'utilisation du foyer amélioré « kamado ». L'utilisation de ce type de foyer amélioré présente différents avantages, non seulement sur le domaine écologique mais aussi concernant les aspects socio-économiques. En d'autres termes, le « kamado » est écologiquement tolérable, socialement équitable et économiquement efficace. Ceux-ci constituent les hypothèses de ce travail.

Démontrer cette affirmation, selon laquelle le Kamado est une alternative à la déforestation, est l'objectif principal de cette étude, à travers la vérification des qualités du « kamado » par rapport à ces trois fondements du Développement Durable.

La méthode de recherche a été focalisée sur la réalisation d'enquêtes auprès de cent douze (112) personnes de six (06) « Fokontany » de la Commune Rurale Andramasina, du District Andramasina qui ont utilisé le « kamado » depuis 2009. Pour apprécier le degré d'accord ou de désaccord des répondants, l'échelle de Likert à cinq (05) catégories a été choisie. Pour l'analyse des données quantitatives obtenues les techniques statistiques exploratoires ont été adoptées.

Comme résultats, concernant la première hypothèse « Le kamado est écologiquement tolérable », les réponses par rapport à l'échelle « Tout à fait d'accord » a obtenu les pourcentages les plus élevés pour les items 1 et 3 et sur l'échelle « D'accord » pour l'item 2 (item 1 : 59%, item2 : 52%, item 3 : 52%). Par conséquent, la première hypothèse est fondée.

Pour la seconde hypothèse « Le kamado est socialement équitable », les réponses collectées par rapport à l'échelle « Tout à fait d'accord » a également montré les pourcentages les plus élevés pour les items 1, 3, 4 et 5 et sur l'échelle « D'accord » pour l'item 2 (item 1 : 69%, item 2 : 52%, item 3 : 59%, item 4 : 77%, item 5 : 53%). La deuxième hypothèse est également confirmée.

Par contre, pour la troisième hypothèse « Le kamado est économiquement efficace », bien que les pourcentages les plus élevés pour les trois (03) items s'aligne sur l'échelle « Sans opinion » (item 1 : 50%, item 2 : 52%, item 3 : 33%), des réponses positives ont été quand même rassemblées. Ce qui fait que la troisième hypothèse est soutenue.

Mots clés : Forêt, Déforestation, bois de chauffe, Développement Durable, « kamado »

Introduction

La forêt est une ressource naturelle à valeurs multiples touchant divers domaines : écologique, social et économique, lesquels sont les trois piliers du Développement Durable. Pour ces raisons, elle subit diverses pressions d'origine anthropique parmi lesquelles l'exploitation en bois de chauffe (cf Institut National de la Statistique (2015), 49,8% des ménages utilisent le bois de chauffe comme source d'énergie). Malheureusement, face à toutes ces menaces, la forêt à Madagascar risque de disparaître. Il ne reste plus maintenant que sept (07) millions d'hectares de forêts naturelles sur les douze (12) millions d'hectares enregistrés en 2002 selon le Ministère de l'Environnement, de l'Ecologie et des Forêts (2017).

Par ailleurs, pour concilier conservation et satisfaction des besoins socio-économiques, plusieurs alternatives ont été proposées afin de sauvegarder les couvertures forestières, parmi lesquelles l'utilisation du foyer amélioré « kamado » issu des techniques japonaises. L'utilisation de ce type de foyer amélioré présente différents avantages non seulement sur le plan écologique mais aussi concernant les aspects sociaux et économiques. En d'autres termes, le « kamado » est écologiquement tolérable, socialement équitable et économiquement efficace. Cependant, le « kamado » contribue-t-il réellement à la conservation de la forêt et au Développement Durable ?

Toutes ces raisons ont conduit au choix de ce thème de recherche.

Le but de cette étude est de démontrer que le foyer amélioré « kamado » contribue à réduire la Déforestation et au Développement Durable. Trois (03) objectifs spécifiques sont pris en compte lesquels sont liés à la vérification des avantages du « kamado » par rapport aux fondements du Développement Durable.

A. Matériel et méthode

Cette étude a été basée sur des enquêtes effectuées auprès de cent douze (112) habitants de cinquante-neuf (59) ménages qui ont utilisé le foyer amélioré « kamado » dans six (06) Fokontany de la Commune Rurale Andramasina qui se situe dans le District Andramasina, dans la Région Analamanga.

Pour apprécier les réponses de l'échantillon concernant la concrétisation des avantages du foyer amélioré « kamado » par rapport aux piliers du Développement Durable, l'échelle de Linkert a été utilisée.

La statistique descriptive, notamment la statistique exploratoire a été choisie pour l'analyse des données.

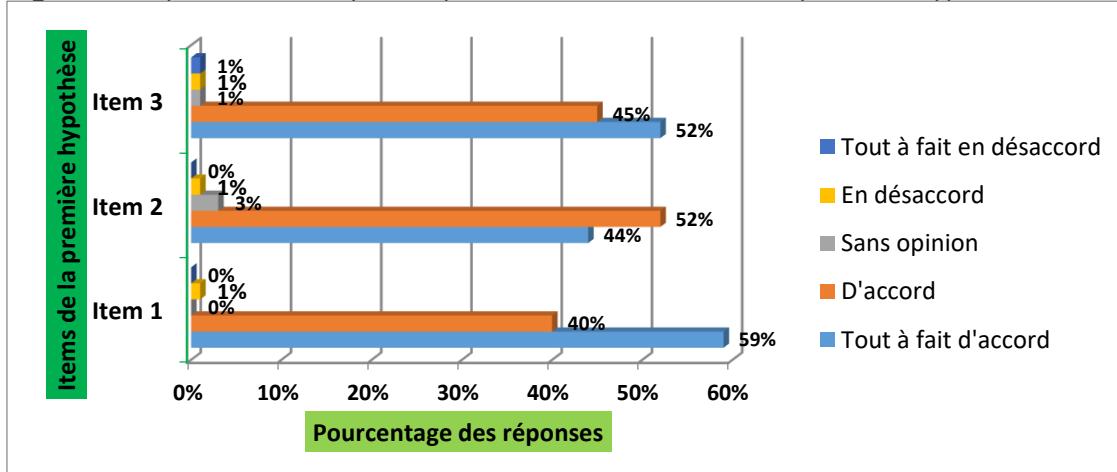
B. Résultats

a. Résultats de la première hypothèse : « Le kamado est écologiquement tolérable »

Trois (03) « items » sont proposés pour la première hypothèse « Le kamado est écologiquement tolérable » :

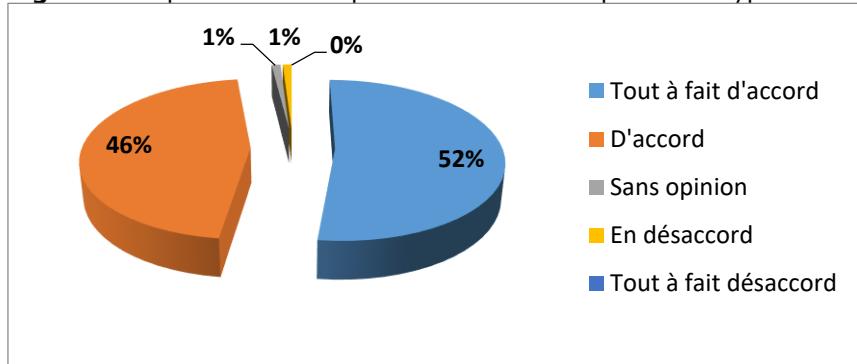
- **Item 1** : L'utilisation du « kamado » réduit la consommation de bois de chauffe ;
- **Item 2** : L'utilisation du « kamado » limite le déboisement et l'érosion du sol ;
- **Item 3** : Le « kamado » dégage très peu de fumée (moins de pollution de l'air).

Figure 1. Répartition des réponses pour les trois « items » de la première hypothèse



Source : RAFIDIMANANTSOA Lalaina Eva, 2017

Figure 2. Répartition des réponses totales de la première hypothèse



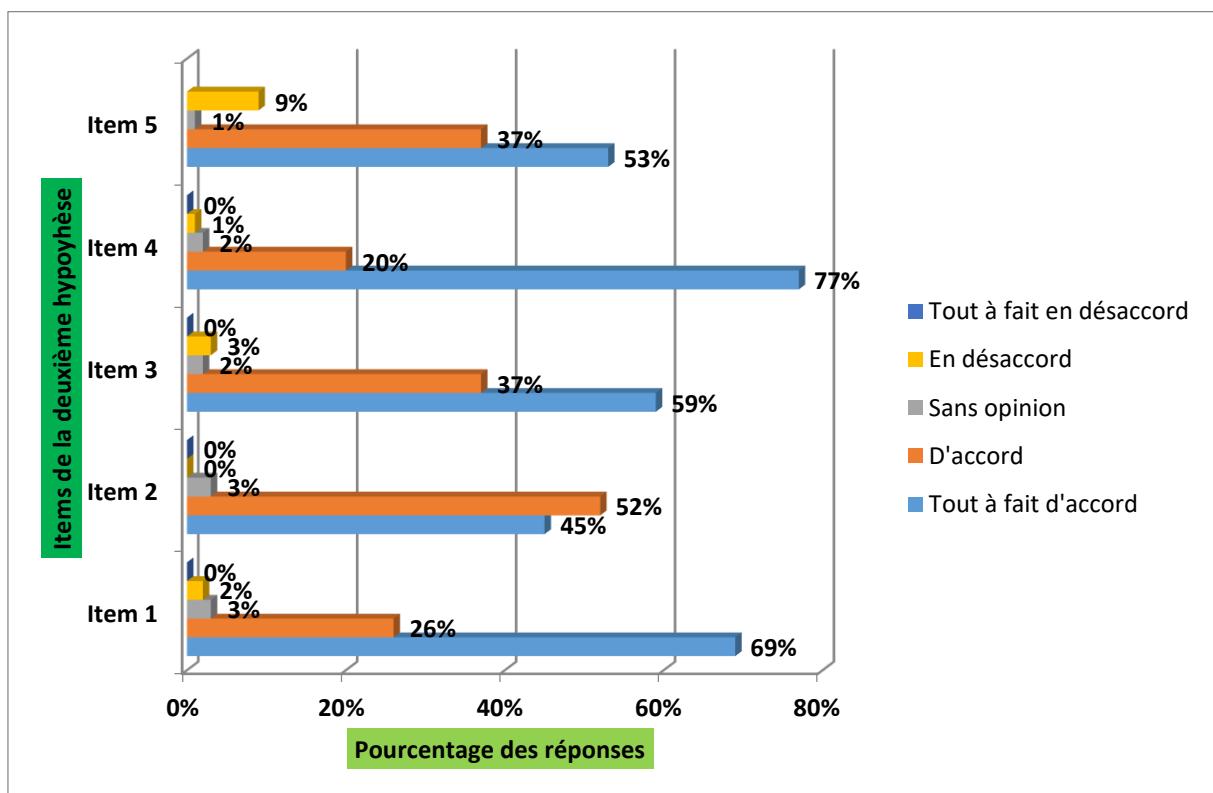
Source : RAFIDIMANANTSOA Lalaina Eva, 2017

b. Résultats de la seconde hypothèse : « Le kamado est socialement équitable »

La seconde hypothèse « Le kamado est socialement équitable » comprend cinq (05) items:

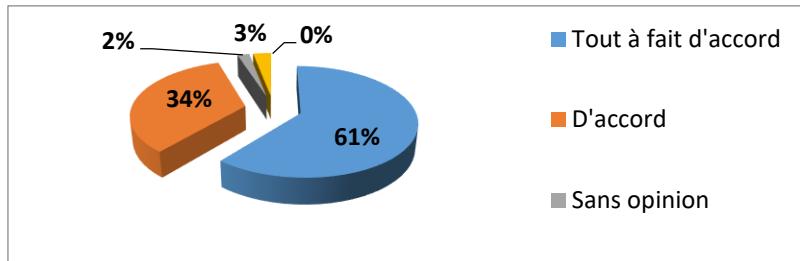
- **Item 1:** L'utilisation du « kamado » offre plus de mobilité et de liberté à effectuer d'autres tâches ménagères ;
- **Item 2:** L'utilisation du « kamado » préserve/améliore la santé grâce au faible dégagement de fumée ;
- **Item 3:** L'utilisation du « kamado » permet une hygiène améliorée de la cuisine grâce au faible dégagement de fumée ;
- **Item 4:** L'utilisation du « kamado » réduit le risque d'incendie et de brûlure, notamment des enfants ;
- **Item 5:** L'utilisation du « kamado » améliore la cuisson de votre repas en termes de rapidité.

Figure 3. Répartition des réponses par rapport aux « items » de la deuxième hypothèse



Source : RAFIDIMANANTSOA Lalaina Eva, 2017

Figure 4. Répartition des réponses totales de la deuxième hypothèse



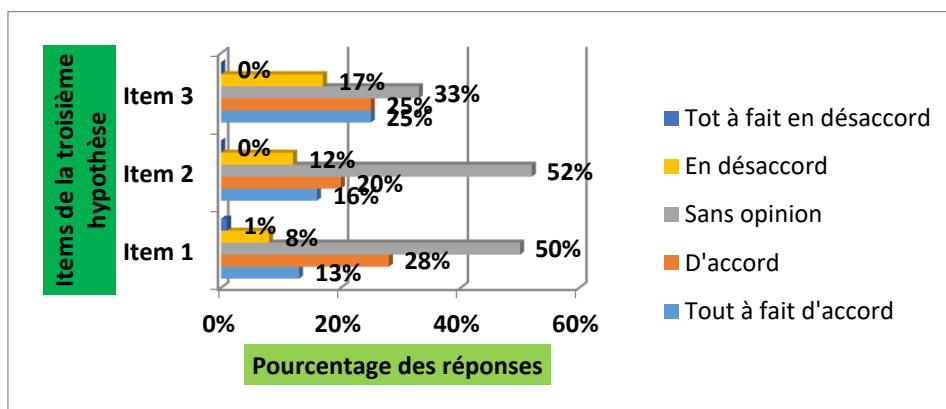
Source : RAFIDIMANANTSOA Lalaina Eva, 2017

c. Résultat de la troisième hypothèse : « Le kamado est économiquement efficace »

La troisième hypothèse « le kamado est économiquement efficace » est constituée de trois (03) items :

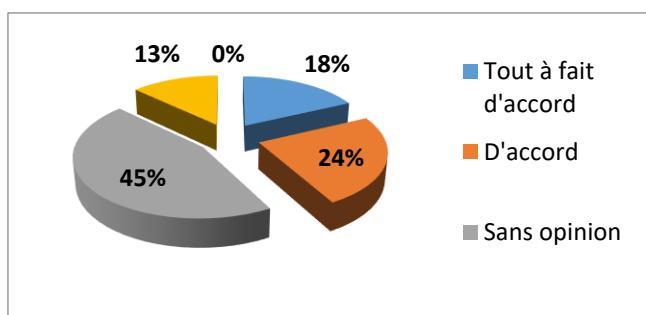
- **Item 1** : L'utilisation du « kamado » permet de réduire votre dépense en achat de bois de chauffe ;
- **Item 2** : La durabilité du « kamado » permet d'économiser en ce qui concerne les dépenses pour l'achat de foyer ;
- **Item 3** : La fabrication du « kamado » est à moindre coût.

Figure 5. Répartition des réponses totale de la troisième hypothèse



Source : RAFIDIMANANTSOA Lalaina Eva, 2017

Figure 6. Répartition des réponses totales de la troisième hypothèse



Source : RAFIDIMANANTSOA Lalaina Eva, 2017

C. Discussion

a. Analyse et interprétation de la première hypothèse : « Le kamado est écologiquement tolérable »

Les résultats par rapport à la première hypothèse (Cf. Figures 1 et 2) montrent la prédominance des réponses positives (« Tout à fait d'accord » et « D'accord ») que ce soit séparément pour les trois (03) items correspondants que pour la totalité des réponses. Ce qui fait que cette hypothèse est fondée.

Divers écrits confirment les items de cette hypothèse. A titre indicatif, « *Les foyers améliorés permettent d'économiser la quantité de bois utilisé, suivant des pourcentages variables selon les modèles utilisés et leur utilisation* » (Groupe Urgence Réhabilitation Développement URD, 2011).

b. Analyse et interprétation de la deuxième hypothèse : « Le kamado est socialement équitable »

La situation des résultats de la seconde hypothèse est relativement la même qu'avec la première hypothèse (Cf. Figures 3 et 4). Des réponses positives (« Tout à fait d'accord » et « D'accord ») ont été également obtenues pour les différents items y afférant et correspondent aux pourcentages les plus élevés. Pareillement à l'ensemble des réponses. En d'autres termes, la deuxième hypothèse est confirmée.

Un exemple de nombreux écrits qui appuient les items de cette hypothèse indique que « *Dans le cas où le bois serait collecté manuellement (notamment dans les zones rurales), la réduction de la consommation entraîne un gain de temps pour les femmes et les enfants (généralement chargés de la collecte du bois, intensive en main d'œuvre), ouvrant ainsi la porte à des activités sociales ou économiques supplémentaires* » (Fanny Joubert et Milena Begovic, 2012).

c. Analyse et interprétation de la troisième hypothèse : « Le kamado est économiquement efficace »

Les résultats pour la troisième hypothèse font une exception par rapport aux deux hypothèses précédentes (Cf. Figures 5 et 6). Les réponses pour chacun des trois (03) items ainsi que des réponses totales se concentrent sur l'option « Sans opinion ». Par contre, des réponses positives ont été rassemblées et occupent le troisième rang pour « Tout à fait d'accord » et le second pour « D'accord ». Par conséquent, nous pouvons toujours dire que la troisième hypothèse est justifiée.

En guise d'exemple aux différents écrits qui prouvent les items de cette troisième hypothèse, « *La réduction de la consommation de bois se traduit (...) par une réduction des dépenses liées au bois (...)* » (Fanny Joubert et Milena Begovic, 2012).

D. Conclusion

Dans une optique de Développement Durable, toutes actions interagissent et sont interdépendantes. Par conséquent, il est souhaitable que l'utilisation du foyer amélioré « kamado » soit accompagnée par des activités de reboisement individuel ou collectif pour maintenir et épargner les forêts naturelles et assurer un approvisionnement durable en bois de chauffage. Par ailleurs, étant donné que les bois sont des ressources non renouvelables, il faut se tourner vers la recherche de sources d'énergies substituables. Enfin, il faudrait privilégier les femmes, notamment en milieu rural dans la sauvegarde de la forêt parce que leurs activités sont liées aux domaines forestiers et par conséquent elles ont une conscience accrue des changements qui peuvent intervenir dans la végétation.

Références

Association Nationale d'Actions Environnementales ANAE (2016). « *Le foyer amélioré kopadrao et le charbon bozaka: des alternatives déjà éprouvées* ». *Agroécologie et développement local – Protection de l'environnement et développement rural*. Février 2016. [En ligne] URL : <http://www.anae-mada.org/Actualite/Le-foyer-am%C3%A9lior%C3%A9-kopadrao-et-le-charbon-bozaka:-des-alternatives-d%C3%A9j%C3%A0-%C3%A0-pr%C3%AAver%C3%A9es-56>

Joubert, F., Begovic, M. (2012). « *Mise en œuvre opérationnel du projet de compensation de carbone de foyers amélioré au Niger* ». *VertigO – la revue électronique en sciences de l'environnement*. Décembre 2012. [En ligne] URL : <https://vertigo.revues.org/13176>

Groupe Urgence Réhabilitation Développement URD (2011). *Foyer améliorés au Tchad : Solution pour réduire la consommation de bois de cuisson*. 6 p. [En ligne] URL : http://www.urd.org/IMG/pdf/Foyer_ameliore_Tchad.pdf

NZIGIDAHERA, B., NZOHABONIMANA, F. (2014/ca). *Préservation du Parc National de la Ruvubu en Commune Mutumba : Leçons tirées des activités menée en colline Mubaragaza, commune mutumba en faveur de l'Association locale Yvyasambutse*. 10 p. [En ligne] URL : <http://bi.chm-cbd.net/chm-burundais/pfinstitut/document-aprn-bepb/propos-de-l-aprn-bepb/fol35399/meilleurespratiques.doc/download/en/1/meilleurespratiques.pdf>

Nsabimana, E. (2014). « Les foyers améliorés pour économiser le bois de chauffage et lutter contre le déboisement des collines ». *Programme des Nations Unies pour le Développement au Burundi*. [En ligne] URL : <http://www.bi.undp.org/content/burundi/fr/home/ourwork/environmentandenergy/successstories/Les-foyers-ameliores-pour-lutter-contre-le-deboisement-des-collines.html>

Karekezi, S., Murimi, N. (1995). « Impact des foyers : Energie, environnement et économie ». [IN] Westhoff, B., Germann, D. *Foyers en image : Une documentation sur les foyers améliorés et traditionnels en Afrique, Asie et Amérique Latine*. Frankfurt an Main (Allemagne) : Commission des Communautés Européennes & SfE Sozietät für Entwicklungsplanung Gmb H. pp. 20-21. [En ligne] URL : http://postconflict.unep.ch/humanitarianaction/documents/fr-036-04_02.pdf

TROISIEME PARTIE : POTENTIALITES ET VALORISATION DE LA BIODIVERSITE

38. Valorisation de la biodiversité végétale pour un meilleur développement durable

RAJAONARISON Jean François^{1,2}, DJOUDI Roukia¹, SOLOFONIAINA Marcellin², RANAIVOARIMANTRA Patrice Joseph^{1,2}, REBOZA Andriantsalama Mario^{1,3}, RAVELOMANANA Sitraka Stephano Narinirina^{1,3}, RAZAFIN-DRABAZO Floréane^{1,2}, TEMASOA Yvanna¹, AMBDI KELDI Nadia¹, NDINY Andriamihaja Jean Thierry^{1,2}, RATSIMBAZAFY Razafimanjato Donnine Marcelle¹, BENATREHINA Annélie^{1,2}, HAYRIA Stéphanah¹, HELIARIVELO Fidisoa^{1,3}, RAKOTONIRINA Onimalala Ihanjafinaritra^{1,3}, RANDRIANAVONY Patricia³, RANDIMBIVOLOLONA Fanantenainirainy³, ANDRIANJARA Charles².

¹Laboratoire de Recherche en Biotechnologie, Environnement et Santé (LRBES), Ecole Doctorale Génie du Vivant et Modélisation (EDGVM), Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement (FSTE), Université de Mahajanga ; ²Laboratoire de Cancérologie Expérimentale, Institut de Recherches Appliquées (IMRA), Fondation Suzanne et Albert Rakoto Ratsimamanga, Avarabohitra, Antananarivo ; ³Laboratoire de Pharmacologie Générale, de Pharmacocinétique et de Cosmétologie (LPGPC), Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo.

Résumé. A Madagascar, les plantes médicinales représentent, pour la majorité des malgaches, des moyens les plus accessibles pour traiter leurs problèmes de santé. Cependant, ces végétaux sont le plus souvent, utilisés sous forme de mélanges complexes dont on ignore dans la majorité des cas, les principes actifs et leurs éventuelles toxicités. Cette étude a pour objectif d'évaluer les différentes activités des extraits méthanoliques de feuilles d'une banque de plantes de Madagascar constituée de plus de 3000 échantillons végétaux pour mieux appréhender leur utilisation en médecine traditionnelle. Ainsi, dans le domaine de la santé, *Sorindeia madagascariensis*, *Grangea madagascariensis*, *Anisocycla madagascariensis*, *Podocarpus madagascariensis*, *Brexia madagascariensis*, *Perriera madagascariensis*, *Ambrosia maritima*, *Annona muricata L.* et *Acridocarpus excelsus A. Juss.*, ont montré des effets inhibiteurs sur la prolifération des cellules cancéreuses des lignées P388 et HL60. Ces plantes sont suffisamment cytotoxiques ($CI_{50} < 10 \mu\text{g/ml}$) et pourraient être considérées comme des candidates potentielles dans la chimiothérapie anticancéreuse. De plus, *Annona muricata L.* exerce une activité antispasmodique vis-à-vis du duodénum et du fundus isolés de rat, justifiant ainsi son utilisation traditionnelle dans les traitements de la diarrhée et des maux d'estomac, respectivement. *Strychnos spinosa* exerce sur l'aorte isolée de rat, une activité vasorelaxante, impliquant un mécanisme faisant intervenir le NO et la voie de l'AMPc avec la participation des récepteurs $\beta 2$ -adrénergiques, justifiant aussi son utilisation traditionnelle dans le traitement l'hypertension artérielle. Dans le domaine du cosmétique, des extraits hydroalcooliques des feuilles de *Erythrophleum couminga*, de *Desmodium hirtum* et de *Cleome viscosa L.* testés sur des plaies ouvertes provoquées chez le rat, ont montré des activités cicatrisantes efficaces qui seraient liées à la présence des tannins, de flavonoïdes, de stéroïdes et de triterpènes dans ces plantes, confirmant également leur utilisation en médecine traditionnelle malgache dans les traitements des mêmes infections. Cette étude contribue à l'amélioration de la santé et du bien-être des populations et par conséquent, à un meilleur développement durable d'un pays tel que Madagascar.

Mots-clés : Plantes médicinales, cytotoxicité, antispasmodique, antihypertenseur, cicatrisant, développement durable.

Introduction

La santé et le développement durable sont des concepts inextricablement liés (Langlois et al., 2013). La biodiversité peut être considérée comme le fondement de la santé humaine (Chivian et al., 2008). Elle sous-tend le fonctionnement des écosystèmes dont nous dépendons, pour la nourriture, l'eau douce et la régulation du climat. Elle assure aussi la subsistance des populations locales, la disponibilité des médicaments (traditionnels et modernes) et le développement économique (Langlois et al., 2013). Dans les pays en développement comme Madagascar, l'accès aux soins de santé moderne est difficile. De ce fait, les populations recourent généralement à la médecine traditionnelle qui fait souvent appel à l'utilisation des plantes qui est plus pratique et peu onéreuse pour traiter leurs problèmes de santé. Ces végétaux sont le plus souvent, utilisés sous forme de mélanges complexes dont on ignore dans la majorité des cas, les principes actifs et leurs éventuelles toxicités. Dans ce contexte, Madagascar avec ses plus de 12000 espèces végétales dont 85% sont endémiques (Goodman, 2008) est mondialement reconnu comme étant une grande île abritant une diversité

floristique remarquable. Cependant, bien que certains travaux aient fait l'objet d'une publication de liste de plantes médicinales avec leur mode d'emploi pour quelques maladies courantes (Boiteau, 1986), la biodiversité végétale malgache n'a été que très peu étudiée en termes de leurs vertus médicinales. Ainsi, cette étude a pour objectif d'évaluer les différentes activités des plantes de Madagascar pour mieux appréhender leur utilisation en médecine traditionnelle.

Matériels et méthodes

Etudes phytochimiques

Des plantes (feuilles, écorces, tiges, fruits, racines, ... etc) ont été récoltées dans toutes les régions de Madagascar. Les récoltes ont été effectuées sur la base des informations sur leurs utilisations éventuelles en médecine traditionnelle malgache, recueillies auprès des Tradipraticiens ou des habitants locaux. Les photos des plantes et leurs coordonnées GPS ont été prises. Après identification (famille, genre, espèce et variété), les plantes ont été séchées, broyées, codées, et répertoriées dans une banque (Plantothèque). Des extraits bruts méthanoliques et/ou hydroalcooliques végétaux ont ensuite été préparés et gardés à 4° C, au réfrigérateur (Echantillothèque). Ils ont servi à la réalisation des différents tests d'activités pharmacologiques. Les principales familles chimiques contenues dans certaines plantes ont été déterminées par des méthodes classiques utilisant des réactifs spécifiques (Dragendorff, Mayer, Wagner, ... etc.) décrites par Fong et al. (1997).

Evaluation de l'activité cytotoxique : Détermination de CI₅₀

L'activité cytotoxique potentielle de chaque extrait brut végétal a été évaluée sur la base de la valeur de sa CI₅₀ (concentration inhibant à 50% la prolifération cellulaire). Pour cela, des cellules cancéreuses des lignées P388 ou HL60 ont été incubées à 37 °C dans du milieu de culture RPMI 1640, dans une atmosphère composée de 5% de CO₂ pendant 72 h en présence ou en absence (contrôle) de différentes concentrations croissantes (0 à 10 µg/ml) de chaque extrait brut méthanolique de plante. La camptothécine (5 µM) a été utilisée comme contrôle positif. Chaque concentration a été testée sur 4 puits et les pourcentages de survie cellulaire ont été évalués par rapport au contrôle par le test d'incorporation de rouge neutre à 540 nm. Les résultats ont été exprimés par la moyenne ± SD de 3 déterminations indépendantes.

Evaluation de l'activité antispasmodique

Les effets antispasmodiques des extraits bruts végétaux ont été évalués vis-à-vis du duodénum et du fundus isolés de rats Wistar (200-250 g). Pour cela, après anesthésie des animaux par inhalation avec de l'éther diéthylique, des segments d'organes d'environ 2 cm de long ont été soigneusement prélevés, soumis à une tension isotonique de 1 g, et incubés dans une solution physiologique de TYRODE (duodénum) ou de JALLON (fundus) de pH 7,4, maintenue à 37° C sous une atmosphère composée de 95% d'O₂ et 5% de CO₂ (Emendörfer et al., 2005). La capacité contractile de l'organe a été mesurée à l'aide d'un capteur relié à un enregistreur. L'organe a été contracté par une solution d'acétylcholine (ACh, 10⁻⁸ à 10⁻⁴ M) en absence (contrôle) ou en présence des extraits végétaux (0,125 à 0,750 mg/ml sur duodénum et 0,125 à 1 mg/ml sur fundus). Les amplitudes de contraction produites par l'ACh ont été mesurées et les effets des extraits végétaux ont ensuite été exprimés en pourcentage de contraction du muscle lisse par rapport au contrôle. Les valeurs de la CE₅₀ de l'ACh (concentration provoquant 50% de l'effet contractile maximal) et des CI₅₀ (concentrations inhibant à 50% l'effet maximal de l'ACh) des extraits végétaux ont été déterminées par la méthode de régression linéaire. Les résultats ont été exprimés par la moyenne ± e.s.m. de 6 déterminations indépendantes et le test de significativité statistique (p<0,05) a été effectué en utilisant le test "t" de Student.

Evaluation de l'activité vasculaire

L'étude de l'effet vasculaire des extraits bruts végétaux a été effectuée sur l'aorte soigneusement isolée de rats Wistar (200-250 g). L'organe avec ou sans endothélium, découpé en anneaux et soumis à une tension isométrique de 2 g, a été incubé dans une solution physiologique de KREBS-HENSELEIT (Kane et al. 2009) de pH 7,4 et maintenue à 37° C sous une atmosphère composée de 95% d'O₂ et de 5% CO₂. La réactivité de l'organe a été vérifiée par ajout d'une solution de KCl (100 mM) et la présence d'endothélium a été contrôlée par addition de 10⁻⁶ M d'acétylcholine (Kane et al. 2009). Afin d'évaluer les effets de l'endothélium et du NO (Ngo Lemba, 2011), d'une part, et le mécanisme d'action vasculaire (Ratsimiala-Ramonta, 2008 ; Ratsimandresy, 2011) d'autre part, différents tests ont ensuite été effectués en rajoutant dans le milieu d'incubation, de la phénylephrine (PHE, 10⁻⁶ M), de la L-nitro-arginine-méthyl-ester (L-NAME, 10⁻⁴ M), et/ou du propranolol (10⁻⁶ M), respectivement, en absence (contrôle) ou en présence d'extrait végétal (0,2 à 4 mg/ml) rajouté après obtention préalable du plateau de contraction. Les résultats ont été exprimés par la moyenne ± e.s.m. de 6 déterminations indépendantes et le test de significativité statistique (p<0,05) a été effectué en utilisant le test "t" de Student.

Evaluation de l'activité cicatrisante

L'effet cicatrisant de chaque extrait brut végétal a été effectué sur des plaies ouvertes provoquées chez le rat Wistar (200-250 g). Pour cela, après anesthésie par inhalation avec de l'éther diéthylique, 2 plaies circulaires de 10 mm de diamètre ont ensuite été créées au niveau de la zone scapulaire

préalablement épilée, de part et d'autre de la colonne vertébrale de l'animal. Les plaies des animaux du lot de témoin ont été traitées avec une crème de base (Allo, 2005), alors que celles des rats du lot à tester l'ont été avec la même crème mais contenant de l'extrait végétal à 10%. La crème a été appliquée 1 fois par jour et les effets des extraits végétaux sur les différentes phases de la cicatrisation ont été observés tous les jours jusqu'à la fermeture des plaies. L'apparition et la durée des signes d'inflammation tels que la rougeur, l'œdème de la berge des plaies et la présence de l'exsudat ont été notées (Wilgus et al., 2014). Le temps d'apparition des granules à la surface des plaies, caractérisant la phase de granulation, a été noté (Kanitakis, 2002). La phase d'épithérialisation est caractérisée par la formation d'une membrane épithéliale qui couvre la surface des plaies. Le temps d'apparition de cette membrane a été noté (Smith and Dean, 1998 ; Hunt et al., 2000). La vitesse de cicatrisation a été mesurée tous les jours à la même heure par la méthode de planimétrie directe (Bensegueni et al., 2007). La réduction de la surface des plaies a été calculée à partir de la moyenne des surfaces mesurées. Les résultats ont été exprimés par la moyenne \pm e.s.m. de 3 déterminations indépendantes et le test de significativité statistique ($p<0,05$) a été effectué en utilisant le test "t" de Student.

Résultats et discussion

Activités cytotoxiques

Les photos de quelques plantes de Madagascar sélectionnées pour leur activité cytotoxique vis-à-vis des cellules de la lignée P388 ou HL60 sont représentées sur la figure 1. Les valeurs des CI_{50} obtenues à partir des représentations graphiques de la viabilité cellulaire (%) en fonction de différentes concentrations (0 à 10 $\mu\text{g/ml}$) en extraits bruts végétaux sont représentées dans le Tableau I. Ces plantes s'avèrent suffisamment cytotoxiques ($CI_{50}<10 \mu\text{g/ml}$) et pourraient être considérées comme des candidates potentielles dans la chimiothérapie anticancéreuse.



Fig.1. Photos de feuilles de *Ambrosia maritima* (ASTERACEAE, A), de *Sorendeia madagascariensis* (ANACARDIACEAE, B), et de *Acridocarpus excelsus* (MALPIGHIACEAE, C)

Tableau I. Activités cytotoxiques des extraits bruts méthanoliques de quelques plantes de Madagascar : CI_{50}

Nom de la Plante (Famille, Genre, espèce)	Nom vernaculaires	Partie de la plante	Lignée cellulaire	* CI_{50} ($\mu\text{g/ml}$)
ANACARDIACEAE				
<i>Sorindeia madagascariensis</i>	Sorindrano, Sondiry	Feuilles	HL60	3.4 ± 0.9
ASTERACEAE				
<i>Grangea madagascariensis</i>	Montomaso, Angea	Feuilles	P388	0.9 ± 0.3
<i>Ambrosia maritima</i>	Jiha, Manariandro	Feuilles	P388	6.9 ± 1.9
MALPIGHIACEAE				
<i>Acridocarpus excelsus</i>	Mavoravy, Montolahy, Kirajy Sariheza	Feuilles	HL60	3.6 ± 0.6
PODOCARPACEAE				
<i>Podocarpus madagascariensis</i>	Harambilo, Hetatra	Écorce	P388	5.1 ± 0.4
SAXIFRAGACEAE				
<i>Brexia madagascariensis</i>	Voanana, Voatalany	Feuilles	P388	0.1 ± 0.0
SIMAROUBACEAE				
<i>Perriera madagascariensis</i>	kirondro, komangalahy	Écorce	P388	6.1 ± 0.1

*Concentration de l'extrait végétal inhibant à 50% la prolifération des cellules cancéreuses en culture.

Activité antispasmodique (ou spasmolytique)

L'extrait brut méthanolique de feuilles de *Annona muricata* (Annonaceae, Fig. 2) connue sous le nom vernaculaire de corossolier a été sélectionné pour son activité antispasmodique. Les CE_{50} de l'ACH seules sont de $4,96 \pm 1,13 \text{ } 10^{-7} \text{ M}$ (duodénum) et de $2,169 \pm 0,123 \text{ } 10^{-6} \text{ M}$ (fundus). Les effets contractiles maximaux sont obtenus à 10^{-4} M d'ACH. En présence de l'extrait végétal, ces effets sont inhibés, avec des valeurs de $CI_{50}= 0,380 \pm 0,007 \text{ mg/ml}$ et de $CI_{50}= 0,650 \pm 0,015 \text{ mg/ml}$, vis-à-vis du duodénum (Fig. 3A) et du fundus (Fig. 3B), respectivement. Les courbes effets-concentrations de l'ACH (Fig. 3) sont déplacées vers la droite et les effets maximaux sont déprimés, indiquant une inhibition de type non compétitif exercée par l'extrait de *Annona muricata*.

Activité vasculaire

L'extrait méthanolique de feuilles de *Strychnos spinosa* (Fig. 4) provoque un effet vasorelaxant endothélium-dépendant vis-à-vis de l'aorte isolée de rat préalablement contractée par la phényléphrine. Les CE_{50} de relaxation sont de l'ordre de $0,900 \pm 0,054 \text{ mg/ml}$ et de $2,055 \pm 0,086 \text{ mg/ml}$ ($p<0.001$) vis-à-vis de l'aorte utilisée avec et sans endothélium, respectivement (Fig. 5).



Fig.2. *Annona muricata* (ANNONACEAE) : fruits et feuilles (Corossolier)

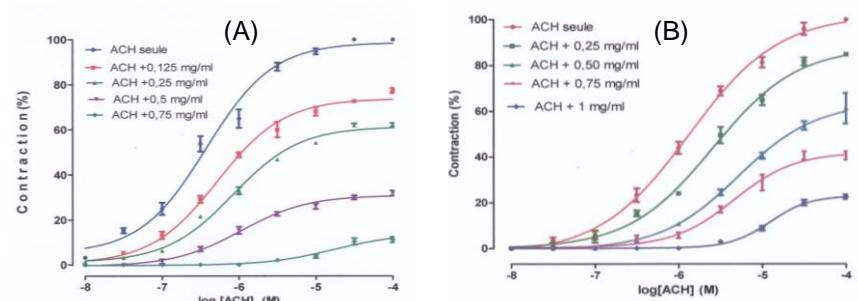


Fig.3. Effets de l'extrait méthanolique de feuilles de *Annona muricata* (ANNONACEAE) sur l'activité contractile de l'acétylcholine (ACH) vis-à-vis du duodénum (A) et le fundus (B) isolés de rat

Activité vasculaire

L'extrait méthanolique de feuilles de *Strychnos spinosa* (Fig. 4) provoque un effet vasorelaxant endothélium-dépendant vis-à-vis de l'aorte isolée de rat préalablement contractée par la phényléphrine. Les CE_{50} de relaxation sont de l'ordre de $0,900 \pm 0,054 \text{ mg/ml}$ et de $2,055 \pm 0,086 \text{ mg/ml}$ ($p<0.001$) vis-à-vis de l'aorte utilisée avec et sans endothélium, respectivement (Fig. 5).



Fig. 4. *Strychnos spinosa* (LOGANIACEAE) : Fruits et feuilles (Mokotra, Voavontaka)

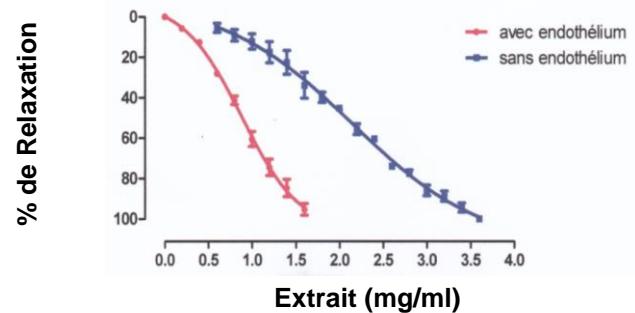


Fig. 5. Effet de l'extrait brut méthanolique de feuilles de *Strychnos spinosa* (LOGANIACEAE) vis-à-vis de l'aorte isolée de rat avec et sans endothélium et pré-contractée par la phényléphrine ($n=6$)

L'effet vasorelaxant exercé par l'extrait de *Strychnos spinosa* vis-à-vis de l'aorte pourvu d'endothélium est inhibé en présence de la L-NAME (un inhibiteur de la NO-synthase) avec une $CE_{50}= 2,254 \pm 0,140 \text{ mg/ml}$ (vs $0,900 \pm 0,054 \text{ mg/ml}$; $p< 0.001$), indiquant l'implication d'un mécanisme faisant intervenir le NO (Collin and Levy, 2006). De plus, ce même effet est aussi inhibé en présence de propranolol avec une $CE_{50} = 2,762 \pm 0,138 \text{ mg/ml}$ ($p< 0.001$), mettant en évidence, un mécanisme d'action vasculaire impliquant la voie de l'AMPc et la participation des récepteurs β_2 -adrénergiques (Zahoui et al., 2010). Dans les 2 cas, les courbes effets-concentrations sont déplacées vers la droite, indiquant une inhibition de type non compétitif exercée par l'extrait de *Strychnos spinosa*.

Activités cicatrisantes

Les extraits bruts hydroalcooliques des feuilles de *Cleome viscosa* L. (Fig. 6A), de *Erythrophleum couminga* (Fig. 6B), et de *Desmodium hirtum* (Fig. 6C) ont été sélectionnés pour leurs effets cicatrisants sur des plaies ouvertes provoquées chez le rat. Leurs effets sur les différentes phases de la cicatrisation des plaies présentent les mêmes mécanismes, mais seuls ceux de *Cleome viscosa* L. sont développés dans le cadre de cette étude. Ainsi, 1°) l'application de la crème de cette plante diminue le temps de saignement des plaies traitées (Fig. 7B) comparé à celles du lot témoin (Fig. 7A). 2°) La durée de la phase inflammatoire caractérisée par l'intensité de la rougeur et de l'œdème de la berge des plaies, ainsi que la présence de l'exsudat, est plus courte sur les plaies traitées (Fig. 8B) que sur celles du lot témoin (Fig. 8A). 3°) Les granulations apparaissent plus rapidement au niveau de la surface des plaies traitées (au J3, Fig. 9B) que sur celles du lot témoin (au J5, Fig. 9A). 4°) L'apparition d'une petite voile correspondant à la formation de l'épithélium sous la croûte (phase d'épidermisation), est plus rapide (au J9) sur les plaies traitées (Fig. 10B) que sur celles des témoins (au J14, Fig. 10A). 5°) Les plaies des lots traitées (B) sont complètement guéries au bout du 11^{ème} jour (Fig. 11B) alors que celles du lot témoin ne commencent à se refermer qu'au bout du 15^{ème} jour (Fig. 11A). Enfin, 6°) La vitesse de cicatrisation des plaies traitées avec la crème de l'extrait végétal (Fig. 12) est plus élevée, comparée à celle des témoins ($V = 0,45 \pm 0,20 \text{ mm}^2/\text{jour}$ au J3-J6 vs $0,37 \pm 1,2 \text{ mm}^2/\text{jour}$; $n=6$, $p<0,05$). Ces résultats démontrent que l'extrait des feuilles de *Cleome viscosa* possède une activité cicatrisante qui pourrait être attribuée aux effets anti-infectieux et anti-inflammatoire des triterpènes, et ceux des flavonoïdes contenus dans la plante (résultats non présentés) sur la phase proliférative qui contracte les plaies.



Fig. 6. Photos de *Cleome viscosa* L. (Kifafalahy, Jangan'ito, CLEOMACEAE, A), de *Erythrophleum couminga* (Komanga, CAESALPINACEAE, B), et de *Desmodium hirtum* (Tsiafadamba, Tsiafakondry, Ampelatsifotra, Felantsifotra, Mandaloderekitra, Vahimpatsiko, FABACEAE, C)

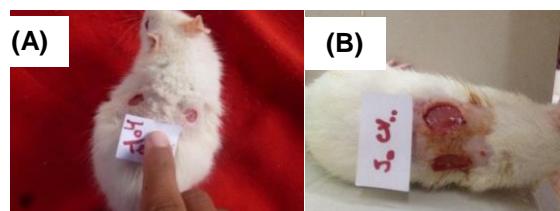


Fig. 7. Effet de la crème de l'extrait de feuilles de *Cleome viscosa* (CLEOMACEAE) sur la phase hémostatique de la cicatrisation des plaies provoquées chez le rat. (A) : plaies témoins et (B) : plaies traitées.

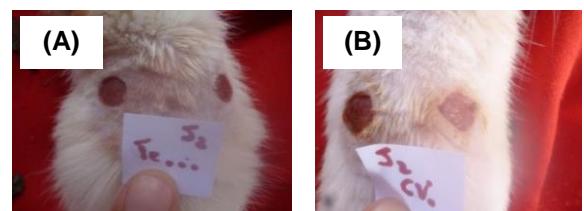


Fig. 8. Effet de la crème de l'extrait de feuilles de *Cleome viscosa* (CLEOMACEAE) sur la phase inflammatoire de la cicatrisation des plaies provoquées chez le rat. (A) : plaies témoins et (B) : plaies traitées.

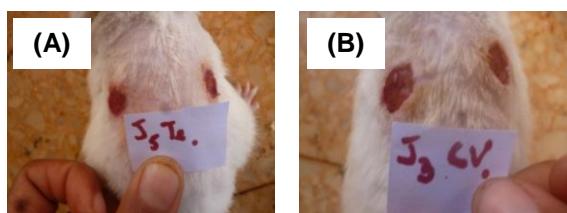


Fig. 9. Effet de la crème de l'extrait de feuilles de *Cleome viscosa* (CLEOMACEAE) sur la phase de granulation de la cicatrisation des plaies provoquées chez le rat. (A) : plaies témoins et (B) : plaies traitées.

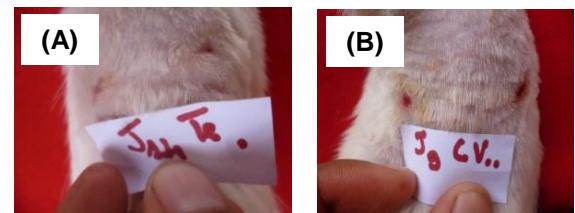


Fig. 10. Effet de la crème de l'extrait de feuilles de *Cleome viscosa* (CLEOMACEAE) sur la phase d'épidermisation de la cicatrisation des plaies provoquées chez le rat. (A) : plaies témoins et (B) : plaies traitées.

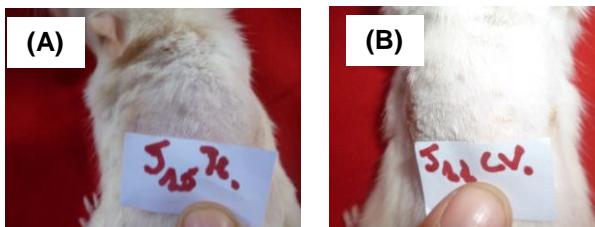


Fig. 11. Effet de l'extrait de *Cleome viscosa* sur la fermeture des plaies provoquées chez le rat. (A) : plaies témoins et (B) : plaies traitées.

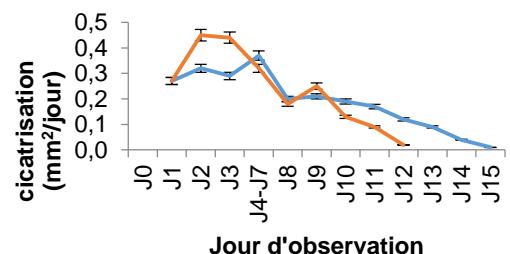


Fig. 12. Effet de l'extrait de *Cleome viscosa* sur la vitesse de cicatrisation des plaies provoquées chez le rat

Conclusion et perspectives

L'amélioration de la santé humaine est reconnue comme un des facteurs contribuant largement au développement et à la réduction de la pauvreté. Parallèlement, dans les pays en développement comme Madagascar, les plantes représentent un moyen pratique pour résoudre les problèmes de santé. Dans ce contexte, les résultats obtenus dans le cadre de cette étude permettent de prouver l'authenticité des vertus de certaines plantes et par conséquent, de justifier leur utilisation en médecine traditionnelle. C'est le cas de *Annona muricata* exerçant une activité spasmolytique vis-à-vis du duodénum et du fundus isolés de rat dont les feuilles sont utilisées dans les traitements traditionnels de la diarrhée et des maux d'estomac. Il en est de même pour *strychnos spinosa* exerçant une activité vasorelaxante sur l'aorte isolée de rat dont les feuilles sont utilisées en décoction dans le traitement de l'hypertension artérielle en médecine traditionnelle malgache. C'est aussi le cas de la plante *Cleome viscosa* démontrée comme possédant une activité cicatrisante et dont les enquêtes ethnobotaniques effectuées à Mahajanga ont révélé que les feuilles de *Cleome viscosa* étaient utilisées pour soigner les plaies. Dans le domaine de la lutte contre les cancers, les plantes que nous avons étudiées s'avèrent suffisamment cytotoxiques et pourraient être considérées comme des candidates potentielles dans le développement de nouveaux médicaments anticancéreux. Ainsi, cette étude contribue à la valorisation de la valorisation de la biodiversité végétale et à la médecine traditionnelle malgache et par conséquent, à l'amélioration de la santé et le bien-être des populations pour un meilleur développement durable d'un pays tel que Madagascar. Néanmoins, des études plus approfondies et notamment d'isolement des principes actifs et de toxicité, restent encore nécessaires pour consolider ces résultats et pour mieux appréhender l'utilisation de ces plantes en médecine traditionnelle.

Références Bibliographiques

- ALLO O. (2005). Pharmacie galénique, 2^{ème} éd. Groupe liaison France, 97- 98.
- Bensegueni A., Belkhiri A., Boulebda N., Keck G. (2007). Evaluation de l'activité cicatrisante d'un onguent traditionnel de la région de Constantine sur les plaies d'excision chez le rat. Sciences & Technologie C-26 : 83-87.
- Boiteau P (1986). "Médecine traditionnelle et pharmacopée : Précis de matière médicinale malgache".
- Cabalion P., Hnawia E. (2007). Plantes d'intérêt ethnobotanique et ethnopharmacologique dans le pacifique : exemple du calfatage.
- Chivian E. and Bernstein A. (2008). Sustaining Life : How Human Health Depends on Biodiversity. Oxford University Press : 542.
- Collin S. and B. Levy B. (2006). Physiopathologie de l'hyporéactivité vasculaire au cours des états de choc. Groupe choc, Contact Avenir iserm-2006, Faculté de médecine, Université de Nancy Am. J. Physiol. - Heart Circ. Physiol., p, 87: H435-446.
- Emendörfer F., Bellato F., Noldin V.F., Niero R., Cechinelfilho V., Cardozo A.M. (2005). Evaluation of the relaxant action of some Brazilian medicinal plants in isolated guinea-pig ileum and rat duodenum. J. Pharmacol. Sci., 8: 63-68.
- Fong H.S., Tinwan, Farnsworth N.R. (1997). Phytochemical screening. Rev. University of Illinois, Chicago. 275: 6-7.
- Goodman S.M. (2008). "Paysages naturels et biodiversité de Madagascar". 636p.
- Hunt T., Hopf H., Hussain Z. (2000). Physiology of wound healing. Adv. Skin Wound Care, 13 (2): 6-11.
- Kane M.O., Sarr M., Gueye P.M., Ndiaye C.A. (2009). Effets relaxants vasculaires d'un extrait hydroalcoolique d'écorce de *Parkia biglobosa* (Mimosaceae). Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol., 285 (4): H 1590-9.

- Kanitakis J. (2002). Anatomy, histology and immunohistochemistry of normal human skin. Eur. J. Dermatol., 12 (14): 390- 401.
- Langlois E.V., Campbell K., Dias M.C. (2013). Quel rôle pour la santé et la biodiversité dans les nouveaux objectifs de développement durable de l'ONU? Bulletin d'Information en Santé Environnementale. Février 2013.
- Ngo Lemba T.E. (2011). Effets antihypertenseurs des extraits de Terminalis superbe Englers et Diels (Combretaceae) : étude *in vivo* et *in vitro*. Thèse de doctorat en Science de la Vie et de la Santé. Université de Franche-Comté.
- Ratsimiala-Ramonta V. (2008). Mise en évidence des activités antihypertensive et aphrodisiaque de la plante HY.07 (Meliaceae). Mémoire de DEA de Pharmacologie, Université d'Antananarivo.
- Smith K. and Dean S. J. (1998). Tissue repair of the epidermis and dermis. J. Hand. Ther. 95-104.
- WHO (2012). Our Planet, Our Health, Our Future Discussion Paper : Human Health and the Rio Conventions. World Health Organization, Geneva.
- Wilgus T.A., Roy S., Daniel M. (2013). Neutrophils and Wound Repair: Position Actions and Negative Reactions. Adv. Wound Care (New Rochelle), 2 (7) : 379-388.
- Zahoui O.S., Nene-Bi S.A., Soro T.Y., Traore F. (2010). Etude des effets pharmacologiques de l'extrait aqueux de *Heliotropium indicum* Linn. (Boraginaceae) sur le cœur isolé de rat et l'aorte isolée de cobaye. Int. J. Bio. Chem. Sci. Journal home, Volume 4, n°5.

39. Pratiques interculturelles dans la valorisation des plantes médicinales et aromatiques

Vincent E. RASAMISON¹, Elie Rafidinarivo²

¹Centre National d'Application de Recherches Pharmaceutiques, Antananarivo

²Institut Supérieur de Technologie, Antananarivo, Madagascar

Résumé

Des exemples sont décrits, notamment, en termes d'identification structurale de substances isolées de diverses plantes et appartenant à différentes familles chimiques, d'activités biologiques aussi bien pharmacologiques que toxicologiques et de propriétés exploitables en chimiotaxonomie. Sur la base de ces exemples de résultats de recherche et dans le cadre de la transformation et valorisation des résultats en produits de recherche en général, et de ceux relatifs aux plantes médicinales et aromatiques en particulier, l'interférence de l'interculturalité et de la démarche qualité est discutée en allant des pratiques traditionnelles jusqu'à la notion de droit de propriété intellectuelle.

Mots-clés : valorisation, interculturalité, plantes.

Introduction

Depuis les anciens temps, un des aspects sur l'évolution des populations dans le monde est basé sur la tendance sinon la capacité à s'intégrer sous forme d'adaptation à leur environnement et d'appropriation des ressources dont elles disposent. C'est ainsi que la chasse et l'élevage au niveau faunistique, la cueillette et la culture sur le plan floristique sont pratiqués de façon bénéfique et profitable pour la survie de ces populations. De plus, les vertus des plantes médicinales et aromatiques sont utilisées pour se soigner, tout en y associant parfois des aspects culturels, voire même rituels sinon cultuels.

Dans ce cadre, Madagascar figure parmi les pays réputés riches en biodiversité. Sa flore compte environ 14 000 espèces végétales dont plus de 80% sont endémiques. En outre, beaucoup de variétés de ces plantes sont utilisées en médecine traditionnelle. Cette richesse constitue une importante potentialité pouvant ouvrir la voie à leur valorisation sous divers plans dont social, économique, scientifique et technique. C'est le cas de la recherche en matière de substances naturelles d'intérêt biologique, pouvant aboutir à l'obtention de produits pharmaceutiques. Par retour d'expériences dans le cadre d'activités dans le Centre National d'Application de Recherches Pharmaceutiques, en partenariat avec des chercheurs nationaux et étrangers, des exemples sont décrits et ont fait l'objet de valorisation concrétisée sous différentes formes.

Méthodologie

Choix de plantes

Les plantes étudiées ont été sélectionnées, selon au moins un des critères suivants : réputation en médecine traditionnelle malgache, endémicité, activité biologique et absence de travaux chimique et biologique antérieurs.

Extraction et fractionnement

Pour chaque plante étudiée, le mode de préparation de l'extrait brut consiste à macérer le matériel végétal dans l'éthanol 95° pendant 48 heures. L'isolement à l'état pur des produits met en œuvre des techniques chromatographiques.

Tests biologiques

Les activités biologiques recherchées sont : antiplasmodiale, antimicrobienne, anti-anaphylactique et cytotoxique.

Test d'activité antiplasmodiale

Le test d'activité antiplasmodiale a été réalisé *in vitro* sur la souche chloroquine-résistante FCM29 de *Plasmodium falciparum* en utilisant la méthode fluorimétrique au SYBR Green I.

Test d'activité antimicrobienne

L'activité antimicrobienne a été évaluée par la méthode de diffusion sur disques. Sur trois germes-tests *Staphylococcus aureus* (ATCC 11632) et *Klebsiella pneumoniae* (culture du CNARP) et *Candida albicans* (ATCC 10231).

Test d'activité anti-anaphylactique

Le test d'activité anti-anaphylactique a été réalisé sur la trachée isolée de cobaye. La contraction d'origine immunologique est obtenue avec une solution saline d'ovalbumine.

Test de cytotoxicité A2780

L'évaluation de l'activité cytotoxique a été effectuée à Virginia Polytechnic Institute and State University, USA sur la lignée de cellules cancéreuses A2780 de l'ovaire humain en utilisant le réactif au bleu Alamar.

Détermination structurale

Les structures chimiques ont été établies au moyen de méthodes spectrales (résonnance magnétique nucléaire et Masse) et d'analyses cristallographiques aux rayons X.

Résultats

Les travaux effectués sur les plans chimiques, biologiques et chimiotaxononomiques, se rapportent aux six espèces de plantes ci-après :

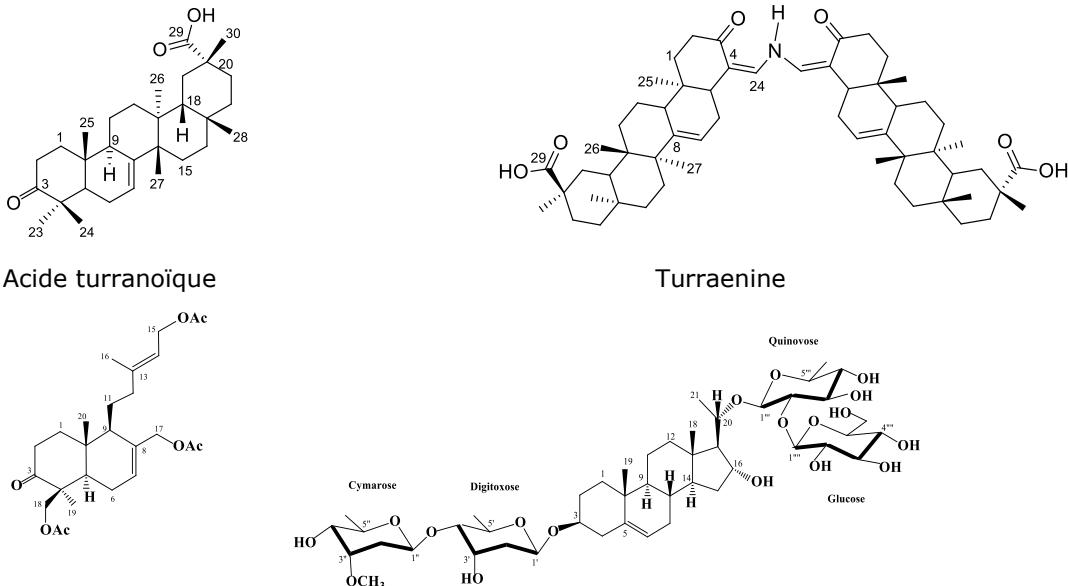
- *Melicope madagascariensis* (Baker) T.G. Hartley (Rutaceae),
- *Diospyros gracilipes* Hiern (Ebenaceae),
- *Turraea sp.* (Meliaceae),
- *Vitex cauliflora* Moldenke (Verbenaceae),
- *Baseonema acuminatum* P. Choux (Asclepiadaceae),
- *Phyllarthron bernierianum* Seem (Bignoniaceae).

Le tableau 1 ci-dessous représente une vue synoptique des résultats des travaux entrepris sur ces six plantes, et lesquels ont fait de publications citées en références [1 à 6]. Les structures chimiques des composés nouvellement décrits sont rapportées dans la figure 1.

Tableau 1 : Vue synoptique des résultats des travaux de recherche sur six plantes étudiées

N°	Noms scientifiques	Activités biologiques des extraits bruts	Produits isolés	Activités biologiques et/ou importance chimiotaxononomique des produits isolés
1	<i>Melicope madagascariensis</i>	Antiplasmodiale	Heliparvifoline	Antiplasmodiale
			Skimmianine	Cytotoxique
			3,5-dihydroxy-3',4',7-triméthoxyflavone	Cytotoxique
			Alcaloïdes furoquinoléiques et méthoxyflavones : marqueurs chimiotaxononomiques	
2	<i>Diospyros gracilipes</i>	Antimicrobienne	Plumbagine	Antimicrobienne et cytotoxique
			Elliptinone	Cytotoxique
			1,4-naphtoquinones : marqueurs chimiotaxononomiques	
3	<i>Turraea sp.</i>	Antiplasmodiale	Acide turranique (<i>nouveau</i>)	Antiplasmodiale et cytotoxique
			Turraenine (<i>nouveau</i>)	Antiplasmodiale
			Acide triptocallique B	Antiplasmodiale
4	<i>Vitex cauliflora</i>	Antiplasmodiale	15,17,18-triacétoxy-labda-7,13E-dién-3-one (<i>nouveau</i>)	Inactif
5	<i>Baseonema acuminatum</i>	Anti-anaphylactique	Baseonemoside C (<i>nouveau</i>)	Non testé

N°	Noms scientifiques	Activités biologiques des extraits bruts	Produits isolés	Activités biologiques et/ou importance chimiotaxonomique des produits isolés
6	<i>Phyllarthron bernierianum</i>	Non testé	Vermenoside	Non testé



15,17,18-triacétoxy-labda-7,11-dien-20-one

—
—
—
—
—

Figure 1 : Structures chimiques des produits nouvellement décrits

Discussion

Certains résultats obtenus dérivent d'études préalables ethnobotaniques et ethnopharmacognosiques, ayant trait justement aux pratiques culturelles et traditionnelles dans plusieurs régions du pays où certaines de ces plantes peuvent y être présentes de façon endémique. Ces résultats peuvent être rapprochés de ceux obtenus dans d'autres pays. A terme, ils pourraient également être exploités pour usage en médecine moderne.

Il faut néanmoins noter que les prix des produits finis sous forme de médicaments ne sont pas toujours facilement accessibles à la majorité des populations, et de ce fait, le recours à la médecine traditionnelle reste encore de mise sans oublier son interférence avec les pratiques interculturelles.

Tout ceci tend à impliquer la notion d'interculturalité, et à ce titre quelques préalables terminologiques méritent d'être précisés à travers le tableau 2 ci-après.

Tableau 2 : Terminologies autour de la notion d'interculturalité

TERMES	DEFINITIONS
Culture	Ensemble des connaissances, des savoir-faire, des traditions, des coutumes, propres à un groupe humain, à une civilisation.
Multiculturalité	Coexistence de plusieurs cultures, souvent encouragée par une politique volontariste.
Interculturalité	Ensemble des relations et interactions entre des cultures différentes.
Pratiques interculturelles	Processus générés par des rencontres ou confrontations entre cultures.

La valorisation des résultats de recherche ne doit pas seulement se limiter à des fins de publications dans le cadre de promotion et de reclassement des enseignants et chercheurs à travers des mémoires de master 2, de thèses de doctorat, ou d'habilitation à diriger des recherches.

Il s'agit d'aller bien au-delà, car à ce titre le document de Stratégie Nationale de la Recherche Scientifique à Madagascar, établi en mai 2013, fait état d'un manque de valorisation des résultats de recherche. Cependant cette valorisation n'est effective que si les résultats de recherche sont utilisés et/ou commercialisés. Et dans ce sens, il faut non seulement savoir distinguer résultats et produits de recherche, mais également arriver à mettre au point un processus de valorisation des produits de recherche, par exemple à travers un système innovant en termes marketing et communicationnel dans l'hypothèse d'adaptabilité, de pertinence et de rentabilité du système en question [7].

Pour y parvenir, il faut adopter une méthodologie selon une Démarche qualité basée sur l'Approche par les Processus. Dans ce cadre, on entend par Qualité la capacité à satisfaire des besoins, attentes et exigences ; et par Processus un ensemble d'activités qui transforment des éléments d'entrée en éléments de sortie avec production de valeurs ajoutées.

Ce qui conduit d'une part à la définition de la Culture Qualité qui consiste en un ensemble de réflexes de bonne conduite et de la rigueur, et d'autre part aux composantes de la Culture Qualité qui sont respectivement, la culture de la planification, la culture de projet, la culture de l'évaluation et la culture de l'amélioration continue, conformément au PDCA de la Roue de Deming (Plan, Do, Check, Act).

Conclusion

En somme, les potentialités de la biodiversité ne se limitent pas à des pratiques interculturelles traditionnelles. Leur exploitation nécessite une vision liée à une interculturalité basée sur une assurance permanente de la qualité. Et partant, l'interculturalité peut engendrer la notion de droit de propriété intellectuelle dans le cadre de la transformation et valorisation des résultats en produits de recherche en général, et de ceux relatifs aux plantes médicinales et aromatiques en particulier. En outre, dans un souci d'équilibre socio-économique et environnemental, le contexte évolutif nécessite une rationalisation des exploitations des ressources dans une optique de développement durable. Par ailleurs, la flore malgache est constamment soumise à des pressions d'origine anthropique qui la menacent fortement d'érosion. En conséquence, il s'avère primordiale de continuer à entreprendre des investigations chimiques et biologiques sur ces plantes avant leur éventuelle disparition.

Références

- Rasamison et al. (2016) - Furoquinoline alkaloids and methoxyflavones from the stem bark of *Melicope madagascariensis* (Baker) T.G. Hartley, *Natural Products and Bioprospecting*, 6: 261-265
- Rasamison et al. (2016) - Chemical constituents from stems and leaves of *Diospyros gracilipes* Hiern and the antimicrobial and cytotoxic principles. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 5: 109-113
- Rasamison et al. (2014) - Nitrogen-Containing Dimeric nor-Multiflorane Triterpene from a *Turraea* sp. *Organic Letters*, 16: 2626-2629
- Rasamison et al. (2010) - New Labdane Diterpene from *Vitex caulisflora* Moldenke from the Madagascar Rainforest. *Fitoterapia*, 81: 55-58.
- Rasamison et al. (2002) - Additional Pregnane Glycoside from *Baseonema acuminatum*. *Fitoterapia*, 73: 442-444.
- Rasamison & Okunade (2002) - Iridoid glucoside from *Phyllarthron bernierianum*. *ACGC Chemical Research Communication*, 14: 26-30
- Ramboasalama et al, (2017) - Processus de valorisation des produits de recherche à travers un système marketing et communicationnel. *Académie Malgache*. Communication du 15 juin 2017 en Séance commune des Sections Sciences Fondamentales et des Sciences Appliquées.

40. Résultats des analyses préliminaires de l'état des lieux des plantes médicinales à Madagascar

RAKOTONDRASANA Stéphan Richard, Rakotondrafara Andriamalala,
Rakotondrajaona Rolland, Ratsimbason Michel, Rakotoarisoa Marino

Centre National d'Application de Recherches Pharmaceutiques

Résumé

L'ethnobotanique est une des méthodes permettant la valorisation chimique et pharmacologique des plantes. C'est aussi une méthode pouvant être utile pour la conservation des espèces végétales. Pour Madagascar, plusieurs activités sur ce thème ont été menées par diverses institutions. Mais la liste des plantes utilisées en pratiques médicinales est encore loin d'être complète et les données sont très disparates.

Le présent travail entre dans le cadre des recherches sur les plantes médicinales de Madagascar et a comme objectif de rassembler les données existantes et d'orienter les recherches sur les plantes médicinales.

Les publications concernant la flore médicinale de Madagascar sont rassemblées et informatisées dans une base de données. Les données contenues sur les étiquettes des herbiers de références du CNARP (Herbier des plantes médicinales de Madagascar, IH, 2016) sont également informatisées. MicrosoftExcel a été utilisé pour analyser les données.

Quatre vingt-quatre publications sont rassemblées dont 32 concernent un site ou une région bien défini. Seize régions sont concernées. Seules 8 publications sont effectuées dans les aires protégées. Les régions Atsimo-andrefana, Alaotra Mangoro et Anosy sont les plus riches en nombre de publication (plus de 3). La multiplication des enquêtes dans des aires protégées et l'approche enquête basée sur des taxons ou sur des maladies permet d'enrichir et de compléter les données.

L'analyse des données sur les 16 000 spécimens d'herbiers du CNARP montre que 7 publications parmi les 84 ont des herbiers de référence déposés au CNARP. Deux régions ont des herbiers de référence en plantes médicinales supérieur à 10% et 6 régions inférieurs à 1%. Les régions le plus prospectées ont une couverture forestière élevée et un accès facile.

Le dépôt des herbiers de références plantes médicinales au CNARP est encouragé pour contribuer à la conservation de la biodiversité.

Mots-clés : Plantes médicinales, état de lieux, Herbier CNARP.

Introduction

Les problèmes liés aux ressources naturelles ont pris de l'ampleur, conduisant dans de nombreux cas à l'épuisement des ressources naturelles et à la destruction des écosystèmes naturels. La perte de la biodiversité paraît ainsi inquiétante, et pourrait entraîner la perte des connaissances traditionnelles, y compris celles relatives aux plantes aromatiques et médicinales (Lyon et Hardesty, 2012). Actuellement, cette perte est de plus en plus accentuée par l'invasion de la culture moderne (Rakotoarisoa, 1986 ; Rakotonandrasana, 2014 ; Randrianarivony, 2015).

Pour Madagascar, la liste des plantes médicinales est loin d'être exhaustive (Rakotonandrasana, 2013 ; Rakotoarivelo et al., 2015). La connaissance sur l'utilisation de la flore en médecine traditionnelle est encore insuffisante (Norscia et Borgognini-Tarli, 2006).

Plusieurs activités sur ce thème ont été menées par diverses institutions. Cependant, la liste des plantes utilisées en pratiques médicinales traditionnelles est encore loin d'être complète et les données sont très disparates.

Le présent travail entre dans le cadre des recherches sur les plantes médicinales et aromatiques de Madagascar et a comme objectif, l'élaboration de l'état de lieux des recherches sur l'inventaire de plantes médicinales de Madagascar afin de rassembler les données existantes et d'orienter les recherches sur les plantes médicinales.

Méthodes d'étude

Toutes les publications concernant la flore médicinale de Madagascar sont rassemblées et informatisées dans une base de données. Les données contenues sur les étiquettes des herbiers CNARP sont informatisées. Le nombre de publications et de spécimens par régions sont analysés. Pendant les analyses de données, Microsoft Excel a été utilisé.

Résultats et discussions

Informations sur les publications et le nombre d'espèces

Quatre vingt-six publications contenant des informations sur les utilisations des plantes médicinales sont rassemblées. 32 concernent un site ou une région bien définie, 31 concernent de sites non définies spécifiées "plantes médicinales de Madagascar", et 5 sur les utilisations au sein des taxons (famille, genre ou espèce).

On a constaté que, à l'époque précoloniale, l'utilisation traditionnelle des plantes est mal documentée et concerne seulement l'ouvrage écrit par Flacourt en 1765.

De la période coloniale à 1976, la région ou le site d'étude n'est pas bien définie. La recherche sur les plantes médicinales est presque dominée par les colons. La majorité des articles sont publiés par Boiteau, Heckel, Pernet, Jacquemin, Mouton. Des chercheurs malgaches, dont Rakoto-Ratsimamanga et Razafindramba ont également contribué à l'inventaire des plantes médicinales de Madagascar.

Après 1976, les plantes médicinales sont publiées par site ou région, exceptées celles présentées dans les travaux de Boiteau et sa fille, portant sur la synthèse des Dictionnaire des noms malgaches des végétaux. Diverses institutions malgaches interviennent à l'inventaire de plantes médicinales de Madagascar.

Depuis sa création (1976), le CNARP a pu inventorier 621 espèces. Ces travaux sont menés à Alaotra, à Ambongo et Boina, à Zahamena, près de Baie de Rigny, dans le Zafimaniry et à Ankarana (Rabesa, 1985, Rakotobe et al, 1991 Rakotonandrasana et al, 2013).

Les plantes médicinales des groupes ethniques ou des clans sont rares. Il s'agit des inventaires des plantes médicinales des Zafimaniry. Un important travail est effectué par Nicolas en 2012 (Médecins

du Monde) au sein du groupe ethnique Antankarana pendant lequel 217 espèces médicinales sont inventoriées.

Six cent huit espèces sont publiées dans les mémoires et thèses des étudiants de la Faculté des Sciences d'Antananarivo du Département de Biologie et Ecologie Végétales (DBEV, 461 espèces), Faculté des Sciences de Mahajanga (10 espèces), de l'Ecole Supérieure Agronomie d'Antananarivo (ESSA, 263 espèces) et de l'Ecole Normale Supérieure d'Antananarivo (ENS, 151 espèces).

Les travaux d'inventaire sur les groupes taxonomiques concernent seulement les espèces du genre *Cedrelopsis* (3 espèces), les espèces de la famille des Pedaliaceae (4 espèces), *Aloe macroclada*, *Billburttia* (2 espèces).

Ces 32 publications effectuées dans un site ou une région bien définie sont menées dans 16 régions dont 8 dans des aires protégées.

La région Atsimo Andrefana possède le nombre de publications la plus élevée, suivie par les régions Alaotra Mangoro et Anosy et Analamanga, Analanjirofo, Atsinanana, puis les régions de Atsimo-Atsinanana, Boeny, DIANA et Vakinankaratra et en fin les régions de Amoronimania, Betsiboka, Haute Matsiatra, Melaky, Menabe. On n'enregistre pas encore des publications des plantes médicinales dans les régions Androy, Bongolava, Itasy, Sofia, Ihorombe, Vatovavy fitovinany.

Très rares sont les publications effectuées dans les aires protégées. Parmi les soixantaines existantes, seules 8 publications sont effectuées dans les aires protégées : PN Bemaraha (1), PN et RNI Zahamena (2), zones de conservations d'Ambatovy (2), SAPM Ambalabe (1), NAP Analavelona (1).

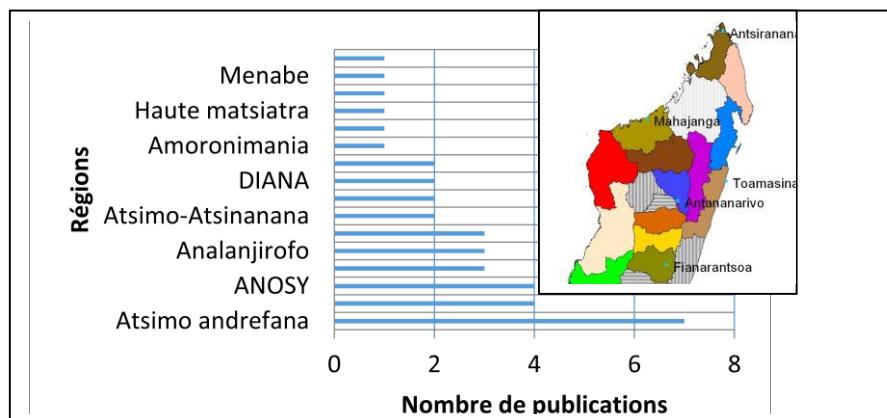


Figure 1 : histogramme de nombre de publications par régions avec la carte de subdivision des régions de Madagascar : les régions colorées en gris n'ont pas de publication en plantes médicinales

Informations sur les herbiers de références des plantes médicinales :

L'herbier CNARP est l'herbier de plantes médicinales de Madagascar (IH, 2016). Outre les spécimens de références acquis durant les activités du CNARP, cet herbarium hérite les spécimens d'herbier de la section plantes médicinales de l'ORSTOM et possède actuellement près de 17 000 spécimens. Bon nombre de ces échantillons ont été collectés en dehors des zones non protégées. Des espèces rarement présentes dans d'autres collections comme *Stictocardia sp.*, *Billburttia vaginoides*, *Tana bojeriana*, *Syncephalum*, *Rochonea sp* ... y sont présents. On y recense une dizaine de types et des spécimens sont cités dans les publications sur la flore de Madagascar.

L'analyse des données sur ces spécimens d'herbier du CNARP montre que 7 publications parmi les 84 ont des herbiers de références déposés au CNARP. Deux régions ont des herbiers de références en plantes médicinales supérieur à 10% et 6 régions inférieurs à 1%. Les régions le plus prospectées ont une couverture forestière élevée et un accès facile.

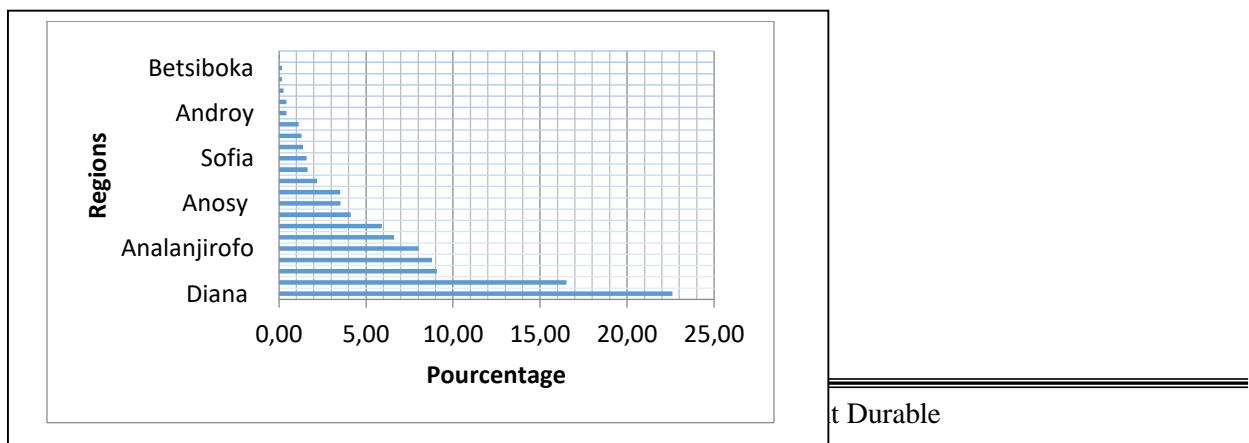


Figure 2 : Pourcentage de spécimens par régions

Conclusion

Les travaux sur l'inventaire des plantes médicinales Madagascar est encore loin de couvrir l'ensemble de l'île. Peu de travaux sont effectués dans les formations forestières ou formations végétales non modifiées. La majorité des enquêtes ethnobotaniques se font à l'extérieur des aires protégées ne permettant ainsi de connaître la richesse en flore médicinale autochtone. Très peu d'herbiers de références sur publications des plantes médicinales sont déposés au CNARP. La multiplication des enquêtes dans des aires protégées et l'enquête basée sur des taxons ou sur des maladies permet d'enrichir et de compléter les données aussi bien sur les utilisations que sur les herbiers de références.

Le dépôt des herbiers de référence des plantes médicinales au CNARP est encouragé pour contribuer à la conservation de la biodiversité. L'analyse des espèces et les types de maladies soignées avec les plantes sont en perspective.

Références bibliographiques

- Lyon, L.M. & Hardesty, L.H. 2012. Quantifying medicinal plant knowledge among non-specialist Antanosy villagers in Southern Madagascar. *Economic Botany* 66(1):1-11.
- Norscia, I. & Borgognini-Tarli, S.M. 2006. Ethnobotanical reputation of plant species from two forests of Madagascar: A preliminary investigation. *South African Journal of Botany* 72:656-660.
- Rakotoarisoa, J.A. 1986. Principaux aspects des formes d'adaptation de la société traditionnelle Malgache. In Kottak, P.C., Rakotoarisoa, J.A., Southall, A. & Verin, (eds.), *Madagascar Society and History*. Carolina Academic Press, Durham, North Carolina, p. 89-106.
- Rakotoarivelo, N.H., Rakotoarivony, F., Ramarosandratana, A.V., Jeannoda, V., Kuhlman, A.R., Randrianasolo, A. & Bussmann, R.W. 2015. Medicinal plants used to treat the most frequent diseases encountered in Ambalabe rural community, Eastern Madagascar. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 11: 68.
- Rakotonandrasana, S.R. 2013. Les plantes médicinales de l'Aire Protégée de Zahamena (Madagascar) et de ses environs : richesse floristique et endémicité. In Beau, N., Dessein, S. & Robbrecht, E., (eds.), *African Plant Diversity: Systematics and Sustainable Development*. Proceedings of the XIXth AETFAT Congress 2010, Madagascar. *Scripta Botanica Belgica* 50: 356-362.
- Randrianarivony, T.N. 2015. Etudes ethnobotaniques et écologiques des plantes utiles de la Nouvelle Aire Protégée d'Analavelona (district de Sakaraha, Région du sud-ouest de Madagascar). Thèse de Doctorat, Université d'Antananarivo.
- Thiers, B. [continuously updated]. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/>.

41. Flore et stock de carbone du fragment forestier de Vohilahy (Ankorabe, Ranomafana-est, Brickaville)

¹RASOANAIVO Niry S., ²Ramiarana Elie, ¹Ranaivosoa Sitraka, ¹Ravonjimalala H. Rijasoa, ¹Andrianandrasana Doret, ¹Razakatiana Tsoushima,¹Rakotoarimanga Nirina, ^{1,2}Ramanankierana Heriniaina, ^{1,2}Baohanta Rondro H., ^{1,2}**RANDRIAMBANONA Herizo**

¹Centre National de Recherches sur l'Environnement (CNRE)

²ISSEDD, Université de Toamasina

Résumé

Cette étude conduite dans le fragment forestier de Vohilahy (75,2 ha), l'un des grands fragments forestiers qui subsistent dans la commune de Ranomafana-Est (District de Brickaville) a pour objectif d'évaluer son niveau de biodiversité et son stock de carbone. L'inventaire floristique a été réalisé dans 15 transects linéaire de Gautier, long de 100m chacun. Le stock de carbone a été évalué dans 16 plots circulaires de 20 m de rayon par la procédure standard de mesure du carbone terrestre de Winrock International. La flore recensée compte 464 espèces, réparties en 178 genres et 83 familles; 77,9 % sont des espèces endémiques malgaches. Les Rubiaceae (47 espèces), les Euphorbiaceae (27) et Lauraceae (24) sont les familles les mieux représentées. *Trophis montana*, *Streblus dimepate* sont les espèces d'arbre dominantes, *Rinorea arborea*, *Dracaena reflexa*, sont les arbustes

dominants. La forêt de Vohilahy stocke en moyenne $191,5 \pm 48,9$ tC.ha⁻¹ de carbone. Le carbone total s'élève à 14406,1 t, dont la majeure partie (89%) est contenue dans les arbres vivants. Les résultats obtenus ont révélé que ce fragment forestier, aussi petit soit-il, recèle encore une biodiversité exceptionnelle et contient un important stock de carbone et continue à jouer les même rôles (écologique, socio-économique) que les grands blocs forestiers.

Mots-clés: fragment forestier, flore, carbone, Madagascar

1. Introduction

Entre 1990 et 2015, une réduction de 3% de la couverture forestière mondiale a été enregistrée, la superficie est passée de 4128 M ha à 3999 M ha, entre ces deux dates (Keenan *et al.*, 2015). Particulièrement, la forêt tropicale a perdu 8 M ha par an, dans les années 1990 et 7,6 M ha par an dans les années 2000 avec un taux annuel de déforestation de 0,49% (Achard *et al.*, 2014). Madagascar n'échappe pas à ce fléau et a perdu chaque année 36000 ha de forêts naturelles entre 2005 et 2010 (ONE *et al.*, 2013). La culture sur brûlis demeure l'une des causes principales de cette déforestation (Pfund, 2000 ; Blanc Pamard *et al.*, 2005 ; Raharimalala *et al.* 2010). La forêt dense humide accuse un taux de déforestation annuel de 0,93 % à 2,33%, entre 2005 et 2010 (Grinand *et al.*, 2013). Cette déforestation est à l'origine de la fragmentation des écosystèmes forestiers sur l'ensemble de l'île. Cependant, les fragments forestiers jouent un rôle important dans la conservation de la biodiversité (Arroyo-Rodríguez & Mandujano, 2006) et dans la vie socio-économique et culturelle de la population (Pimm & Brooks, 2013). Ces dernières décennies, les fragments de forêts intéressent de plus en plus les scientifiques (Hay-Edie & Hadley, 1998 ; Pimm & Brooks, 2013, Ezcurra, 2016). Particulièrement, dans la commune rurale de Ranomafana-Est, District de Brickaville, un des lambeaux forestiers issus de la fragmentation de la grande forêt dense humide sempervirente de l'Est, est la forêt de Vohilahy (75,2 ha). L'objectif de cette étude est d'évaluer le niveau de biodiversité et le stock de carbone du fragment forestier de Vohilahy en émettant les deux hypothèses (i) il recèle encore une biodiversité végétale importante et (ii) stockerait un important stock de carbone.

2. Matériel et méthodes

2.1. Zone d'étude

Les investigations ont été menées dans le fragment forestier de Vohilahy, à proximité du village d'Ankorabe (S 18°56'37" ; E 48°46'30" Est, 127 m), située à 200 km à l'Est d'Antananarivo, dans la Commune de Ranomafana-Est, District de Brickaville, Région Atsinanana. Ce lambeau forestier représente à peu près la moitié du reste du couvert forestier de ladite Commune, avec une superficie de 75,2 ha. La zone est sous l'influence d'un climat tropical per-humide, caractérisé par une pluviométrie moyenne de 3000 mm par an. Le vent est dominé par l'Alizé qui souffle, en général, du Sud-Est vers le Nord-Ouest. La végétation climacique est une forêt dense humide sempervirente de basse altitude à *Myristycaceae* et *Anthostema* (Cornet et Guillaumet, 1976), appartenant au Domaine de l'Est défini par Humbert (1965). Le sol est de type ferrallitique de couleur jaune-rouge, reposant sur le socle cristallin qui prédomine dans la zone d'étude. On note également les sols hydromorphes de bas fond où se pratique la riziculture. La population est composée majoritairement par des Betsimisaraka qui vivent principalement de l'agriculture sur brûlis et considérées comme les plus grands destructeurs de la forêt de l'Est (Flacourt, 1658).

2.2. Méthodes

2.2.1. Relevé de végétation et inventaire floristique

La collecte des données de flore et de végétation forestière a été effectuée en 2016 par la méthode de relevé linéaire de Gautier (Gautier *et al.*, 1994). Un transect linéaire de 100 m a été placé perpendiculairement à la pente, dans une parcelle de végétation jugée floristiquement et structuralement homogène. La hauteur de contact et le nom scientifique des espèces, entrant en contact avec un jalon, déplacé tous les deux mètre le long du transect, ont été prélevés. Quinze (15) transects linéaires répartis dans différents niveaux topographiques (4 en bas-versant, 7 en mi-versant et 4 en haut-versant), ont été réalisés dans le massif de Vohilahy, entre 117 m à 357 m d'altitude, sur 5° à 45° de pente. La flore échantillonnée appartient à une forêt dense humide mature structurée en trois strates (strate herbacée, strate arbustive, strate arborée) avec quelques espèces émergentes.

2.2.2. Traitement et analyse des données floristiques

Les données floristiques issues des relevés de végétation ont permis d'évaluer la richesse et la composition floristiques du massif Vohilahy, de déterminer les familles représentatives et l'abondance spécifique. L'abondance des formes biologiques définies par Aubrévilles en 1963 ont également été identifiées. L'endémicité et l'affinité biogéographique des espèces identifiées, ont été déterminée sur

la base de leurs zones d'occurrence, à partir des données phytogéographiques issues du Catalogue des plantes vasculaires en ligne « Tropicos-Madagascar Catalog » du Missouri Botanical Garden.

2.2.3. Mesure de stock de carbone

La mesure de stock de carbone a été réalisée selon la « Procédure standard pour mesurer le carbone terrestre » développée par Winrock International (Walker et al., 2008). Cette méthode prend en compte quatre composantes de biomasse végétale : les arbres vivants ayant un diamètre à 1,30 m ou diamètre à hauteur de poitrine (DHP) supérieur à 5 cm, les bois morts sur pieds, les bois morts à terre et les individus de régénération (ayant un DHP < 5 cm et une hauteur plus de 1,30 m). Le calcul de stock de carbone passe toujours par la mesure de biomasse et le coefficient usuel de conversion de biomasse totale (exprimée en matières sèches) en carbone est de 0,5 (Brown, 1997). Seize plots circulaires, subdivisés en trois cercles concentriques de rayon de 4 m, 14 m et 20 m placés selon la position topographique (6 plots en bas-versants, 5 en mi-versant et 5 au sommet) ont fait l'objet de mesure. Les DHP des arbres à l'intérieur de chaque cercle ont été mesurés et identifiés (figure 1).

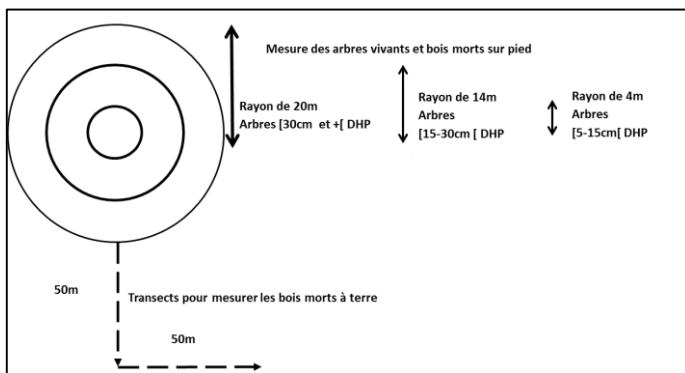


Figure 1. Méthode de mesure de biomasse et de stock de carbone (Walker et al., 2008)

La surface totale inventoriée a été de 20 096 m². Le calcul du stock de carbone a été réalisé à l'aide d'une équation allométrique (Vieilledent et al., 2016) en utilisant une fonction Macro développée dans le logiciel Excel (Walker et al., 2008). L'équation allométrique est :

$$B = \rho * \exp(-1.499 + 2.148 \ln(DHP) + 0.207(\ln(DHP))^2 - 0.0281(\ln(DHP))^3)$$

Avec **exp** : exponentiel, **ρ** : densité sèche du bois (g/cm³) fixée à 0,57 pour la forêt tropicale, DHP : diamètre à hauteur de poitrine (mesuré à 1,30 m), **ln** : logarithme népérien.

Une analyse de variance (ANOVA) a été réalisée à l'aide du logiciel XLStat-Pro 2010 afin de comparer les stocks de carbone de forêts en fonction de position topographique.

3. Résultats

3.1. Richesse et composition floristique

La flore inventoriée du fragment forestier Vohilahy compte 3157 spécimens recensés, appartenant à 476 espèces et morpho-espèces dont 464 espèces sont déterminées. Ces dernières appartiennent à 178 genres et 83 familles. Les dicotylédones sont les plus abondantes (Figure 2), représentées par 74 familles contre deux familles de Bryophytes (Lycopodiaceae et Polypodiaceae) inventoriées.

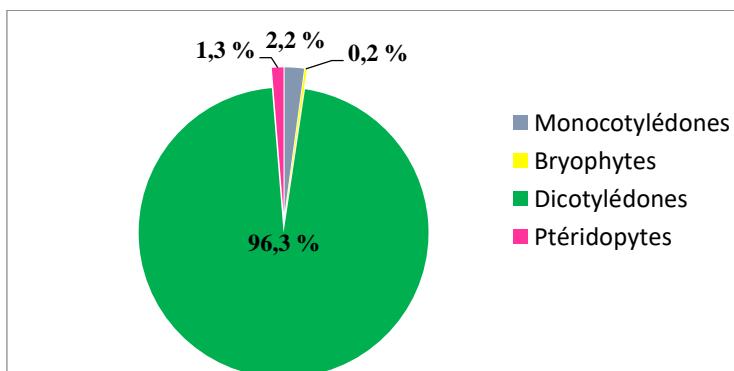


Figure 2. Pourcentage de représentativité des groupes taxonomiques

3.2. Familles représentatives et abondance spécifique

Les Rubiaceae, les Euphorbiaceae, les Lauraceae, les Ebenaceae et les Moraceae sont les plus riches en espèces, représentées par plus de vingt taxa. Les espèces les mieux représentées sont *Rinorea arborea*, *Streblus dimepate*, *Trophis montana*, *Dracaena reflexa* var. *lanceolata*, *Macphersonia gracilis*, *Diospyros haplostylis*, *Prockiopsis orientalis*, *Chrysophyllum boivinianum*, *Plagioscyphus louvelii* et *Landolphia myrtifolia*.

3.3. Forme et particularité biologiques

Sur la base des 476 espèces recensées dans les relevés de végétation, la flore de Vohilahy est constituée par 38,9 % d'espèces arborées, 13,4 % d'arbustes et d'arbrisseaux, 26,9 % de sous-arbuste et de sous-arbrisseaux et 1,9 % d'herbes. La lianescence et l'épiphytisme sont également présents, dont 15,8 % de lianes et 3,2 % d'épiphytes.

3.4. Biogéographie et endémicité

Sur la base de 280 espèces sur les 464 déterminées, 77,9 % de la flore de Vohilahy est endémique de la grande île et 10,8 % ont une affinité entre l'Afrique tropicale, dans la région malgache (Comores et îles Mascareignes), l'Asie et les Nouveaux mondes. Certaines espèces (9,3%) ont une distribution plus large dans le monde et 1,1 % sont pantropicales.

La flore endémique malgache est dominée par des espèces du domaine de l'Est, et a une forte affinité avec la flore du Sambirano (*Cynometra lyalli*, *Noronhia linoceroides*, *Cryptocarya pervillei*, *Dypsis hiarakae*, *Cyathea marattoides*) et un peu moins avec celle du domaine du Centre de l'île (*Cryptocarya rigidifolia*, *Diospyros calophylla*, *Croton noronhae*, *Gaertnera phyllosepala*, *Noronhia introversa*).

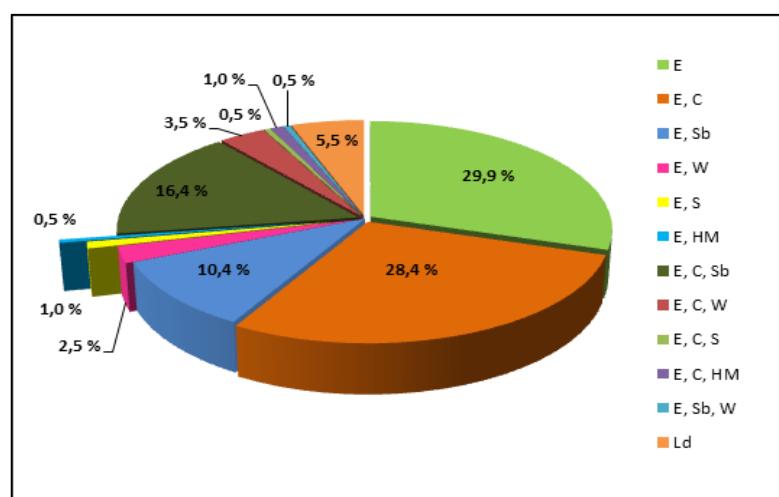


Figure 3. Affinité biogéographique de la flore endémique malgache dans Vohilahy

Par ailleurs, moins de 10 % de la flore de Vohilahy a une affinité avec la flore de l'Ouest, du Sud et des Hautes montagnes. En particulier, *Polycardia phyllanthoides* et *Meineckia madagascariensis* sont rencontrées également dans le domaine du Sud. Le reste des espèces endémiques sont partagées entre plus de quatre domaines phytogéographiques malgaches (Ld) (Figure 3).

3.5. Stock de carbone

Les plus faibles valeurs ($135,2 \pm 36,3 \text{ t.ha}^{-1}$) ont été obtenues dans les sommets (S), les plus élevées dans les bas-versant (BV) ($212,1 \pm 30,1 \text{ t.ha}^{-1}$). Une différence significative a été observée entre les valeurs obtenues dans les bas-versant et celles de sommet et de mi-versant (MV).

Tableau 1. Valeurs de stock de carbone de différentes composantes de la forêt (BV : bas-versant, MV : mi-versant, S : Sommet)

Plots	Stock de carbone tC.ha^{-1}				Total
	Arbres vivants	Arbres morts sur pieds	Arbres morts à terre	Individus régénération	
BV	$212,1 \pm 30,1\text{a}$	$5,45 \pm 3,47\text{a}$	$16,51 \pm 16,14\text{a}$	$0,63 \pm 0,19\text{b}$	$233,6 \pm 39,9\text{a}$
MV	$156,4 \pm 33,7\text{b}$	$4,29 \pm 5,37\text{a}$	$15,67 \pm 5,84\text{a}$	$0,62 \pm 0,11\text{b}$	$175,5 \pm 39,2\text{b}$
S	$135,2 \pm 36,3\text{b}$	$1,8 \pm 0,82\text{a}$	$15,44 \pm 9,39\text{a}$	$1,1 \pm 0,37\text{a}$	$157,2 \pm 32,0\text{b}$

Les moyennes repérées par une même lettre dans les colonnes représentent les groupes statistiquement homogènes au seuil de probabilité de 0,05 d'après le test de Newman-Keuls.

La valeur moyenne du stock de carbone de la forêt de Vohilahy, sans tenir compte des positions topographiques (16 plots), est de $191,57 \pm 48,99 \text{ tC.ha}^{-1}$ qui est équivaut à une valeur de biomasse de $383,1 \pm 97,9 \text{ t.ha}^{-1}$. La forêt de Vohilahy d'une superficie de 75,2 ha, stocke 28 812,3 t de biomasse végétale, soit 14 406,1 t de carbone.

4. Discussion

Cette étude s'est fixée comme objectif d'inventorier la flore et de mesurer le stock de carbone du fragment forestier de Vohilahy.

4.1. Richesse et composition floristique

La richesse floristique élevée dans Vohilahy représente une biodiversité importante du lambeau forestier, ce qui est lié probablement à la taille du fragment. En effet, la flore de Vohilahy est largement riche en espèces et en famille, comparée à celles de certains fragments de superficie plus réduite (Tableau 2) tels que le fragment forestier d'Ankafoibe, dans la région de Tampoketsa-Madagascar (Rajemison, 2010), la station forestière de Mandraka-Madagascar (Rajaonera *et al.*, 2008) et la forêt sacrée de Bokasso, en Côte d'Ivoire (Yao, *et al.*, 2013)

Tableau 2. Comparaison de la richesse floristique entre différents fragments forestiers en fonction de leur superficie.

Fragments de forêt	Statut	Superficie (ha)	Espèces	Familles
Vohilahy (Madagascar)	Forêt sacrée	75,2	464	74
Bokasso (Côte-d'Ivoire)	Forêt sacrée	54,9	188	64
Ankafoibe (Madagascar)	Relique forestière	41	80	43
Mandraka (Madagascar)	Station forestière	9,91	73	42

De plus, la flore de Vohilahy est assez riche en essences forestières ligneuses, justifiée par l'abondance des espèces arborées, des arbustes, des arbrisseaux et sous arbrisseaux (79,2 % des espèces) qui révèle d'ailleurs, une structuration en strate de la végétation forestière.

Par ailleurs, la forte affinité biogéographique des espèces endémiques malgaches de Vohilahy avec celle du domaine de l'Est et celle du domaine du Sambirano démontre que la flore du lambeau forestier se rapproche de celle des forêts denses humide sempervirentes de basse altitude définies par Cornet et Guillaumet en 1976. Ceci expliquerait l'appartenance de la relique forestière Vohilahy à l'ancienne grande étendue de forêt humide de l'Est qui couvrait les altitudes inférieures à 800 m (Humbert, 1965 ; Moreau, 1997). Cette hypothèse est d'autant plus justifiée par la forte représentativité des familles des Rubiaceae, Euphorbiaceae, Moraceae, Lauraceae, fortement abondantes dans les forêts humides (Humbert, 1965, Schatz, 2001, GERP, 2008).

4.2. Stock de carbone

Les valeurs de stock de carbone de forêt obtenues dans la présente étude se situent dans la gamme de celles du COFAV⁵⁰ ($166,36 \pm 32,36$ à $247,52 \pm 60,81 \text{ tC.ha}^{-1}$) et du CAZ ($214,98 \pm 64,16$ à $175,47 \pm 26,47 \text{ tC.ha}^{-1}$) qui sont tous des sites de la partie Est de Madagascar (CI, 2009). Cependant, elles sont largement supérieures à celles des forêts sèches et forêts épineuses du Sud-ouest et du Sud de Madagascar variant de $53,22 \pm 19,47$ à $78,12 \pm 19,71 \text{ tC.ha}^{-1}$ (CI, 2011). Nos résultats ont révélé que les valeurs de stock de carbone varient en fonction de la position topographique. Ils corroborent ceux obtenus par Yohannes *et al.* (2015) en Ethiopie, avec les forêts de bas-versant qui stockent plus de carbone ($324,79 \pm 32,59 \text{ tC.ha}^{-1}$) que celles demi-versants ($279,4 \pm 45,9 \text{ tC.ha}^{-1}$) et des sommets ($187,49 \pm 40 \text{ tC.ha}^{-1}$). Par contre, Lee *et al.* (2015) ont rapporté que la topographie n'a pas eu d'influence sur les valeurs de stock de carbone de la forêt en Malaisie.

5. Conclusion

Cette étude a permis de déceler la richesse du fragment forestier de Vohilahy en termes de flore. Elle a montré également que ce fragment stocke encore une quantité de carbone importante. Cependant face aux différentes pressions (culture sur brulis, prélèvement de bois...) qui continuent à peser sur cet écosystème forestier, des mesures doivent être prises afin de conserver cette biodiversité végétale exceptionnelle. Un programme de restauration est également envisageable pour la connectivité entre les différents fragments de la forêt.

Remerciements

Cette étude a bénéficié d'un financement de l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF), à travers le projet CCVal (Connaissance, Conservation et VALorisation des lambeaux forestiers d'Ankorabe, Madagascar et de la forêt de la Grille de Comores)

Bibliographie

⁵⁰Corridor Fandriana Vondrozo

- Achard, F., Beuchle, R., Mayaux, P., Stibig, H-J., Bodart, C., Brink, A., Carboni, S., Desclée, B., Donnay, F., Eva, H.D., Leppla, A., Rasi, R., Seliger, R. & Simonetti D. (2010) Determination of tropical deforestation rates and related carbon losses from 1990 to 2010. *Global Change Biology*, 20: 2540-2554.
- Aubrévilles, A. (1963) Classification des formes biologiques des plantes vasculaires en milieu tropicale. *Adansonia*, 2(3): 226-231.
- Arroyo-Rodríguez, V. & Mandujano, S. (2006) The Importance of Tropical Rain Forest Fragments to the Conservation of Plant Species Diversity in Los Tuxtlas, Mexico. *Biodiversity & Conservation*, 15, (13) : 4159-4179.
- Blanc-Pamard, C., Milleville, P., Grouzis, M., Lasry, F., Razanaka, S. (2005) Une alliance de discipline sur une question environnementale : la déforestation en forêt de Mikea (Sud-ouest de Madagascar). *Nature Sciences Sociétés*, 3(1) : 7-20.
- Brown, S. (1997) Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer. *FAO Forestry Paper* n°134, Rome, Italy.
- Conservation International (2009) Rapport de mission sur l'inventaire de biomasse du corridor Ankeniheny-Zahamena (CAZ) et du corridor Fandriana-Vondrozo (COFAV). CI Madagascar, 26 p.
- Conservation International (2011). Rapport de mission sur l'inventaire de biomasse et quantification de Carbone dans la forêt dense sèche de l'Ouest et la forêt épineuse au Sud de Madagascar. CI Madagascar, 36 p.
- Cornet, A., Guillaumet, J.L. (1976) Divisions floristiques et étages de végétation à Madagascar. *Cah. ORSTOM*, sér. Biol. 6(1): 35-40.
- Ezcurra, E. (2016) Anthropogenic disturbances infiltrate forest fragments. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 10; 113(19): 5150–5152.
- Flacourt, E. (1658) Histoire de la grande Isle de Madagascar; Edition 2007, annotée par C. Allibert, Inalco-Karthala. 712 p.
- Gautier, et al. (1994) Presentation of a reeve method of vegetation studies based on fine-scale satellite high-resolution satellite imagery. Proceedings of XIIIth plenary meeting of AETFAT, Eds. J. H. Seyani & A. C. Chikuni, National Herbarium and Botanic Gardens of Malawi, Zomba. Pp.1339-1350.
- GERP (2008) Préservation de la biodiversité de Maromizaha. Rapport technique. Miara.
- Hay-Edie, T. & Eddley, M. (1998) Natural sacred site. A comparative approach to their cultural and biological significance. In: the conserving the sacred for Biodiversity management. Eds. P.S. Ramakrishnan, K.G. Saxena, U.M. Schandrachekara. New Dehli: UNESCO and Oxford & IBH Publishing, 47-67.
- Humbert, H. (1965) Description des types de végétation. Dans Notice de la Carte de Madagascar, eds. H. Humbert & G. Cours Darne. *Travaux de la Section Scientifique et Technique de l'Institut Français de Pondichery*, hors série, 6 : 46-78.
- Keenan, R.J., Reams, G.A., Achard, F., de Freitas, J.V., Lindquist, E. (2015) Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. *Forest Ecology and Management*, 352 : 9-20.
- Moreau, S. (1997) Les paysans et les arbres. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies. Université de Paris-IV. 126p.
- ONE, DGF, FTM, MNP & CI (2013) Evolution de la Couverture de forêts naturelles à Madagascar 2005-2010.
- Pfund, J.L. (2000) *Culture sur brûlis et gestion des ressources naturelles. Evolution et perspectives de trois terroirs ruraux du versant Est de madagascar*. Thèse (EPFZ) Ecole polytechnique fédérale de Zurich n°13966, Suisse, 323p.
- Pimm, S.L. & Brooks, T (2013) Conservation: Forest Fragments, Facts, and Fallacies. *Current Biology*, 23(24):1098-110.
- Raharimalala, O., Buttler, A., Ramohavelo, C.D., Razanaka, S., Sorg, J-P.&Gobat J-M.(2010) Soil-vegetation patterns in secondary slash and burn successions in Central Menabe, Madagascar. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 139: 150-158.
- Rajaonera, M. L. et al. (2008) *Mise en place d'un état de référence et d'un plan de suivi écologique permanent des vestiges de forêt primaire de la station forestière de Mandraka*. Rapport de l'Ecole Supérieur des Sciences Agronomique. Université d'Antananarivo. 82p.
- Rajemison, A. H. (2010) *Typologie de la végétation rémanente en vue d'une restauration écologique. Cas du site d'Ankafobe-Tampoketsa d'Ankazobe-Hautes terres centrales de Madagascar*. Mémoire de Diplômes d'Etude Approfondies. Université d'Antananarivo. ESSA-Forêt. 61p.

- Schatz, G. (2001) Generic tree flora of Madagascar. Royal Botanic Gardens, Kew & Missouri Botanical Garden. Royaume-Unis. 516p.
- Vieilledent, G., Gardi, O., Grinand, C., Burren, C., Andriamanjato, M., Camara, C., Gardner, C.J., Glass, L., Rasolohery, A., RakotoRatsimba, H., Gond, V., and Rakotoarijaona, J-R. (2016) Bioclimatic envelope models predict a decrease in tropical forest carbon stocks with climate change in Madagascar. *Journal of Ecology*, 104: 703-715.
- Walker, S., Pearson, T. Harris, N. MacDicken& Brown, S. (2008) Procédures opérationnelles standard pour mesurer le carbone terrestre. Winrock International.
- Yao, A. et al. (2013) Diversité floristique et valeur de la forêt sacrée Bokasso (Est de la Côte d'Ivoire) pour la conservation. *Vertigo*, 13 :1.
- Yohannes, H., Soromessa, T. and Argaw, M. (2015) Carbon Stock Analysis along Slope and Slope Aspect Gradient in Gedo Forest: Implications for Climate Change Mitigation. *Earth Science & Climatic Change*, 6: 305 doi.org/10.4172/2157-7617. 1000305.

42. Valorisation durable et soutenue des produits forestiers non ligneux, issus des espèces endémiques et aromatiques malgaches : Cas de *Ravensara aromatic*, *Cinnamosma fragrans* et *Cedrelopsis grevei*

ANDRIANOELISOA Hanitriniaina et al.,

DP Forêts et Biodiversité – FOFIFA – CIRAD

Introduction

La demande mondiale de plantes médicinales et aromatiques liée au développement des médecines douces, de la diététique et de la protection de l'environnement ne cesse d'augmenter.

Plus particulièrement, les huiles essentielles (HE) servent de matières premières à de nombreuses industries dont la Parfumerie, la Cosmétique, l'Agroalimentaire, la Pharmacie/ Aromathérapie et la Lutte biologique (insecticides naturels) pour le développement de l'agriculture biologique.

Madagascar occupe une grande place dans le marché florissant et plein d'avenir des HE. Etant un pays à forte biodiversité, on y rencontre 13 000 espèces végétales avec un taux d'endémisme supérieur à 80%. Il est aussi reconnu comme la « terre des huiles essentielles ». Plus de 70 espèces aromatiques sont exploitées dont une trentaine endémique. Depuis 1980, l'intérêt des exportateurs pour les HE à Madagascar concerne la production d'HE des espèces sauvages ou non cultivées endémiques comme le *Katrafay*, le *Mandravasarotra*, le *Hazomanitra* (*Cryptocaria agathophyllum*, ex-*R. aromatic*a), le longoza, le *Iantana camara*, *Famonty* etc... Cet intérêt porte aussi sur des plantes cultivées comme le géranium, le basilic, le thym, le vétiver, le poivre, le gingembre ou le patchouli... Les données statistiques du commerce montrent une hausse significative en volume et valeur des exportations annuelles d'HE ces dernières années : environ 1200 tonnes en 1996, contre 25 000 en 2008 et 65 000 en 2011. Les principales huiles essentielles sont celles de girofle et d'ylang-ylang.

Cependant, la grande variabilité chimique rencontrée au sein les HE extraites des espèces aromatiques endémiques malgaches et la non durabilité des modes de prélèvement constituent les principaux freins au développement du marché des HE. La recherche a donc fait ses preuves pour pallier ces problèmes en proposant des modes de prélèvement conciliant valorisation, qualité des produits et durabilité des modes de collecte. Ainsi, des opportunités en matière de durabilité de production existent de nos jours.

Matériel et méthodes

Pour avoir accès à cette variabilité, la collecte se fait arbre par arbre.

Echantillonnage

Les techniques de grimpe et de prélèvement (utilisation d'échenilloir et de sécateurs) ont été préconisées et aussi initiées aux cueilleurs pour des collectes raisonnées et ciblées.

Facteurs de variabilité

Différents facteurs susceptibles d'induire cette variabilité ont été examinés : saison, déshydratation, organes de la plante, terroir...

Distillation des HE

200-400g d'échantillon végétal prélevé est soumis à l'hydrodistillation dans des appareils type Clevenger. Les HE prélevées sont stockées dans des flacons ambrés à l'abri de la lumière et de la chaleur jusqu'à analyse.

Caractérisation

Les HE sont analysées par chromatographie en phase gazeuse (CPG) et par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (CPG-SM) afin d'identifier quantitativement et qualitativement leur composition chimique.

D'autres nouvelles techniques de caractérisation sont aussi évaluées dont l'analyse olfactive des HE par la chromatographie en phase gazeuse couplée à un olfactomètre (CPG-O) permettant de caractériser les odeurs et notes caractéristiques des HE analysées qui devraient aider les collecteurs initiés à reconnaître les différentes odeurs à ne prélever que les types de feuilles ciblées.

Traitement des données

Les données chimiques sont traitées statistiquement par ACP (analyse en composantes principales) puis par CHA (la classification hiérarchique ascendante) pour classifier les individus et par K-Means pour stabiliser et obtenir les classes définitives.

Résultats

En général, les études menées sur les espèces aromatiques endémiques ont montré une grande variabilité chimique quant aux huiles essentielles produites. Les pré-requis scientifiques nécessaires ont été construits par l'analyse de quelques espèces modèles, dont la caractérisation biologique de *Ravensara aromatica* à l'est de Madagascar, du *Cinnamosma fragrans* dans la région Boeny et *Cedrelopsis grevei* sur le plateau Mahafaly et dans la région Boeny.

Le *Ravensara aromatica* rencontré dans la partie sempervirente et humide de l'Est de Madagascar, pourrait produire des huiles essentielles à structures aromatiques respectivement à méthyl chavicol (>90%) et à méthyl eugénol avec une teneur importante de l'ordre de 80%, des HE caractérisées spécialement par des composés terpéniques dont l' α -terpinène, le sabinène et le limonène respectivement en moyenne 35, 45 et 50%. Il a été donc mis en évidence l'existence de 5 classes chimiques qualifiées de chémotypes au sein de l'espèce *R. aromatica* vu qu'ils sont classés statistiquement et leurs compositions chimiques est stable au cours de l'année et d'une génération à l'autre. Il est noté que quel que soit le chémotype, la composition chimique des HE des écorces reste invariable et est constituée de méthyl chavicol supérieur à 90%. Ce qui a confirmé que *R. aromatica* est loin d'être une matière première riche en 1,8-cinéole. Les HE riches en 1,8-cinéole confusément appelées *Ravensara* ne le sont donc pas. Ce sont tout simplement du Ravintsara (*Cinnamomum camphora*).

Le *Cinnamosma fragrans* dans la région Boeny pourrait fournir cinq types d'HE. Les HE riches en 1,8-cinéole autour de 60%, dont le nom commercial est le Saro que l'on ne rencontre que sur la partie littorale et celles respectivement constituées de linalool jusqu'à 95%, de néral/géranial, de limonène, et d'acide géranique.

Le *Cedrelopsis grevei* présente quatre classes d'HE. Deux types caractérisent la partie sud-ouest (sur le plateau Mahafaly) : **C1** à structures eudesmane Selinènes, (α,γ)-eudesmols et **C2** à α -pinène, copabornéol. Les deux autres se rencontrent dans la partie ouest de la région Boeny : **C3** à α -copaène, ishwarane et **C4** à structures cadinane (cadinènes, T-muurolol, α -cadinol).

Quelle que soit l'espèce exploitée, le mélange des différents types chimiques entre eux au sein d'une même espèce rend des fois la qualité des huiles instable et inacceptable dans leur commercialisation.

Le cas des HE de *Ravensara aromatica* dans la valorisation durable des produits de la biodiversité malgache est un exemple de Recherche finalisée.

L'examen des facteurs susceptibles d'induire cette variabilité a été mené. Les résultats obtenus ont montré que ni la saison, ni le séchage, ni la date n'ont pas d'incidence majeure sur la composition chimique des HE. Seul le terroir semble avoir une incidence sur celle-ci.

Une étude plus complète sur les différents organes a été aussi menée montrant que :

- quel que soit l'organe étudié, le Chémotype méthyl chavicol présente une homogénéité quant à la composition chimique des HE;
- Les HE des feuilles et celles des tiges ont la même composition chimique pour le chémotype méthyl eugénol ;
- Les HE des feuilles et celles des tiges diffèrent pour le chémotype sabinène. Les HE des tiges renferment du méthyl chavicol à teneur importante dans les 20%. Nous avons préconisé que seules les feuilles exemptes de tiges peuvent être distillées pour que les HE aient la qualité requise dans la commercialisation.

Les pré-requis scientifiques apportés aux équipes de terrains constituant les opportunités existantes en matière de production durable d'huiles essentielles chémotypées de quelques espèces concernent :

- ✓ les caractéristiques biologiques des espèces *Ravensara aromatica* à l'est de Madagascar,

- ✓ la technique de grimpe et de prélèvement initiée aux collecteurs
- ✓ « Le sniffing », une technique à différencier les arbres par chémotype dans le but d'une meilleure valorisation des produits ciblés.

Des huiles essentielles des différents chémotypes ont été analysées par cette méthode afin d'identifier plus précisément les odeurs caractéristiques de chaque chémotype.

Cette analyse a été réalisée ici suivant la méthode AEDA (Aroma Extract Dilution Analysis). Selon cette méthode, le « facteur de dilution d'arôme» correspond à la dernière dilution pour laquelle la note olfactive est encore perçue. Leur représentation graphique permet la reconstitution d'un aromagramme qui donne une « image olfactive » de l'huile essentielle.

Les aromagrammes des différents chémotypes ainsi obtenus sont comparés aux chromatogrammes (voir Figures A à E). Les premiers constituent des « profils aromatiques » qui montrent clairement les « odeurs dominantes » du mélange tandis que les deuxièmes sont une représentation des teneurs relatives des différents constituants.

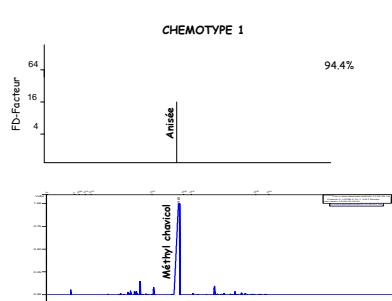
On obtiendra donc des profils différents si les différents constituants n'ont pas la même puissance olfactive (ce qui est souvent le cas), un composé minoritaire (en masse) pouvant donner une valeur élevée du facteur de dilution si son seuil de détection (concentration minimale de perception olfactive) est faible.

Le chémotype 1 (figure A) est caractérisé par l'odeur prononcée d'anis.

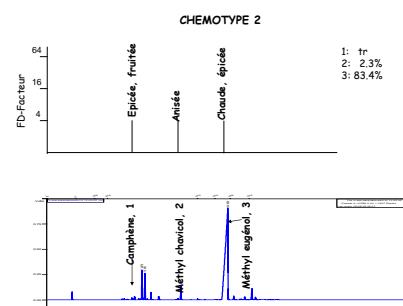
Malgré sa teneur élevée, le constituant majoritaire de l'huile de chémotype 2 (figure B), le méthyl eugénol, n'est que faiblement perçu au cours de l'analyse.

Avec le chémotype 3 (figure C), seuls les trois composés prépondérants (sabinène, α -terpinène et limonène) ont été clairement perçus, donnant un aromagramme au profil proche de celui du chromatogramme.

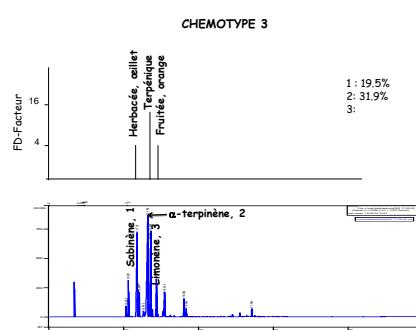
A



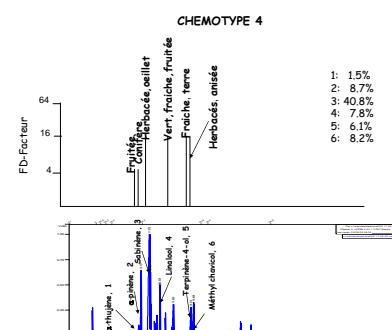
B



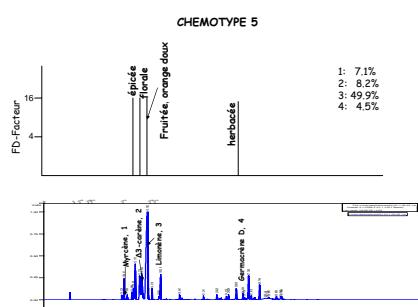
C



D



E



Figures A et B : aromagrammes et chromatogrammes des HE à structures aromatiques respectivement Chémotype méthyl chavicol et chémotype méthyl eugénol

Figures C, D et E : aromagrammes et chromatogrammes des HE à structures térpéniques respectivement chémotype a-terpénoïde, chémotype sabinène et enfin chémotype limonène

L'odeur persistante du méthyl chavicol, du linalol et du terpinèn-4-ol, bien que minoritaires, est perçue à forte dilution ; on obtient donc des valeurs de FD identiques à celle du composé majoritaire, le sabinène. En d'autres termes, l'association de ces quatre odeurs caractérise l'huile essentielle du chémotype 4 (figure D).

On retrouve le même phénomène pour l'huile essentielle de chémotype 5 (figure E), avec l'émergence olfactive, à côté du limonène, de 3 composés minoritaires : le myrcène, le germacrène D et le 3-3-carène.

- ✓ l'optimisation de la conduite de la distillation de feuilles (essais de démonstration et initiation pour une production optimale d'huiles essentielles chémotypées tant en quantité qu'en qualité) a été initiée aux membres de VOI producteurs d'HE.

Le scénario utilisé pour la valorisation du *Ravensara aromatica* a été adopté pour les autres espèces étudiées dont le *Cinnamosma fragrans* et *Cedrelopsis grevei*.

Conclusion

La variabilité chimique nuisant à la qualité des HE produites est, de nos jours, un atout grâce à la maîtrise des collectes du matériel végétal selon les chémotypes ciblés. Les pré-requis scientifiques nécessaires ont été construits par l'analyse de quelques espèces modèles. Ils concernent :

- ✓ la caractérisation biologique de *Ravensara aromatica* à l'est de Madagascar, du *Cinnamosma fragrans* dans la région Boeny et *Cedrelopsis grevei* sur le plateau Mahafaly et dans la région Boeny ;
- ✓ l'adaptation de techniques de grimpe et de prélèvement pour des collectes raisonnées de feuilles ou d'écorces ;
- ✓ la diffusion de la méthode de *sniffing*, permettant de différencier les arbres par leur chémotype (race chimique) dans le but de cibler les prélèvements en évitant tout gaspillage de la ressource ;
- ✓ l'optimisation de la conduite de la distillation pour une production d'huiles essentielles chémotypées.

L'ensemble de ces résultats peut être extrapolé à de nombreuses espèces pour la valorisation durable des ressources biologiques malgaches.

Références bibliographiques

Rakotobe M., Menut C., **Andrianoelisoa H.**, Rahajanirina V., Leong Pock Tsy JM, Rakotoarimanana, Ramavovololona V. and Danthu P. Bark essential oil of *Cedrelopsis grevei* from Madagascar. Investigation on steam distillation conditions. Chemistry & Biodiversity vol 11, 2014.

Andrianoelisoa H., Andriampeno T., 2013. Vade-mecum des bonnes pratiques de production durable et raisonnée d'huiles essentielles de *Ravensara aromatica*.

Andrianoelisoa H., Rakotondraolina H., Danthu P. Maîtrise de la production des huiles essentielles pour la restauration forestière : cas de *Ravensara aromatica*. FOREAIM, HAFATRA, Haitao momba ny Ala sy Fanarenana ny Ala ary Traikefa. La restauration forestière à Vohimana, 72-80 (2013).

Razafimahatrata S., Ibrahim A., **Andrianoelisoa H.**. Les filières des PFNL: Comparaison Niger (gomme arabique) – Madagascar (raphia et huiles essentielles), GESFORCOM, KAJIALA, TATTALI, DJEKABAARA, Valoriser les produits pour mieux conserver les forêts, tome 2: Comparaison Madagascar, Niger et Mali, Volume 1, Madagascar, 115-132 (2012).

Andrianoelisoa H., Razafindrianilana N., Ranaivoarisoa S., Andriampeno T., Linot M., Montagne P. Valorisation durable des huiles essentielles de deux espèces endémiques malgaches: Collecte, transformation et commercialisation, GESFORCOM, KAJIALA, TATTALI, DJEKABAARA, Valoriser les

produits pour mieux conserver les forêts, tome 1: Les expériences nationales, Volume 1 Madagascar, 71-86 (2012).

Andrianoelisoa H. S., Menut C., Danthu P., *Ravensara aromatica* ou Ravintsara : une confusion qui perdure parmi les distributeurs d'huiles essentielles en Europe et en Amérique du Nord. Phytothérapie (2012) 10:161-169.

Andrianoelisoa H.S., Menut C., Ramanoelina P., Raobelison F., Collas de Chatelperron P., Danthu P. Chemical composition of essential oils from bark and leaves of individuals trees of *Ravensara aromatica* Sonnerat. J Essent Oil Res 22: 66-70 (2010).

Andrianoelisoa H.S., Menut C., Bry X., Danthu P. Poster : Huile de *Ravensara* Vs Huile de *Ravintsara* (2009), Poster Symposium International d'Aromathérapie et de plantes médicinales à Grasse, France.

Andrianoelisoa H.S., Menut C., Danthu P. Poster : Distribution of highlighted chemotypes of *Ravensara aromatica* essential oils, on their repartition areas (2009) 40th International Symposium Essential Oils, Italy.

Randrianarivelo R., Sarter S., Odoux E., Brat P., Lebrun M., Romestand B., Menut C., Andrianoelisoa H. S., Raherimandimby M., Danthu P. Composition and antimicrobial activity of essential oils of *Cinnamosma fragrans* Food Chem. 2009, 114, 680

Rakotobe M., Menu C., **Andrianoelisoa H. S.**, Rahajanirina V., Collas de Chatelperron P., Roger E., Danthu P., The bark essential oil composition and chemotaxonomical appraisal of *Cedrelopsis grevei* H. Baillon from Madagascar (2008). Natural Product Communications 2008, 3 (7), 1145.

Andrianoelisoa H.S., thèse : Etude de la variabilité des huiles essentielles de *Ravensara aromatica* Sonnerat. Prescription pour une gestion durable de cette espèce endémique malgache ; Université Montpellier II, 2008.

Andrianoelisoa H.S., Menut C., Collas de Chatelperron P., Ramanoelina P., Danthu P. (2006) Intraspecific chemical variability and highlighting of chemotypes of leaf essential oils from *Ravensara aromatica* Sonnerat, a tree endemic to Madagascar. Flavour Frag J 21: 833-838.

43. La faune du sol : une biodiversité cachée mais précieuse pour un développement durable

Malalatiana RAZAFINDRAKOTO, Andry Andriamananjara, Heritsitoaina Razakamanarivo, Michel Rabenarivo, Lilia Rabeharisoa, Tovonarivo Rafolisy, Marie Paule Razafimanantsoa, TantelyRazafimbelo, Jean Trap, Laetitia Bernard, Eric Blanchart, Patricia Ranoarisoa, Onja Ratsiatosika , Kanto Razanamalala , Fanilo Andrianisaina , Eric Randrianasolo, Koloina Rahajaharilaza, Sariaka Rahariaon.

Laboratoire des RadioIsotopes, Université d'Antananarivo (LRI) / Institut de Recherche pour le Développement (IRD)

Dans l'ouvrage, « l'Histoire naturelle de Madagascar », édité par Goodman et Benstead en 2003, montre que la faune du sol appartient au groupe des invertébrés et est très peu considérée. L'accent a été mis sur l'étude des groupes épigés telle : les Insectes, les Arachnides, les Diplopodes. En revanche, la biodiversité du sol, majoritairement composée d'invertébrés de petite taille, représente une extraordinaire richesse d'espèces, malheureusement peu considérée. Les différents niveaux de cette biodiversité (des gènes aux écosystèmes) et les multiples interactions existant au sein de (ou entre) ces niveaux de biodiversité, assurent le bon fonctionnement des écosystèmes et fournissent les **biens et les services écosystémiques**(SE), nécessaires à l'humanité (Millenium Ecosystem Assessment, 2005). Cette biodiversité est ainsi une composante majeure du développement durable des écosystèmes terrestres. Beaucoup de groupes taxonomiques d'invertébrés du sol sont bénéfiques. La diversité de la macrofaune du sol peut être utilisée, à la fois, comme outil de diagnostic de la fertilité et comme ressource pour améliorer le fonctionnement du sol (Blanchart et al., 2006 ; Lavelle et al., 2006). Les macrofaunes considérés en tant qu'ingénieur du sol, par exemple les vers de terre qui participent à la décomposition des matières organiques, le recyclage de nutriment ou même, ils maintiennent la propriétés physique du sol favorable aux plantes (Lavelle et al., 1997). Les organismes des sols contribuent grandement à ces différents processus. Les mécanismes font intervenir de très nombreux organismes de taille très variable, depuis la microfaune, tels que les nématodes, jusqu'à la macrofaune incluant les vers de terre ou les larves de Coléoptères.

Pour un pays comme Madagascar dont le taux de la pauvreté s'élève jusqu'à 92% et 80% de la population pauvre du pays travaillent dans les filières agricoles (Minten et al., 2003), les biens et les services offerts par ces biodiversité sont précieux. La biodiversité du sol qui représente ¼ de l'espèce de la planète terre participe beaucoup au développement durable à travers des multiples interactions qui existent entre eux (fig 1).



Fig 1 : Schémas des interactions entre la faune du sol et les services écosystémiques offerts

Les macrofaunes du sol, couramment appelés **Ingénieur du sol**, participent à la création des différentes galeries qui assurent la régulation de l'eau. Ces galeries aident la terre à retenir ou à évacuer l'eau. Le sol a la capacité de purifier l'eau grâce à ces habitants, les microfaunes qui décontaminent les polluants et rendent l'eau à la fois propre et sûre. Plus il y a de biodiversité dans le sol, plus la qualité de cette fonction s'améliore. Les vers de terre, malgré ses apparences moues et gluantes sont les principaux acteurs de ces œuvres. Ils participent à des innombrables fonctions et bienfaisantes pour l'écosystème terrestre. Ils libèrent des déjections riches en nutriment nécessaire pour le développement des plantes. C'est pourquoi on considère généralement que les ingénieurs du sol sont des composantes essentielles à la qualité du sol et leurs abondance et diversité ont été proposées comme des bioindicateurs de la santé des écosystèmes (Paoletti, 1999, Ruiz et al., 2011). Le laboratoire des RadioIsotopes (LRI), en partenariat avec l'UMR Eco&Sols a développé des projets de recherche pour connaître les processus de fonctionnement biologique du sol, en se focalisant sur les rôles fonctionnels de la faune du sol et pour établir une restauration de la productivité des agrosystèmes ou dans la réhabilitation de terres dégradées. Les dégradations physiques, chimiques, biologiques sont très répandues et résultent généralement de l'intensification de pratiques culturales (travail du sol trop intense, manque d'apports de matière organique, etc.), d'une gestion non durable de la fertilisation ou d'une exploitation non durable des ressources.

Nous avons adopté la méthode directe en inoculant la macrofaune du sol, soit dans des cosmés, soit dans les parcelles d'expérimentation.

Le macrofaune choisi a été les vers de terre puisque l'élevage des autres faunes est difficile, lent, voire impossible, notamment pour les espèces de termites (Jouquet et al., 2011). On sait que l'introduction des vers de terre dans un milieu donné peut améliorer la production et le rendement agricole. L'exemple le plus remarquable en zone tropicale est celui des plantations de thé en Inde du Sud où l'incorporation simultanée de vers de terre, de résidus de taille de thé et de fumier dans des fossés creusés entre les rangs de théiers a permis une augmentation des rendements (production de feuilles vertes) atteignant 275% (supérieure à l'augmentation observée avec des engrains seuls) et des bénéfices de l'ordre de 5.500 \$ par hectare en 1991 (Senapati et al., 1999).

La biodiversité du sol participe non seulement sur l'amélioration du système agricole mais aussi sur la fonction alimentation et pharmaceutique. Les macrofaunes du sol peuvent être utilisés comme appât pour la pêche ou même des alimenterations pour les volailles. En Chine, des produits pharmaceutiques ont été fabriqué à base de vers de terre.

A Madagascar, l'étude de ces faunes du sol est encore moins visible sur le plan de recherche scientifique. En 2008, le projet Faune-M () a pu continuer une recherche sur les vers de terre de Madagascar qui ont été endormi depuis 1931. Durant ce projet, nous avons pu identifier plus de 8 nouvelles espèces de vers de terre qui appartiennent à une famille entièrement endémique de l'île « la famille KYNOTIDAE ». Parmi ces nouvelles espèces, un remarquable géant qui vit sous la terre a pu être identifié. C'est l'espèce Kynotus giganteus, un ver géant mesurant 1m80 de longueur (Razafindrakoto et al, 2011). Malgré l'effort mis dans ce projet, nous n'avons pas pu couvrir que le

1/4 de la surface de Madagascar et on pu répertorier environ 35 espèces de vers de terre. Pourtant, en estimant avec sa superficie de 587041 km², l'île peut contenir environ 200 espèces de vers de terre.

Cette biodiversité est l'un de moteur qui peut nous conduire vers un développement durable car elle participe au moins à sept objectifs :

- Pas de pauvreté et Faim zéro car les faunes du sol peuvent fournir des amendements organique facilement disponible pour les petits paysans pour améliorer la fertilité du sol et augmenter le rendement agricole.
- Eau propre et assainissement, car les macrofaunes avec ces galeries participe au stockage et purification de l'eau.
- Mesure relatif à la lutte contre les changements climatiques car la biodiversité du sol participe au stockage de carbone via la transformation des matières organiques en humus qui va diminuer l'émission de CO₂ puis la régulation du gaz à effet de serre qui conduit jusqu'à la régulation du climat mondial.
- L'amélioration de la vie terrestre car les divers interactions qui existent entre les différents niveaux de ces organismes offrent des biens et des services écosystémique qui assurent le bon fonctionnement de l'écosystème terrestre.
- Et enfin, bonne santé et bien être car certains espèces qui vivent dans le sol peuvent être utilisé pour fabriquer des médicaments et les organismes du sol module les paysages terrestre pour nous offrir des structures merveilleuses à voir dans la nature.

La complexité de la biodiversité des sols et les menaces auxquelles elle est confrontée sont nombreuses et nous devons relever les défis pour surmonter le manque généralisé de compréhension de ce monde sous nos pieds; Il faut soutenir les recherches; Et nous avons besoin de politiques visant à protéger le sol et la biodiversité des sols. La connaissance de la vie des sols peut être améliorée parmi les décideurs politiques, Les conservateurs et le public en général (the factory of life, 2010).

Références :

- Goodman S.M. & Benstead J.P., 2003. The Natural History of Madagascar. The University of Chicago Press.
- Blanchart E., Villenave C., Viallatoux A., Barthès B., Girardin C., Azontonde A & Feller C. 2006. Long-term effect of a legume cover crop (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) on the communities of soil macrofauna and nematofauna, under maize cultivation, in southern Benin. European Journal of Soil Biology, 42: 136-144.
- Lavelle P., Decaëns T., Aubert M., Barot S., Blouin M., Bureau F., Margerie P., Mora P. & Rossi J.P. 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. European Journal of Soil Biology, 42: S3-S15.
- Lavelle P., Bignell D. & Lepage M. 1997. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. European Journal of Soil Biology 33: 159-193.
- Paoletti M. 1999. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. Agriculture, Ecosystems and Environment, 74: 137-155.
- Ruiz N., Mathieu J., Célini L., Rollard C., Hommay G., Iorio E. & Lavelle P. 2011. IBQS: A synthetic index of sail quality based on sail macro-invertebrates communities. Soil Biology and Biochemistry, 43: 2032-2045.
- Jouquet P., Traoré S., Choosai C., Hartmann C. & Bigne" D. 2011a. Influence of termites on ecosystem functioning : ecosystem services provided by termites. European Journal of Soil Biology, 47: 215-222.
- Senapati B., Lavelle P., Giri S., Pashanasi B., Alegre J., Decaëns T., Jimenez J.J., Albrecht A, Blanchart E., Mahieu M., Rousseaux L., Thomas R., Panigrahi PX & Venkatachalam M. 1999. Insail earthworm technologies for tropical ecosystems. In Lavelle P., Brussaard L. & Hendrix P. (eds) Earthworm management in tropical agroecosystems. CABI Publishing, 199-238.
- Razafindrakoto M., Csuzdi C. & Blanchart E,(2011). Big Earh worm of Madagascar (Oligochaeta); African Invertebrate, 2011
- The factory of lif. © European Union, 2010.
- Millennium Ecosystem. Assessment (MA), published in 2005.

Minten B., Randrianarisoa J.-C. et Randrianarison L., 2005. Agriculture, Rural, Poverty and Economic Policy in Madagascar, FOFIFA, Cornell University, Ithaca

44. Activité anti hypertensive du flavonoïde de *Voandzeia subterranea* L.

RAKOTOARIVELO Volatsinana Voahangiarinivo – CIDST

Pr Raharisololao Amélie¹, Pr Rasoanaivo Léa¹, Dr Ratsimbason Michel², Andriamamonjisoa Dimbiniala²

¹Laboratoire de Chimie des Substances Naturelles et de Chimie Organique Biologique - ²CNARP Partenaires : Université de Glasgow, Chimie des Substances Naturelles du CNRS France

I- Introduction

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation des plantes médicinales malgaches.

Les études faites, en matière de santé à Madagascar, ont révélé que l'hypertension artérielle se place au premier rang des formes étiologiques d'affections cardio-vasculaires [1]. Elle constitue 35.27 % des motifs d'hospitalisation, soit 60.08 % des affections cardio-vasculaires. Actuellement, l'hypertension artérielle est en nombre croissant [2][3]. Affectant la population urbaine et même rurale âgée de plus de 35 ans, elle est l'un des facteurs de risque de mortalité, laquelle représente 18 % de tous les décès et de morbidité cardio-vasculaire [4]. Or tous les aspects de l'examen et du traitement de l'hypertendu requièrent de l'argent. Faute de moyens financiers, la majorité des malgaches surtout la population rurale ne peut pas se procurer de médicament. Parfois, elle a recours aux plantes médicinales.

Conscients de la gravité de la maladie et en conformité avec les Grandes Orientations de la Politique Nationale de Santé à Madagascar paragraphe IX [5], l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) et le Ministère de la Santé ont défini comme étant une des priorités la lutte contre les maladies cardio-vasculaires plus particulièrement l'hypertension [6]. C'est dans cette optique, qu'il est envisagé, dans le cadre de ce travail, d'étudier du point de vue chimique et biologique la plante de culture *Voandzeia subterranea* L. (voanjobory) de la famille des Fabaceae.

Cette étude vise à isoler et identifier les molécules (principes actifs) des feuilles et tiges de la plante, vérifier son activité anti hypertensive dans le but d'améliorer l'état de santé des hypertendus malgaches au moindre coût et de limiter ainsi le taux de mortalité.

II- Matériels et méthodes

Matériels biologiques

La plante *Voandzeia subterranea* L. (voanjobory) a été sélectionnée à partir d'une enquête ethnobotanique auprès des guérisseurs et de la population aux environs d'Antananarivo. Elle a été récoltée à Ambohidava - Ambatolampy - Ambohidratrimo.

Le test biologique a été réalisé à l'aide d'un fragment de 2cm d'aorte de rat adulte de 300 g découpée en spirale tendu et ficelé aux deux bouts dans une cuve aérée au carbogène maintenue à 37°C et renfermant de la solution physiologique de Krebs. Le matériel est muni d'un capteur isotonique et d'un enregistreur de contractions, la vitesse de l'enregistreur est de 2mm / mn et la sensibilité de l'appareil de 2.2 'Ω.

Matériel technique

La chromatographie sur couche mince est réalisée sur des plaques de polyamide dans un système de solvant pour vérifier la présence et l'état de pureté des produits. Les chromatogrammes ont été visionnés sous la lampe de Wood type Caution à la longueur d'onde 365 nm. Le fractionnement et l'isolement de l'extrait butanolique ont été effectués par chromatographie sur colonne de silice dans un solvant d'élution. La structure moléculaire des composés bioactifs a été déterminée par la spectroscopie de résonance magnétique nucléaire RMN à une dimension et RMN à deux dimensions. Les spectres de résonance magnétique nucléaire sont enregistrés en France, en Allemagne et à Glasgow sur des appareils de type Bruker, DPX 400.

Extraction

Le criblage phytochimique a été réalisé pour connaître les familles chimiques des métabolites secondaires que la plante a élaborés au cours de son évolution.

L'extraction des produits se fait à l'aide des solvants de polarité croissante.

- La poudre des feuilles sèches de voanjobory (650 ± 1 g) est macérée dans de l'éthanol à 85% pendant 4 jours, après filtration puis évaporation, l'extrait éthanolique est obtenu. Ce dernier est

reprise par l'eau bouillante puis refroidi. La solution aqueuse est épuisée, dans une ampoule à décanter, successivement par l'hexane, le dichlorométhane, l'acétate d'éthyle et le butanol. Quatre extraits bruts de Voanjobory (feuilles) ont été ainsi obtenus l'extrait hexanique, l'extrait d'acétate d'éthyle, l'extrait chloroformique, l'extrait butanolique.

- 7g de l'extrait butanolique sont ensuite séparés par chromatographie sur colonne de silice (150g). Le solvant d'élution utilisé est le dichlorométhane en gradient avec le méthanol. Les fractions d'éluat recueillies sur des flacons de 8ml sont contrôlées en ccm de polyamide dans le système de solvant butanol / acide acétique / eau dans les proportions en volume 4 / 1 / 5.

III- Résultats et discussions

Extraction

Les résultats de l'extraction des feuilles de voanjobory sont consignés dans le tableau1.

Tableau 1 : Rendement des extractions de la poudre des feuilles de *Voandzeia subterranea* L.

Extrait	Quantité	rendement
Extrait hexanique	(22,80 ±0,01) g	3,51%
Extrait d'acétate d'éthyle	(0,45 ±0,01) g	0,07%
Extrait chloroformique	(0,23 ±0,01) g	0,04%
Extrait butanolique	(14,55 ±0,01) g	2,24%

Criblage phytochimique

Pour connaître les différentes classes chimiques présentes dans l'extrait hydroalcoolique, ce dernier est soumis à un test de criblage phytochimique. Les alcaloïdes, les tanins, les composés réducteurs sont absents dans l'extrait hydroalcoolique, par contre les flavonoïdes se trouvent en quantité très abondante et les terpenoïdes, les coumarines, les saponines en quantité abondante. Pour bien cibler l'extrait à fractionner, chaque extrait est encore soumis au criblage phytochimique. Les flavonoïdes sont en quantité très abondante dans l'extrait butanolique.

Fractionnement et isolement de l'extrait butanolique

En utilisant comme éluant, le dichlorométhane en gradient avec le méthanol, 446 fractions d'éluat de 8ml sont obtenues lors du fractionnement de (7±0,01) g d'extrait butanolique. Les fractions 259-353 élues par le mélange CH₂Cl₂ / CH₃OH dans les proportions en volume 75 / 25 ont donné (90 ± 0,01) mg de produit pur noté RV2 avec un rendement de 1,125%. Les fractions 353-446 élues par le mélange CH₂Cl₂ / CH₃OH dans les proportions en volume 70 / 30 donnent RV2 mélangé avec un autre produit noté RV3. Le produit RV3 est obtenu par séparation successive du mélange de produits RV2 - RV3 à l'aide d'une mini-colonne de silice utilisant d'abord comme solvant d'élution le dichlorométhane, ensuite le méthanol (obtention de RV2) enfin le butanol (obtention de RV3). La quantité de RV3 est de (60 ± 0,01) mg avec un rendement de 0,85 %. RV2 se présente sous forme de poudre jaune, soluble dans le méthanol ; son aspect en ccm est sous forme de mono tache jaune à l'œil nu et en examinant sous UV à λ=365 nm la tache a une fluorescence brune mate, le rapport frontal Rf = 0,625 dans le système de solvant : butanol / acide acétique / eau (4/1/5), avec un test flavonoïde positif (coloration orange). RV3 est sous forme de poudre jaune orangé, soluble dans le butanol ; son aspect en ccm est sous forme de tache jaune à l'œil nu, sous UV à λ=365 nm fluorescence brune mate, Rf (rapport frontal) = 0,57 dans le système de solvant butanol/acide acétique/eau 4/1/5, le test flavonoïde est positif avec présence de coloration orange.

Détermination de structure de RV2

Caractéristiques spectrales :

Spectre RMN ¹H (MeOD, 400.2044712 MHz) δ ppm

8,10 (2H, d, J = 8,8 Hz) ; 6,92 (2H, d, J = 8,8 Hz) ; 6,78 (1H, d, J = 2,1Hz) ; 6,48 (1H, d, J = 2,1Hz) ; 5,59 (1H, d, J = 7 Hz) ; 5,36 (1H, d, J = 7 Hz) ; 4,05 (1H, m) ; 3,83 (1H, m) ; 3,71 (1H, m) ; 3,57 (1H, m) ; 3,53 (1H, m) ; 3,47 (1H, m) ; 3,45 (1H, m) ; 3,42 (1H, m) ; 3,24 (1H, m) ; 1,24 (1H, m).

Spectre RMN ¹³C (MeOD, 100.6126261 MHz) δ ppm

179,7 (Cq) ; 163,5 (Cq) ; 162,9 (Cq) ; 161,7(Cq) ; 159,6 (Cq) ; 158,06 (Cq) ; 135,6 (Cq) ; 132,4 (CH) ; 122,6 (Cq) ; 116,16 (CH) ; 103,6 (CH), 100,6 (CH) ; 99,8 (CH) ; 95,6 (CH) ; 78,5 (CH) ; 78,01 (CH) ; 75,7 (CH) ; 73,5 (CH) ; 72,06 (CH) ; 71,7 (CH) ; 71,4 (CH) ; 71,28 (CH) ; 62,62 (CH₂) ; 18,09 (CH₃).

SpectreRMN à 2D

- Corrélation ¹H – ¹³C HSQC
- Corrélation ¹H – ¹³C HMBC

- Corrélation ^1H – ^1H COSY

L'exploitation et l'analyse concertées des spectres RMN ^1H , RMN ^{13}C , DEPT 135, COSY, HSQC, HMBC donnent la structure de la molécule.

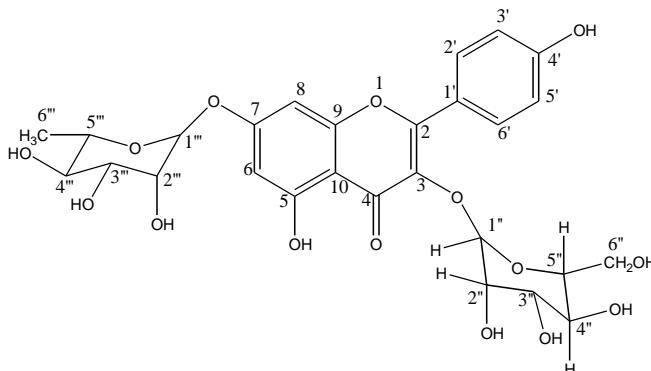


Fig. 1 : Kaempferol -3O-glucosyl-7-O-rhamnoside plus précisément Kaempferol 3-O- β -D-glucosyl-7-O- α -L-rhamnoside

Activité du flavonoïde

- La contraction de l'aorte isolée du rat adulte est provoquée par ajout cumulatif de la noradrénaline (amine hypertensive) allant de 10^{-9}M à 10^{-6}M (10^{-9}M , 3.10^{-9} M , 10^{-8}M , 3.10^{-8}M , 10^{-7}M , 10^{-6}M) jusqu'à l'obtention d'un plateau de contraction. Ensuite, l'organe est rincé toutes les 20 mn pendant 1h30mn pour le retour à l'état d'équilibre original de l'organe. - La contraction cumulative de l'organe est refaite avec la noradrénaline à des concentrations variant de 10^{-9}M à 10^{-6}M . Le plateau de contraction atteint, le flavonoïde est ajouté à une concentration de 0,1 mg / ml. Tout de suite, l'aorte isolée du rat précontractée par la noradrénaline est relâchée. [CNARP]

Discussion

Etant une amine hypertensive, la norépinephrine agit de manière lente sur l'artère aorte (muscle lisse). Elle provoque sa contraction qui diminue le diamètre de l'aorte (vaisseau sanguin). La contraction de ce vaisseau va diminuer le débit sanguin, dans les différents organes et va provoquer l'augmentation de la pression artérielle.

Le flavonoïde Kaempferol 3-O-glucosyl-7-O-rhamnoside isolé du *Voanjobory* a un effet qui relâche l'aorte isolée du rat. Il a donc un effet qui augmente le calibre de l'aorte par élongation de ses fibres musculaires lisses. C'est donc un vasodilatateur. Par définition, un vasodilatateur est une substance qui permet de dilater les vaisseaux sanguins, en relâchant les muscles lisses des parois de ces vaisseaux. Or un vasodilatateur est classé parmi les médicaments anti hypertensifs.

IV- Conclusion

L'homme récolte les graines de voanjobory pour son alimentation et jette les feuilles. Pourtant, ces dernières ont une activité biologique intéressante. A l'issue du fractionnement et de l'isolement de l'extrait butanolique des feuilles du *Voandzeia subterranea L.*, deux produits purs, le flavonoïde Kaempferol 3-O-glucosyl-7-O-rhamnoside en grande quantité et un autre flavonoïde en quantité non négligeable ont été obtenus. La première molécule a provoqué le relâchement immédiat de l'aorte isolée d'un rat précontractée préalablement par de la noradrénaline agissant sur le récepteur α -adrénergique. Le flavonoïde est doué d'une activité vasodilatatrice. L'usage traditionnel du voanjobory comme anti hypertenseur par certains guérisseurs malgaches peut s'expliquer scientifiquement par cette propriété. Cette dernière conférerait à la plante une activité anti hypertensive chez l'homme. Une exploitation rationnelle des résultats de nos recherches contribuerait à améliorer l'état de santé de la population, cette dernière pourrait ainsi participer davantage au développement de Madagascar.

Références bibliographiques

<http://www.madagascar-tribune.com/24-desadultes-hypertendus7258html> (juin 2008)

Randimbiarisoa, Norovelo.-Forme clinique de l'hypertension artérielle en milieu hospitalier et en consultation externe.-Antananarivo : 1993.-91p. (Thèse d'Etat de Médecine).

CHRR d'Ambositra : Les hypertendus en augmentation.-In : Midi Madagasikara, n° 7982, p.4.- Nov. 2009.

Randriamanampizafy, Marie Claude.-Contribution à l'étude de l'hypertension artérielle et des lipoprotéines chez les Malgaches (à propos de 77 cas).-Antananarivo : 1988, 100p (Thèse d'Etat de Médecine).

Organisation Mondiale de la Santé.-La prévention dès le jeune âge des maladies cardiovasculaires de l'adulte : il est temps d'agir.-Genève : OMS, 1990.-117 p.-Organisation Mondiale de la Santé, Série de rapports techniques n°792.

République de Madagascar. Ministère de la Santé.-Politique Nationale de Santé.-Antananarivo : Imprimerie Nationale, 1998.-71 p.

45. Compositions chimiques et activités biologiques des huiles essentielles de *Pelargonium radula* et *Pelargonium tomentosum* cultivées à Ambatofinandrahana – Madagascar

Claudine Aimée RASOLOHERY^{(a)(b)}, Jean Michel RAZAFIMAHARAVO^(a), Rahanira RALAMBONDRAHETY^(a), Michel GUENARD^(c), Marcelle RAKOTOVAO^(a)

^(a)Laboratoire de Chimie et de Valorisation des Produits Naturels, Université d'Antananarivo

^(b)Laboratoire Plante Santé Fianarantsoa ^(c) UFR Sciences Pharmaceutiques et Ingénierie de la Santé. Université d'Angers.

Résumé

Les huiles essentielles obtenues par hydrodistillation des parties aériennes fraîches des *Pelargonium radula* et *Pelargonium tomentosum* (GERANIACEAE), cultivées à Ambatofinandrahana - Madagascar, ont été analysées par Chromatographie couplée avec la Spectrométrie de masse (CPG/SM). Les principaux constituants de ces huiles sont de citronellol (63%) pour *Pelargonium radula* et la menthone (64%) pour *Pelargonium tomentosum*.

Les activités antimicrobiennes des deux huiles essentielles ont été évaluées sur 8 souches : l'huile essentielle de *Pelargonium* s'est avérée active sur 4 de Gram (+) et 3 de Gram (-), et celle de *Pelargonium tomentosum* sur 2 de souche de Gram (+) et 1 de Gram (-).

L'huile essentielle de *Pelargonium radula* est deux fois plus active sur *Candida albicans* que celle de *Pelargonium tomentosum*. Des résultats positifs ont été obtenus dans les tests préliminaires d'activités antioxydantes avec le DPPH, de deux huiles.

La taxonomie du genre *Pelargonium* est complexe. Elle rapporte des synonymes pour certaines espèces de *Pelargonium* en exemples : *Pelargonium radula*, *Pelargonium graveolens*, *Pelargonium roseum*. Les rendements en huile essentielle des deux cultivars d'Ambatofinandrahana, leurs caractères physicochimiques, ainsi que leurs compositions chimiques ont été comparés entre eux, puis avec ceux des normes AFNOR et des mêmes espèces mais originaires d'autres pays. Cette approche a été effectuée sur la base de données bibliographiques et des noms synonymes reconnus. Au vu des résultats, les hypothèses de « chemotype citronellol » et « chemotype menthone » peuvent être avancées respectivement pour les cultivars *Pelargonium radula* et *Pelargonium tomentosum* d'Ambatofinandrahana.

Mots-clés : GERANIACEAE, *Pelargonium*, huile essentielle, compositions chimiques, activités, chemotypes

I- Introduction

Des espèces de *Pelargonium* (GERANIACEAE) sont reconnues pour leurs utilisations notamment, dans le domaine de la médecine traditionnelle, pour les traitements curatif ou palliatif de diverses maladies telles que la diarrhée, la dysenterie, la fièvre, les inflammations, les infections respiratoires, les hémorragies (1). De nos jours, le recours aux plantes médicinales est en plein essor. Par ailleurs, la richesse de la biodiversité de Madagascar en ces végétaux, auxquels s'ajoutent ceux emportés (2), ne demande qu'à être exploitée.

Dans le domaine des cosmétiques et de la parfumerie, plusieurs espèces de *Pelargonium* sont rassemblées dans le « groupe rosat » à cause de leur odeur de rose (3) (4).

En aromathérapie, des propriétés antimicrobienne, antifongique, antioxydante et même anticancéreuse ont été détectées dans des huiles essentielles de *Pelargonium* (5), (1).

Toutes ces raisons ont constitué, entre autres, des motivations pour cultiver deux de *Pelargonium*, dans la région d'Ambatofinandrahana, sur la partie Est des hauts plateaux de Madagascar où l'environnement et la culture ont été démontrés favorables (7).

Des objectifs ont été fixés pour soutenir ce choix :

Extraire les huiles essentielles des deux cultivars, les caractériser, en identifier les constituants chimiques ; et évaluer leurs activités antimicrobienne, antifongique et antioxydante, ce à des fins de pouvoir les exploiter ultérieurement.

Comparer les compositions chimiques des mêmes espèces mais provenant de pays différents, en tenant compte des données de la littérature et des synonymes des noms des plantes, une approche dans la détermination d'éventuels chemotypes probables.

II- Matériels et méthodes

2.1 Matériels végétaux

Les *Pelargonium* retenus pour le présent travail ont été : *Pelargonium radula* (synonyme : *Pelargonium graveolens* (8) = *Pelargonium roseum*) et *Pelargonium tomentosum*.

Les cultivars provenaient de boutures d'Angers (France), gardées en pots, en contact avec de la terre d'Ambatofinandrahana jusqu'à leur collecte. Cette dernière opération a été effectuée en période après la floraison ayant pris soin de la faire très tôt le matin (6).

2.2 Extraction des huiles essentielles des deux cultivars

Le lieu d'extraction étant éloigné d'Ambatofinandrahana. L'extraction a été effectuée un jour après la récolte. L'hydrodistillation (9) des parties aérienne, utilisant un appareil de clevenger avec un essencier pour huile légère a été mise à profit. Plusieurs opérations de 2 heures ont été nécessaires afin de collecter des quantités suffisantes pour les expériences programmées. A chaque expérience 200g de matériels frais ont été utilisés.

2.3 Analyse des huiles essentielles

- Propriétés organoleptiques :

Les propriétés organoleptiques telles que la couleur, l'aspect, l'odeur des huiles essentielles ont été déterminées juste après l'hydrodistillation.

- Caractéristiques physiques et chimiques

Les mesures de la densité relative à 20°C, l'indice de réfraction, les indices d'acide (IA) et d'ester (IE) ont été réalisées selon le protocole général des normes AFNOR (9).

- Analyse chromatographique des huiles essentielles

La Chromatographie, en Phase Gazeuse, coupée à la Spectrométrie de Masse (CPG/SM) a été mise à profit selon les conditions opératoires système GC-MSQP 2010 – SE de SHIMADZU. La séparation des analytes a été effectuée sur une colonne ZB – 5 (5%-phényl - 95% - diméthylpolysiloxane) : (30m x 0,25mm x 0,25µm). De l'hélium a été utilisé comme gaz vecteur. Les huiles essentielles ont été diluées en 1/50^{ème}. Le volume d'injection (slip ratio) est de 3µL avec la température de l'injecteur à 200°C, la pression 50kPa et l'énergie d'ionisation 70eV. Les résultats ont été comparés avec ceux de la base de données : NIST11 et FFNSC2.

2.4 La détermination des activités biologiques des huiles essentielles.

La méthode de diffusion sur gélose ou méthode de disques a été utilisée pour déceler la sensibilité des souches microbiennes vis-à-vis des deux huiles essentielles à tester. Les souches sélectionnées pour les tests sont : *Bacillus cereus* (ATCC 13061), *Staphylococcus aureus* (ATCC 11632), *Streptococcus pneumoniae* (ATCC 6301), *Escherichia coli* (ATTC 25922), *Salmonella enterididis* (ATTC 700323), *Klebsiella oxytoca*, *Enterobacter cloacae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*.

Chaque souche est revivifiée dans 9ml de bouillon nutritifs puis incubée à 37°C pendant 18 à 24h. Ensuite, une ansée de cette culture est ensemencée en stries sur une boite de Pétri contenant du milieu gélose nutritif solide pour les bactéries et sur milieu Sabouraud pour levure. La culture est incubée à 37°C pendant 24h afin d'obtenir des colonies jeunes et isolées.

L'inoculum a été préparé en comparant avec la solution 0,5 Mc Ferland afin d'obtenir une concentration finale de 10⁶ UFC/ml après incorporation dans le milieu Muëller Hinton.

L'ensemencement a été effectué puis séché dans une étuve à 37°C pendant 15mn. Pour chaque huile essentielle, deux disques stériles de 6 mm de diamètre sont imprégnés de 10µl d'huile essentielle dilués dans l'éthanol 50%. Les disques sont ensuite séchés pendant 15mn dans une étuve à 37°C, puis déposés sur la culture. Une incubation à 37°C est effectuée pendant 48h pour chaque espèce bactérienne. Pour le cas d'un champignon, deux, expériences d'incubation ont été menées : l'une durant 48h et l'autre 96h chacune des manipulations a été répétée trois fois.

- Test préliminaire d'activité antioxydante des huiles essentielles.

Pour le test antioxydant, la méthode de Takao et al., (11) a été utilisée

III- Résultats et discussions

Rendements d'extraction

Tableau I: Rendement en huile essentielle de *géranium rosat*

Pays	Madagascar Ambatofinandrahana		Afrique du Sud		La Réunion	Norme AFNOR
Espèce	<i>Radula</i>	<i>tomentosum</i>	<i>radula</i>	<i>tomentosum</i>	<i>aspernum</i>	<i>roseum</i>
Rendement*	0,47	0,16	0,69	0,27 ^(a)	0,21 ^(b)	0,08 – 0,16
Référence	Notre étude		[10]		[19]	AFNOR [8]

* : rendement en %

(a) : source : Stellenbosch Botanical Garden (b) : source : Walter Sisulu Botanical Garden

Selon les valeurs du tableau I, le rendement en huile essentielle de *Pelargonium radula* est le triple de celui de *Pelargonium tomentosum*. La comparaison des rendements en huile essentielle des deux cultivars d'Ambatofinandrahana avec ceux d'autres *Pelargonium* pris en exemples a montré que le rendement en huile essentielle de *Pelargonium radula* d'Ambatofinandrahana (0,47%) est inférieur à la valeur (0, 69%) pour la même espèce d'Afrique du sud, mais supérieur aux pourcentages donnés par les normes AFNOR. Pour le cas de *Pelargonium tomentosum* d'Ambatofinandrahana, la valeur du rendement en huile avoisine le double de celle de l'Afrique du sud (9) (10).

Caractéristiques organoleptiques

Le tableau II résume les résultats obtenus.

Tableau II : Propriétés organoleptiques des huiles essentielles de *Pelargonium radula* et *Pelargonium tomentosum*

La différence notable entre les huiles, celles d'Ambatofinandrahana et de *Pelargonium roseum* prise

Propriétés	<i>Pelargonium. Radula</i> d'Ambatofinandrahana	<i>Pelargonium tomentosum</i> d'Ambatofinandrahana	<i>Pelargonium roseum</i> Norme AFNOR
Aspect	Liquide, limpide	Liquide, limpide	Liquide mobile, limpide
Couleur	Jaune clair	Incolore	Jaune ambré à jaune verdâtre
Odeur	Odeur forte de citron	Odeur forte de menthe	Rosée ± menthée
Référence	Notre étude		AFNOR [9]

en référence (AFNOR), est au niveau des couleurs et des odeurs. On constate que l'odeur de rose, caractéristique des huiles essentielles des plantes du « groupe rosat » n'est pas sentie.

Caractéristiques physico-chimiques

Elles sont rapportées sur le tableau III.

Tableau III : Caractéristiques physico-chimiques

Caractéristiques	P. radula Ambato.	P. tomentosum Ambato.	P. graveolens Comores	P. graveolens France	P. roseum AFNOR
Densité	0,889	0,910	0,892	0,905	0,884
Indice de réfraction	1,4548	1,4500	1,466	1,447	1,461 – 1,470
Indice d'acide	5,61	5,05	3	4 – 10	10*
Indice d'acide	50,40	51,05	73	46 – 66	53 – 76
Référence	Notre étude		[19]	[19]	[9]

* : valeur maximale d'indice d'acide selon la norme AFNOR

On constate que l'huile essentielle de *Pelargonium tomentosum* est plus dense que celle de *Pelargonium radula* pour les cultivars d'Ambatofinandrahana. Toutefois les valeurs de la densité et des divers indices sont dans les mêmes ordres de grandeurs que celles d'huile essentielle de *Pelargonium* des Comores, de France et des normes AFNOR (9).

Compositions chimiques des huiles essentielles

Une comparaison des compositions chimiques des deux huiles d'Ambatofinandrahana avec les teneurs relatives des constituants dans chacune d'elle est présentée dans le tableau IV

Tableau IV : Compositions chimiques de deux huiles d'Ambatofinandrahana.

Nom des composants	<i>Pelargonium radula</i> (%)	<i>Pelargonium tomentosum</i> (%)
Isomenthone	37	32
Citronellol	63	4
Menthone	0	64
Total (%)	100	100

Seules les teneurs supérieures à 1% ont été prises en compte.

On remarque la présence d'isomenthone et de citronellol dans les deux huiles essentielles étudiées et seule l'huile essentielle de *Pelargonium tomentosum* contient de la menthone.

Si l'huile essentielle de *Pelargonium radula* est la plus riche en citronellol (63%), la menthone est abondante dans l'huile essentielle de *Pelargonium tomentosum* (64%). Le Rhodinol, mélange de géraniol, linalol et citronellol, caractéristique des huiles essentielles de *Pelargonium*, n'est représenté dans les deux huiles essentielles d'Ambatofinandrahana que par le citronellol.

Les résultats de la comparaison de compositions chimiques d'huile essentielle d'origines différentes mais de même espèce sont portés sur le tableau IV pour *P. radula*

Tableau IV : Comparaison de compositions chimiques de *Pelargonium radula* de divers pays

Nom de l'espèce	<i>P. radula</i>		<i>P. graveolens</i>						<i>P. roseum</i>						
Pays	Ambatofinandrahana Madagascar	Afrique du sud							Algérie	Egypte	Iran	Jordanie	Pologne	Inde	Roumanie
Teneur (%) en Citronellol	63	0,16	32,11	29,9	36,4	27,45	26,7	29,9	39,94 - 43,67						
Teneur (%) en Isomenthone	37	84,52	4,35	-	7,3	-	6,3	5,44	-						
Références	Note étude	-10	-6	-11	-12	-13	-14	-1	-8						

Concernant le pourcentage en citronellol dans les huiles essentielles, la valeur pour le cultivar d'Ambatofinandrahana (63%) dépasse de loin de celle des huiles essentielles des autres pays signalés dans le tableau dont la valeur est faible (0,16%) pour l'Afrique du sud et oscille entre 26 et 43% pour les autres origines.

Quant à l'isomenthone, la teneur en ce constituant dans le cultivar d'Ambatofinandrahana, avoisine la moitié de celle de l'Afrique du sud. Les valeurs de pourcentage en isomenthone restent inférieures à 10% pour les autres pays indiqués.

Au vu de ces résultats, l'hypothèse de « chemotype citronellol » peut être avancée pour le cultivar d'Ambatofinandrahana.

Le tableau V rapporte les résultats de comparaison des compositions chimiques de l'huile essentielle de *P. tomentosum* avec celles de l'espèce d'Afrique du sud, seules données à notre disposition.

Tableau V : Comparaison de compositions chimiques de *Pelargonium tomentosum*

Nom de l'espèce	<i>P. tomentosum</i>		
	Ambatofinandrahana	Afrique du sud ^a	Afrique du sud ^b
Teneur en % citronellol	4	-	-
Isomenthone (%)	32	49,29	56,63
Menthone (%)	64	41,14	36,66

L'absence de citronellol est marquée dans l'huile essentielle des plantes de l'Afrique du sud. La teneur en ce composé est aussi faible dans l'huile essentielle d'Ambatofinandrahana. Le pourcentage en menthone dans cette dernière est nettement plus élevé par rapport à ceux relevés dans l'Afrique du sud. Ces résultats peuvent conduire à envisager la qualification de « chemotype menthone » pour le cultivar d'Ambatofinandrahana.

Activités biologiques

- Activités antimicrobiennes et antifongiques**

Les résultats concernant les 8 souches microbiennes et le champignon testés sont portés sur le tableau VI.

Tableau VI : Résultats des tests antibactérien et antifongique des huiles essentielles

Germes tests	Valeurs des zones d'inhibition (mm)	
	HE de <i>P. radula</i> (mm)	HE de <i>P. tomentosum</i> (mm)
<i>Escherichia coli</i>	7	6
<i>Klebsiella oxytoca</i>	8	7
<i>Enterobacter cloacae</i>	8	6
<i>Salmonella enteridis</i>	8	6
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	6	6
<i>Bacillus cereus</i>	7	7

<i>Streptococcus pneumoniae</i>	16,5	9
<i>Staphylococcus aureus</i>	7,5	6
<i>Candida albicans</i>	26	10,5

On remarque que l'huile essentielle de *Pelargonium radula* est plus active notamment sur *Streptococcus pneumoniae* que l'huile essentielle de *tomentosum*. Selon Silva F (2010 (15) , parmi les composants d'huile essentielle, les monoterpenols sont dotés de propriétés antimicrobiennes. De plus, les cétones possèdent également un faible pouvoir antimicrobien. Ainsi la différence de la sensibilité des germes testés vis-à-vis de l'huile essentielle de *Pelargonium* d'Ambatofinandrahana pourrait être reliée au taux des composants majoritaires : citronellol (63%) pour *P. radula* et menthone (64%) pour *P. tomentosum*.

Dans le test antifongique, l'huile essentielle de *P. radula* a forte inhibé la croissance de *Candida albicans*.

- **Résultats de test antioxydant des HE**

Le test positif au 2,2-diphenyl-1- picrylhydrazyl (DPPH) est dû probablement au citronellol, composant reconnu à forte activité antioxydante (16, 17,18).

IV- Conclusion

Les produits majoritaires constituant les deux huiles essentielles sont des monoterpènes oxygénés (alcool et cétones). De par leurs teneurs relatives, on pourrait conclure que *P. radula* serait un « chemotype citronellol », « cultivar Ambatofinandrahana », et *P. tomentosum* est « chemotype menthone », « cultivar Ambatofinandrahana ». Cependant, des études périodiques sont nécessaires pour confirmer ces résultats. En effet, le taux de citronellol peut éventuellement diminuer à l'avantage du géraniol.

A l'étape du présent travail, l'appartenance des deux espèces au « **groupe rosat** » n'est pas justifiée : la composition du rhodinol (mélange de citronellol, géraniol et linalol) caractéristique de ces géraniums est incomplète.

Les tests antimicrobiens ont démontré que, l'huile essentielle de *P. radula* possède un spectre d'activité plus large que celle du *P. tomentosum*. Le *Streptococcus pneumoniae*, une bactérie à gram positif et le *Candida albicans* ont été les germes les plus sensibles.

D'après le test préliminaire, l'huile essentielle de *P. radula* présente une activité antioxydante marquée et qui pourrait être due à la présence du citronellol en quantité importante.

Ainsi, l'abondance de citronellol dans l'huile essentielle de *P. radula* serait favorable à une formulation de produit à usage dermatologique, ayant des propriétés antiseptiques, anti-inflammatoire, antifongique.

La forte teneur en cétones terpéniques dans l'huile essentielle de *P. tomentosum* pourrait être exploitée dans la formulation des sirops antitussifs.

REFERENCES

- Saraswathi J., Venkatesh K., Nirmala Babur, Majid Hameed Hilala, A. Roja Rani. Phytopharmacological importance of *Pelargonium species*. J. of Medicinal Plants Research. Vol 5 (13). 2587 – 2598. 2001.
- Rakotovao L.H, Randrianjohany E. Origine et répartition bioécologique des plantes aromatiques de Madagascar. Biogéographie de Madagascar 1996 : 187 – 194.
- Rai BRR, Kaul PN, Syam asundar KV, Ramesh S. Water. Soluble fractions of rose-scented geranium (*Pelargonium species*) essential oil. Bioresource Technology 2002 ; 84 (3) 243 – 246.
- Misra A, Srivastava NK. Value addition of essential monoterpenes oil(s) un Geranium (*Pelargonium graveolens*) on leaf positions for commercial exploitation. African Journal of Agricultural Research 2010 ; 5 (15) : 2077 – 2079.
- Van der Walt JJA. *Pelargonium* of Southern African Purnell and Sons. Cape Town 1977 : 1.
- Mohamed Nadjib BOUKHATEM, Mohand Said HAMAIDI, Fairouz SAIDI, Yahia HAKIM. Extraction, composition et propriétés physico-chimiques de l'huile essentielle du *Geranium Rosat* (*Pelargonium graveolens L.*) cultivé dans la plaine de Mitidja (Algérie). Revue « Nature et Technologie » N°03/ Juin 2010. P. 37 à 45.
- Rafidison R, Randriamiharoa R. Essai d'adaptation de la géraniculture sur les hauts plateaux malgaches. Archives du CNARP. 1989 ; 8 ; p. 37 – 44.
- Gâlea C, Csedö C. Phytochemical study of the plant *Pelargonium roseum* (*P. radula*). University of Medicine and Pharmacy – Târgu Mures. 2014.
- AFNOR. Recueil de normes : les huiles essentielles. Monographies relatives aux huiles essentielles. AFNOR, Paris. 2000 ; 2 : 661 – 3.

Yollande J. *In vitro pharmacological properties and composition of leaf essential oils and extracts of selected indigenous Pelargonium (GERANIACEAE) species.* [Mémoire Master]. Pharmacie. Johannesburg : 2005.

Sayed A. Fayed. Antioxidant and Anticancer Activities of *Citrus reticulate* (Petitgrain Mandarin) and *Pelargonium graveolens* (Geranium) Essential Oils. Journal of Agriculture and Biological Sciences, 5(5): 740-747, 2009.

Ghannadi A, Bagherinejad MR, Abedi D, Jalali M, Absalan B, Sadeghi N. Antibacterial activity and composition of essential oils from *Pelargonium graveolens* L'Her and *Vitex agnus-castus* L. Iranian Journal of Microbiology. Vol. 4, 2012, 171 – 176.

F. U. Afifi ; V. Kasabri ; R. Abu-Dahab ; IM Abaza. Chemical composition and in vitro studies of essential oil and aqueous extract of *P. graveolens* growing in Jordan for hypoglycaemic and hypolipidemic properties. European Journal of Medicinal plants. 4 (2). 220 – 233. 2014.

Monika Bigos, Małgorzata Wasiela, Danuta Kalemba, Monika Sienkiemez. Antimicrobial activity of Geranium oil against clinical strains of *staphylococcus aureus*. Molecules 2012, 17, 10276 – 10291.

Silva F DA. Utilisation des huiles essentielles en infectiologie ORL. [Thèse]. Pharmacie : Nancy. 2010. 115p.

Ashwini D J, Snehalata PK, Mgħa LN, Alkapita UA. Citronellol : A potential antioxidant and aldose reductase inhibitor from *Cymbopogon citratus*. Int J Pharm Pharmaceut Sci. 2015 ; 7: 3.

Haag JD, Lindstrom MJ, Gould MN. Limonene – induced regression of mammary carcinomas. Cancer Res. 1992 ; 52 : 4021 – 6.

Sayed AF. Antioxidant and Anticancer Activities of *Citrus reticulate* (Petitgrain Mandarin) and *Pelargonium graveolens* (Geranium) Essential Oils. Res J Agr Biol Sci. 2009 ; 5 (5) : 740 – 7.

Boukhatem MN, Hamaidi MS, Saidi F, Hakim Y. Extraction, composition et propriétés physico-chimiques de l'huile essentielle du Géranium Rosat (*Pelargonium graveolens* L.) cultivé dans la plaine de Mitidja (Algérie). Nat & Tech. Juin 2010 ; 3 : 37 – 45.

46. Evaluation de l'activité pharmacologique de *Lygodium lanceolatum Desv.* (LYGODIACEAE)

RAZAFIN-DRABAZO Floréane^{1,2}, RAZAFINDRAKOTO Zoarilala¹, RANDRIANIRINA Mamy Julien¹, RAMAHANITRAHASIMBOLA David¹, RAJAONARISON Jean François², ANDRIANJARA Charles¹

(1) Laboratoire de Pharmacognosie Appliquée, Institut Malgache des Recherches Appliquées (IMRA), Fondation Suzanne et Albert Rakoto-Ratsimamanga, Avarabohitra, Antananarivo ; (2) : Laboratoire de Recherche en Biotechnologie, Environnement et Santé (LRBES), Ecole Doctorale "Génie du Vivant et de Modélisation (EDGVM)", Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement (FSTE), Université de Mahajanga.

La tisane de la partie aérienne de la plante *Lygodium lanceolatum Desv.*, connu sous le nom vernaculaire « karakaratolo, famatotrakanga », une fougère endémique de Madagascar, est utilisée en médecine traditionnelle malgache pour traiter divers symptômes et maladies dont l'asthme. La présente étude a pour objectifs d'évaluer l'activité pharmacologique de la plante, d'identifier et d'isoler les molécules bioactives. Après identification botanique et récolte de la plante enregistrée sous le numéro FEV26, la poudre des feuilles séchées a été extraite, soit par décoction dans de l'eau distillée pendant 1 heure, soit par macération dans de l'éthanol 94° pendant 24 heures. Le solvant a été, ensuite, évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif, sous pression, réduite à 40° C pour obtenir les extraits bruts alcoolique (EBAFEV26) et aqueux (EBFEV26). Leurs effets ont été évalués sur l'activité contractile de l'histamine ou à la sérotonine sur la trachée isolée de cochon d'Inde. Ils inhibent de façon concentration-dépendante, mais non compétitive, l'activité bronchoconstrictrice de ces deux agonistes. Cet effet inhibiteur est plus prononcé avec EBFEV26. En effet, à 0,062 ou 0,25 mg/ml, il déprime de 38,94% et de 47,94% respectivement, l'effet bronchoconstricteur maximal de , tandis que ces inhibitions sont de 32,25% à 56,78% sur celui de la sérotonine. Pour identifier les molécules bioactives d'EBFEV26, il a été partagé dans un volume égal d'eau distillée et de butanol. L'activité inhibitrice des fractions obtenues a été évaluée sur la trachée de cochon d'Inde, pré-contractée à l'histamine et les pourcentages d'inhibition de l'effet maximal de l'histamine ont été comparés. C'est la fraction butanolique qui a montré l'inhibition plus puissante, avec un pourcentage d'inhibition de 32,74% à 0,062 mg/ml, contre seulement 18,22% pour la fraction aqueuse. Une première chromatographie sur colonne utilisant le sephadex LH-20 comme

phase stationnaire a été réalisée sur cette fraction butanolique et 6 fractions notées S₁ à S₆ ont été obtenues. La fraction S₂ qui a montré encore plusieurs tâches sur le chromatogramme, a subi une deuxième chromatographie sur LH20 pour obtenir 3 fractions notées S₂₁ à S₂₃. Ces trois dernières fractions présentent chacune une seule tâche sur la chromatographie sur couche mince (CCM). Les pourcentages d'inhibition de l'effet maximal de l'histamine induite par ces différentes fractions à 0,062 mg/ml sont les suivants : S₁= 31,97%; S₂₋₁= 40,34% ; S₂₋₂= 29,33% ; S₂₋₃= 25,76% ; S₃= 37,41% S₄= 24,12% ; S₅= 18,10% et S₆= 23,43%. L'activité antioxydant de EBFEV26, *in vitro*, a également été prouvée vis-à-vis du pouvoir radicalaire de DPPH en utilisant la méthode spectro-colorimétrique sur microplaqué à 96 puits. Les résultats du criblage phytochimique effectué sur EBFEV26 indiquent une forte teneur en tanins condensés et en polysaccharides, une concentration moyenne de saponine et de leucoanthocyane de la plante. Après filtration sur gel de polyamide d'EBFEV26 pour enlever les tanins, la fraction sans tanin n'a montré aucune activité pharmacologique. L'activité est donc due à la présence des tanins dans l'extrait. Les résultats obtenus soutiennent l'utilisation traditionnelle de cette plante dans le traitement de l'asthme dont son mécanisme d'action pourrait être expliqué par son effet anti-spasmodique.

Mots clés : *Lygodium lanceolatum* Desv., activité antiasthmatique, histamine, sérotonine, activité antioxydant.

Introduction

Dès l'antiquité, les Hommes utilisent les plantes médicinales pour se soigner contre diverses maladies. Quatre personnes sur cinq sur terre utilisent des plantes pour conjurer leur maux, dans les pays émergents quatre femmes sur cinq ne disposent daucun autre type de remède que la plante pour soigner ses enfants [1].

Aujourd'hui, nombreux pays font recours à l'utilisation des plantes médicinales et environ 80% des populations dans le monde se soignent exclusivement avec des plantes [2].

Actuellement, on estime que deux tiers des médicaments utilisés en clinique sont d'origine végétale. Ainsi qu'environ 170000 molécules bioactives ont été identifiées, comme: la digitaline, la quinine, la morphine, colchicine, l'artémisinine, l'éphédrine, la théophylline, la tylophorine, ect [1] [3] [4].

Madagascar abrite plus de 12000 espèces végétales dont 80% sont endémiques [5] et près de 5000 espèces sont médicinales. Nombreux de ces plantes sont mentionnés dans divers pharmacopées mentionnant leur mode d'emploi et leur vertu thérapeutique [6] mais la biodiversité végétale malagasy n'a été que très peu étudiée en terme de leur propriétés pharmacologiques.

Des enquête ethnobotanique appuyé par des recherches bibliographique ont confirmé l'utilisation de la décoction du partie aérienne de la plante *Lygodiumlanceolatum* ; une fougère endémique de Madagascar connue sous le nom malagasy de « karakaratolo ; famatotrakanga » pour les traitements de divers maladie comme l'hypertension artérielle, l'ulcère gastrique ; fatigue musculaire, et surtout l'asthme,

Ainsi, nos objectifs principaux consistent à l'évaluation de l'activité biologique de cette plante par divers tests pharmacologique afin de la valoriser, d'isolé la ou les molécules bioactives, d'étudier son profil pharmacodynamique.

Matériels et méthodes

Matériel végétal : La partie aérienne de la plante a été récoltée à Mandraka, situé à 65 Km à l'est d'Antananarivo au mois de février 2016. Elle a été ensuite séché à l'ombre puis broyée.

Etudes Phytochimiques:

- Préparation de l'extrait brut :

L'extraction des métabolites secondaires de la poudre de la plante a été faite, soit par décoction dans l'eau distillée pendant 1h, soit par macération dans l'éthanol 94° pendant 24 h. Dans les deux cas ; le jus obtenu a été filtré sur papier Joseph puis évaporé sur un évaporateur rotatif sous pression réduite, à 40°, pour avoir respectivement EBFEV26 et EBAFEV26. Les résidus sec ainsi obtenus sont conservés à -4°C pour des utilisations ultérieures en divers tests.

- Fractionnement :

EBFEV26 a été soumis à une séparation par chromatographie de partage liquide/ liquide dans deux solvants non miscible et de polarité différente : Eau/ Butanol (V/V). Apres décantation ; la phase supérieur formée par la phase aqueuse a été séparée de la phase organique. Elles ont été évaporées séparément sous pression réduites pour avoir la fraction EBFEV26-BuOH pour la phase organique et EBFEV26-Aq pour la phase aqueuse.

EBFEV26-BuOH a été soumises par la suite à un fractionnement par chromatographie sur colonne de sephadex LH20. L'élution a été réalisée avec un mélange méthanol / Eau (50/50).

- Screening phytochimique :

Cette étude a pour objectif de détecter les grandes familles chimiques présentes dans la plante. Pour cela, deux méthodes ont été utilisées : celle du FONG et al. [7] dont le principe est basé sur l'utilisation des réactifs spécifiques conduisant à la formation d'un complexe insoluble sous forme de précipité ou d'un complexe soluble coloré et celle du WAGNER et al. [8] basée sur l'observation des spots sur CCM sous UV à 365 et à 254 nm après révélation ou non.

Etudes pharmacologiques :

- Matériels animaux :

Des souris OF1 femelle de poids variant entre 20 et 25g ont été utilisées pour les tests *in vivo*. Ces animaux ont été élevés à l'animalerie de l'Institut Malgache de Recherches Appliquées.

Pour les tests *in vitro*, des cochons d'Inde de sexe mâle ou femelle, de poids variant entre 250 et 300g, ont été utilisés.

- Test pharmacologique

La trachée isolée de cochon d'Inde a été utilisée pour les tests *in vitro*. L'organe a été prélevé, nettoyé, puis monté dans la cuve à organe à isolé contenant de la solution de survie et aère en permanence au carbogène. La solution physiologique a été maintenue à 37°C.

Après montage, l'organe a été laissé, en vue de s'adapter et s'équilibrer aux conditions de l'expérimentation pendant 1h. Ceci a été entrecoupé par des renouvellements de milieu de survie toutes les 20 minutes. A la fin de l'équilibration, la viabilité et la sensibilité de l'organe ont été avec l'agoniste.

1- Etude de l'activité antiasthmatique

Cette étude a pour objectif d'étudier l'effet de l'extrait sur l'activité contracturant de deux agonistes fortement libérés par les mastocytes après leur activation.

a- Effet d'EBFEV26 sur l'activité sur l'activité broncho-constructrice de l'histamine ou de la sérotonine.

Après équilibration et sensibilisation de la trachée isolée, une étude d'effet en fonction de la concentration d'histamine ou de sérotonine a été faite, en absence et en présence de différentes concentrations de l'extrait. Leur CE₅₀ et leur effet maximal ont été calculés dans les deux cas.

b- Effet des différents fractions d'EBFEV26 sur l'activité broncho-constructrice de l'histamine

Plusieurs fractions obtenues par fractionnement d'EBFEV26 ont été testées pour déterminer celle qui est responsable de l'inhibition de l'activité broncho-constrictrice de l'histamine en adoptant le même protocole que précédemment.

c- Effet d'EBFEV26-ST sur l'activité broncho-constructrice de l'Histamine

Une partie d'EBFEV26 a été filtrée sur une couche de polyamide afin de pour enlever les tanins existant et on obtient un extrait d'EBFEV26-ST. L'extrait ainsi obtenu a été testé en utilisant le même protocole que les précédents à une concentration de 625 µg/ml

2- Etude de l'activité antioxydant d'EBFEV26

Ce test a pour objectif d'étudier l'activité anti-radicalaire de l'extrait EBFEV26par piégeage d'un radical libre, le 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyle (DPPH). Le test chimique est basé sur le principe de la réduction d'un radical stable; le DPPH qui présente une absorption spécifique à 517 nm ce qui lui confère une couleur violette [9]. Lorsque le DPPH est réduit par un capteur de radicaux, sa couleur disparaît, les composés actifs apparaissant sous forme de tâches jaunes sur fond violet. Un test qualitatif de criblage sur CCM a été d'abord effectué pour détecter la présence d'activité anti-oxydante.

Elle a été réalisée sur microplaques de 96 trous à fond plat, 25µl de chaque solution d'extrait d'EBFEV26 à différentes concentrations (4,3 ; 16,12 ; 62,5 ; 250 et 1000 µg/ml) et 175µl de DPPH à 0,01% ont été ajouté dans chaque trou. Parallèlement, un contrôle négatif est préparé en mélangeant 25µl de méthanol et 175µl de DPPH. Puis l'intensité de la couleur de DPPH a été lue sous forme de DO sur un lecteur dans une longueur d'onde de 492nm après 30 min d'incubation à l'obscurité et à température ambiante. On utilise l'acide gallique comme contrôle positif préparé dans la même condition que les échantillons. Pour chaque concentration, les tests a été fait en triplet, les résultats obtenus ont été exprimés en pourcentage d'inhibition (I%) en utilisant la formule suivante:

$$I\% = \frac{\text{Abs contrôle} - \text{Abs test}}{\text{Abs contrôle}} \times 100$$

3- Test de toxicité aiguë

Cette étude toxicologique a pour but de déterminer les doses létales de l'extrait et de détecter les éventuels signe d'intoxication après traitement. Pour cela, des souris mâle ou femelle de race OF1, pesant en moyenne 25 g ont été utilisées. Les animaux ont été répartis en 4 lots de 5 souris. Le premier lot n'as reçu que de l'eau distillée, véhicule, tandis que les autres lots ont été traité respectivement avec 0,5 ; 1 ; 1,5 et 2 g/Kg d'extrait EBFEV26. Apres le traitement, les animaux ont eu accès libre à l'eau et à la nourriture. L'observation a duré 3 jours, la mortalité et tous les comportements anormaux des animaux traités par rapport aux animaux témoins ont été notés toutes les heures pendant les 8 premières heures et puis toutes les 12h.

Résultats et discussion

Extraction et fractionnement:

Le fractionnement de EBFEV26-BuOH par chromatographie sur colonne a permis d'obtenir 06 fractions notés S₁, S₂, S₃, S₄, S₅ et S₆.observé sous UV a 365nm , le chromatogramme de S₁, S₄ et S₅ montrent une seul taches fluorescent tandis que les 03 autres sont sous forme de mélange.

Screening phytochimique:

Les résultats du criblage phytochimique effectué sur l'extrait d'EBFEV26 nous a montré qu'elle est riche en familles moléculaires polaires comme les tannins condensés et les polysaccharides, tandis que les saponines, les Leucoanthocyanessont en moyenne proportion. Par contre, les flavonoïdes sont en trace. Les autres familles apolaires commeles alcaloïdes, les terpènes ou les stéroïdes sont soit absents soit indéetectable par notre méthodes.

Test pharmacologique : *in vitro*

a- Activité antiasthmatique :

Les résultats des tests effectués sur trachée isolée de cobaye pré-contracté à l'Histamine et à la sérotonine nous ont montré que l'extrait brut EBFEV26inhibe de manière non compétitive la contraction provoquée par l'Histamine ou la Sérotonine. En effet, à 0,062 ou 0,25 mg/ml inhibe de 38,94 % et de 47,94% l'effet broncho-constrictrice maximal de l'histamine tandis que ces inhibitions sont de 32,25% à 56,78 sur celui de la sérotonine. Les différentes fractions issues des différents fractionnements ont été testées sur l'activité contractile de l'histamine et les pourcentages d'inhibitions de l'effet maximal de l'histamine en présence et en absence d'extrait ont été comparés.Pour les fractions EBFEV26-BuOH et EBFEV26-Aq, c'est la fractionEBFEV26-BuOH qui est la plus active avec un pourcentage d'inhibition de 32,74% à 0,062mg/ml contre 18,22% pour la fraction aqueuse. Parmi les fractions S₁ à S₆, la fraction S2 est la plus active avec un pourcentage d'inhibition de 40,34%. EBFEV26-ST n'a pas d'effet sur l'activité broncho-constructrice de l'histamine. Les taninsseront donc à l' origine de l'activité inhibitrice de l'extrait.

b- Activité antioxydant

Les chromatogrammes d'extrait EBFEV26 ont été révélés par la solution de 1,1-diphényl 2-picrylhydrazyl (DPPH) dans le méthanol à 2mg/ml, l'apparition de couleur jaune-blanc sur fond violet a permis de mettre en évidence les substances antioxydants. Concernant les tests sur microplaqué ; les trois produits (Fig 1.A) montrent un pouvoir anti radicalaire vis-à-vis du DPPH avec un effet plus important pour la fraction butanolique dont la CI50 = 526,13µg/ml. Pour les fractions S₁ à S₆, les trois dernières fractions présente le plus d'activité avec la valeur en CI50 (S3 = 727,74 ; S4 = 224,79 et S5 = 462,19 µg/ml). Comme la sortie du produit par sephadex se fait par taille moléculaire, ce sont donc les petites molécules qui en sont responsable de cette activité antioxydant.

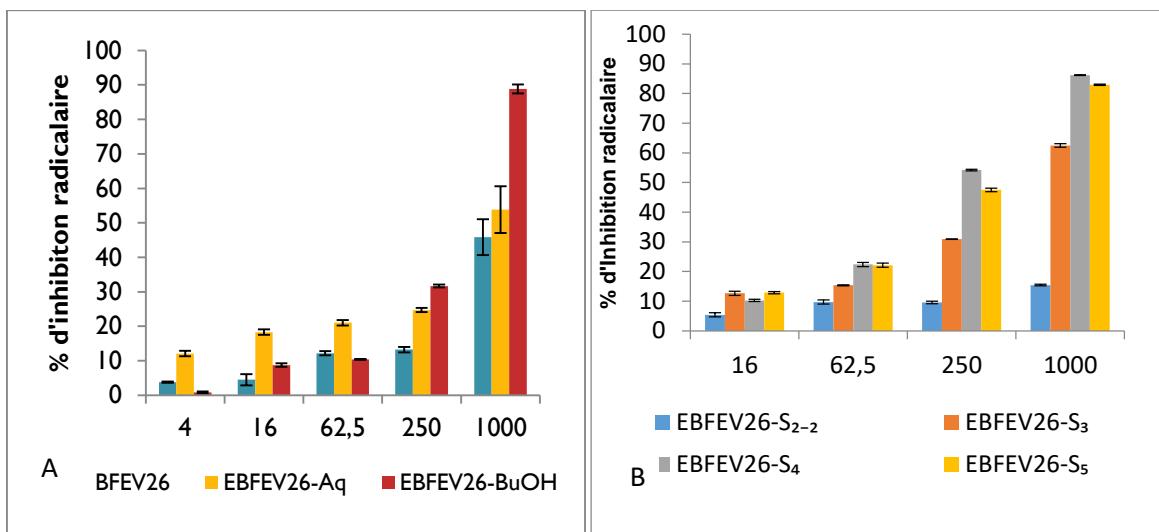


Fig1 : Activité anti-oxydante d'EBFEV26 et ses deux fractions (A) et les différentes fractions issues d'EBFEV26-BuOH (B) vis-à-vis du pouvoir radicalaire de DPPH ($n=3$)

c- Détermination de la toxicité aiguë

Jusqu'à la dose maximale testée, l'extrait brut obtenu par décoction de la partie aérienne de la plante ne présente aucun signe de toxicité chez la souris. Ce qui pourrait justifier l'utilisation de cette plante en médecine traditionnelle.

Conclusion

Nous avons pu montrer, à travers nos résultats, une inhibition non compétitive certes de l'activité broncho-constrictrice de ces deux agonistes qui sont fortement libérés par les mastocytes au cours d'une réaction allergique. Cette plante est donc plus indiquée dans le traitement de l'asthme allergique. Ainsi, cette activité inhibitrice est probablement due aux tannins condensés. Mais l'effet antioxydant de la plante pourrait contribuer à sa vertu antiasthmatique en neutralisant les molécules radicales pro-inflammatoires. L'utilisation de la plante est d'ailleurs plus sécurisante.

Nos perspectives consisteront à purifier la ou les molécules anti-radicalaires d'un côté et les tannins condensés à l'origine de l'effet inhibiteur de l'autre côté.

Références bibliographiques

- CHAABI. M.2008. Etude phytochimique et biologique d'espèces végétales africaines : *Euphorbia stenoclada* Baill. (Euphorbiaceae), *Anogeissus leiocarpus* Guill. & Perr. (Combretaceae), *Limoniastrum feei* (Girard) Batt. Plumbaginaceae).
- PAUL R.V. 2013. Importance des plantes médicinales.
- FLEURENTIN J. 2007. Les plantes qui nous soignent. Ed. Ouest-France (France), Tome 1, 1-200.
- CHARPENTIER B., HAMON-LORLEACH F. 2002. Le guide du préparateur. Ed. Masson (Paris), 1- 450.
- BOITEAU P.1986. Médecine Traditionnelle et Pharmacopée: Précis de matière médicinale malgache.
- GOODMANNS.M. 2008. Paysages naturels et biodiversité de Madagascar.
- FONG E.H.S., TIN-WA M., FARNSWORTH N.R., DOBBERSTEIN R.H., 1977. Phytochemical screening methods Rev. Department of Pharmacognosy and Pharmacology, College of Pharmacy, University of Illinois, Chicago, USA
- WAGNER H., BALDT. S., ZGAINSKI.1984.E.M. Plant drug analysis: A Thin Layer Chromatography Atlas Ed Springer Verlag, Berlin: 145-161
- Mansouri, A., Embarek, G., Kokkalou, E., Kefalas, P. 2005. Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera*). *Food Chemist.* 89: 411-420.

47. Etude phytochimique de deux champignons endophytiques isolés à partir d'une plante endémique et médicinale Malgache

Andrianambinina A. RAZAKARIVONY ^{a*}, Norbert Sewald^b, E. Langer^c, Bakolinirina Andriamihaja^a

^aLaboratoire de Chimie appliquée aux Substances Naturelles, Mention Chimie, Domaine Sciences et Technologies, Université d'Antananarivo, Madagascar

^bOrganic and Bioorganic Chemistry, Department of Chemistry, Bielefeld University, Germany.

^cDepartment of Ecology, Kassel University, einr.-Plett-Strasse 40, 34132 – Kassel – Germany

Mots-clés: *Oncostemum botryoides* Baker, dibenzofurane, *Phomopsis sp.*, *Paecilomyces sp.*, RMN 1D et 2D, Spectrométrie de Masse.

I – introduction

Le rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé a récemment montré que le paludisme constitue encore une menace majeure pour la population des pays en voie de développement, notamment, en Afrique. Il représente 25 % de tous les décès infantiles de moins de cinq ans [WHO, 2011]. La résistance de *Plasmodium falciparum* aux artémisinines d'une part et celle à l'une au moins des quatre classes d'insecticides utilisées pour la lutte antivectorielle d'autre part constituent les facteurs de blocage à l'évolution de cette lutte contre le paludisme [WHO, 2011].

Afin d'éradiquer cette calamité, des recherches médicales plus étendues doivent être menées afin de trouver un médicament approprié et accessible à tous. La recherche sur des nouvelles molécules antipaludéennes est donc une priorité absolue dans le domaine de la chimie biologique et des substances naturelles.

Madagascar possède une immense source de biodiversité, animale et végétales, dont plus de ¾ sont endémiques [E. Randrianarivo et al., 2013]. Madagascar a des plantes médicinales qui peuvent être non seulement une source de nouvelles molécules, mais elles jouent aussi le rôle d'une plante hôte pour des champignons endophytiques. Ces derniers sont actuellement identifiés comme une autre nouvelle source de ces molécules [A. A. L. Gunatilaka, 2006, B. Schulz et al., 2002].

La valorisation des plantes médicinales, l'étude des extraits des champignons endophytiques constituent une autre voie permettant d'isoler des molécules pouvant avoir un large spectre d'activité biologique.

En effet, l'objectif général du présent travail est de valoriser la biodiversité malgache. Les objectifs spécifiques sont l'isolement et l'identification des champignons endophytes vivant en symbiose avec la plante médicinale malgache, *Oncostemum botryoides* Baker (Kimbalaletaka) d'une part et l'isolement et l'identification des molécules bioactives de deux champignons endophytiques *paecilomyces sp.* et *phomopsis sp.* qui sont tous deux issus de ladite plante médicinale, d'autre part.

II – matériels et méthodes

a) Procédure en général

Les spectres RMN 1D et 2D ont été enregistrés sur le Bruker AMX-500 (Bruker BioSpin GmbH, Rheinstetten, Germany) à 298 °K en utilisant le CDCl₃ ou MeOD comme solvant. Les spectres de masse ont été analysés par le spectromètre APEX III (Bruker Daltonik GmbH, Bremen, Germany). Les colonnes chromatographies ont été réalisés en utilisant comme phase stationnaires soit du gel de silice 60 (70-230 et 240 – 300, Merck KGaA, Darmstadt, Germany) soit du gel de Sephadex LH-20 (GE Healthcare Europe GmbH, GE HealthcareBio-Sciences AB, Uppsala, Sweden). Les CCM ont été réalisés en utilisant des plaques de silice normale (60F₂₅₄, Merck). Et la pureté des produits ont été vérifiés à l'aide une lampe UV à 254 et 366 nm et est révélée à l'aide de la vanilline sulfurique suivi d'une chauffage de la plaque.

b) Isolement, purification, préservation, identification et fermentation des champignons endophytique.

L'*Oncostemum botryoides* Baker a été la plante hôte choisie pour notre étude. Les feuilles de la plante sont mises dans un emballage plastique hermétique placé dans une glacière. Ensuite, elles sont transportées jusqu'au laboratoire et sont manipulées dans les 24h après la récolte. Arrivés au laboratoire, les échantillons ont été d'abord rincés à l'eau courante afin d'éliminer les poussières. Ensuite, les microorganismes épiphytes ont été éliminés par une désinfection de la surface selon les procédures suivantes : immersion dans de l'alcool (EtOH) 90% (v/v) pendant 1 minute, suivie d'une désinfection en surface avec de l'hypochlorite de sodium (NaOCl) 10% (p/v) pendant 2 minutes. Finalement, les explants ainsi stérilisés ont été rincés 2 fois à l'eau distillée stérile afin d'éliminer l'effet du désinfectant et séchés avec des papiers absorbants préalablement stérilisés. Après désinfection en surface, les parties découpées avec un scalpel stérile, en 08 petits morceaux de 1mm de diamètre sont déposés sur des milieux solides spécifiques de champignons endophytes qui sont le « Sabouraud Chloramphenicol Agar » (SCA). Les cultures ont été incubées à 25°C. Les champignons qui croissent sur les morceaux sont repiqués de nouveau sur le même support. L'hyphe est transféré avec le tissu végétal sur le même milieu dans une autre boîte de pétri. La purification des souches se fait par repiquage des champignons isolés sur le même milieu sans antibiotique.

La préservation des souches pures se fait, soit dans l'eau déionisée, soit dans de l'huile minérale, puis déposées dans une chambre conditionnée à 10°C.

Les champignons endophytes ont été identifiés par observations macroscopique et microscopique de ses différents aspects et structures. Puis, l'identification a été confirmée par l'analyse phylogénétique de sa séquence d'ADN par la méthode PCR (Polymerase Chain Reaction).

La fermentation des champignons endophytes a été réalisée sur des milieux solides (mélange de 500g de riz et 20g peptone de soja dans un erlenmeyer 2l). Elle a été précédée d'un rajeunissement des souches sur un autre milieu liquide de PDB. Après 3 semaines, les ferment sont extraits 3 fois par macération à l'aide de l'acétate d'éthyle afin d'obtenir un extrait Acétate d'éthyle.

c) Isolement, purification et identification des métabolites secondaires

L'extrait Acétate d'éthyle a subi un fractionnement par chromatographie sur colonne de gel de silice normal, en utilisant le gradient d'éluant.

L'isolement et la purification ont été effectués en utilisant la chromatographie sur colonne de gel de silice et/ou la chromatographie d'exclusion sur gel de sephadex LH-20. Les éluants utilisés sont l'EP, DCM, AcOEt, MeOH, ACN et l'eau.

Notons que, la purification de certaines fractions a été faite par filtration sur gel de Sephadex LH20.

Iii – Résultats et discussions

Au total, quatre métabolites secondaires ont été isolés à partir de l'extrait acétate d'éthyle de *Paecilomyces sp.* L'analyse de spectre RMN (mono et bi-dimensionnel), de spectre de masse et par comparaison avec les données de la littérature de ces composés, nous a permis de les identifier comme étant le 6-méthoxy-8-hydroxy-3-méthylisocoumarine, Ergosta-4,6,8(14),22-tétrèn-3-one, 1-(4-hydroxyphényl)ethan-1,2-diol, Terreusinone.

Trois métabolites secondaires ont été isolés à partir de l'extrait acétate d'éthyle de *Phomopsis sp.* dont un composé a été identifié comme étant une nouvelle dérivée de dibenzofurane. En effet, l'analyse de son spectre RMN ¹H indique la présence d'un proton phénolique chélatisé à 11.91 ppm, accompagné de deux singulet à 6.43 et 5.92 ppm, intégrant chacun de un proton et indiquant la présence de deux proton aromatique isolés. Un signal d'un groupement méthoxy à 3.97 ppm est observé. Trois singulets respectivement à 2.44, 2.10, 2.04 ppm indiquent la présence de trois groupements méthyles. La RMN ¹³C confirme la présence d'un carbone portant un groupement méthoxy à 51,5 ppm et d'une fonction carbonyle à 172,6 ppm. Des déplacements correspondant à quatre carbones quaternaires O - liés, à six carbones quaternaires C - liés, à deux carbones aromatiques et à trois carbones du groupement méthyle sont mis en évidence. L'analyse par RMN bidimensionnelle (COSY, HMQC et HMBC) ont été effectuées afin de déterminer la structure du composé. L'examen du spectre HMBC permet notamment de distinguer l'environnement respectif des protons aromatiques. En effet, les deux protons aromatiques appartiennent tous au noyau A et sont séparés par un groupement méthyle. Les déplacements chimiques et les corrélations obtenus en RMN ¹³C et en RMN bidimensionnelle au cours de ce travail, permettent donc d'en compléter les données structurales (Figure 1). Le composé est donc le méthyl-3,9-dihydroxy-1,4,7-triméthylidibenzo[b,d]furan-2-carboxylate (Figure 2). Les deux autres composés ont été identifiés comme étant l'alternariol et le 5-hydroxyalternariol.



Figure 1 : Quelques corrélations observées **Figure 2 : Structure du composé nouveau**

IV – Conclusion et perspectives

L'étude phytochimique de *Paecilomyces sp.* nous a permis d'isoler six composés dont quatre ont été identifiés comme étant 6-méthoxy-8-hydroxy-3-méthylisocoumarine, Ergosta-4,6,8(14),22-tétratrièn-3-one, 1-(4-hydroxyphényl)ethan-1,2-diol, Terreusinone.

De même, l'étude phytochimique de *Phomopsis sp.* nous a permis d'isoler trois composés dont deux ont été identifiés comme alternariol et le 5-hydroxyalternariol et une structure nouvelle qui est le méthyl-3,9-dihydroxy-1, 4, 7-triméthylbenzo [b,d]furan-2-carboxylate.

IV – Remerciements

Nous tenons à remercier :

- L'équipe du Laboratoire de Chimie Appliquée aux Substances Naturelles (LaCASN) – Faculté des Sciences – Université d'Antananarivo
- L'équipe du Laboratoire de Chimie Organique et Biochimie OCIII – Département de Chimie – Université Bielefeld – Allemagne
- L'équipe du département d'Ecologie – Université de Kassel – Allemagne.

V – Dédicace

Le présent travail est dédié à la mémoire du Professeur Bakonirina V. RAZANAMAHEFA, Directeur du Laboratoire de Chimie Appliquée aux Substances Naturelles (LaCASN) qui nous a quitté subitement. Paix à son âme.

VI – Références bibliographiques

- WHO Global Malaria Programme, World Malaria Report 2011
WHO Global Plan for Artemisinin Resistance Containment (GPARC) 2011
E. Randrianarivo et al., *Chemistry & Biodiversity*, 2013, 10, 1987 – 1998
A. A. L. Gunatilaka, *J. Nat. Prod.*, 2006, 69, 509 – 526
B. Schulz et al., *Mycological Research*, 2002, 106 (9), 996 – 1004
E. E. Stinson et al., *Can. J. Chem.*, 1986, 64, 1590 – 1594.
G. G. Freeman, *Phytochemistry*, 1965, 5, 719 – 725
F. M. Talontsi et al., *Phytochemistry Letters*, 2012, 5, 657 – 664.
W. Y. Lee et al., *Bull. Korean Chem. Soc.*, 2005, 26, 1464 – 1466.
H. C. Kwon et al., *Arch. Pharm. Res.*, 2002, 25, 851 – 855.
G. Jinming et al., *Steroids*, 2001, 66, 771 – 775.
A. G. Gonzalez et al., *Phytochemistry*, 1983, 22, 1049 – 1050.

48. Evaluation de l'activité in vitro de la tisane de katrafay (*Cedrelopsis grevei*) et de tsivoatolaka (*Gonioma malagasy*) contre *Plasmodium falciparum* par la méthode Mark III améliorée

Arsène Indriambelo^{1,3}, Mamy RAKOTOMAMONJY^{1,2⁵¹}, Elisabeth Ravaoarisoa¹, Elie Noro Raholimalala¹, Andriarimalala Rakotondrafara⁴, Jean François Rajaonarison², Milijaona Randrianarivelojosia^{1⁵²}

¹Institut Pasteur de Madagascar, Antananarivo

²Faculté des Sciences, Université de Toliora, Madagascar

³Faculté des Sciences, de Technologie et de l'Environnement, Université de Mahajanga

⁴Centre National d'Application des Recherches Pharmaceutiques, Antananarivo,

Résumé

Le katrafay (*Cedrelopsis* sp) est une des plantes médicinales les plus communément utilisées à Madagascar pour traiter la fièvre, la fatigue et la myalgie (tazo), signes cliniques évocateurs du paludisme. Dans le cadre d'une étude portant sur les remèdes traditionnels, l'activité antiplasmodiale (schizonticide) de la tisane, préparée à partir de l'écorce de tige de *Cedrelopsis grevei* a été évaluée sur la souche de *Plasmodium falciparum* FCM29 maintenue en culture en laboratoire. Cette activité a été comparée à celles de *Cinchona ledgeriana* (arbre duquel provient la quinine) et de *Gonioma malagasy* (plante utilisée pour traiter le tazo dans le sud de Madagascar). Pour ce faire, nous avons améliorée la méthode Mark III de l'OMS basée sur la microscopie, en répétant trois fois la synchronisation de *P. falciparum* avant de réaliser le test; et en ajustant à 20h le temps d'incubation. Les extraits aqueux de *C. grevei* et de *G. malagasy* ont ainsi présenté une activité schizonticide dont la concentration inhibitrice 50% a été respectivement de $4,8 \pm 1,5 \mu\text{g/ml}$ et de $1,14 \pm 0,3 \mu\text{g/ml}$ ($n = 3$). Ces résultats ne justifient pas l'utilisation de katrafay pour traiter le paludisme sachant qu'il est 38 fois moins actif que *C. ledgeriana*. La variante du test Mark III que nous avons standardisée est transférable dans les universités publiques de Madagascar afin d'identifier des plantes potentiellement antipaludiques.

⁵¹ Contribution égale pour Arsène Indriambelo et Mamy Rakotomamonjy

⁵² Correspondance : Milijaona Randrianarivelojosia, Unité de Recherche sur le Paludisme, Institut Pasteur de Madagascar

Mots-clés : Paludisme, plante médicinale, katrafay, *Cedrelopsis*, tsivoatolaka, *Gonioma*, Madagascar

Introduction

A Madagascar, le *tazo* a toujours existé et les signes cliniques qui lui sont associés englobent principalement la fièvre, la fatigue, la myalgie et la lombalgie. Par abus de langage, *tazo* sous-entend paludisme [1], une des maladies connues des Malgaches, avant l'arrivée des européens [2]. Actuellement, le traitement du paludisme se fait encore, en s'appuyant sur les connaissances traditionnelles [3] incluant l'utilisation de tisane souvent à base de plantes amères [4]. D'ailleurs, la consommation de tisane fait partie du premier recours au soin [1] adossé à des valeurs socioculturelles. Ainsi, face à des situations désespérées (quand la médecine moderne échoue), les gens reviennent bien souvent à la médecine traditionnelle [5]. Katrafay figure parmi les plantes médicinales les plus connues dans le pays pour sa vertu anti-*tazo* et l'espèce la plus utilisée est *Cedrelopsis grevei* (Rutaceae). Force est pourtant de constater qu'aucune évidence de son efficacité n'est avérée. Dans le cadre de l'étude des plantes médicinales, nous avons alors évalué l'activité de la tisane de *C. grevei* contre *Plasmodium falciparum*.

Matériels et méthodes

Le décocté préparé à partir de l'écorce de tige de *C. grevei* a été testé pour se rapprocher de la pratique empirique. En vue d'un transfert de compétence vers les universités de Madagascar, l'activité des décoctés contre la souche *P. falciparum* FCM29 maintenue en culture, a été mesurée en utilisant la méthode Mark III établie par l'OMS pour l'évaluation de la sensibilité de *P. falciparum* aux antipaludiques [6].

Culture continue de *P. falciparum* FCM29

La souche *P. falciparum* FCM29 est maintenue en culture continue à l'Institut Pasteur de Madagascar selon la méthode de Trager et Jensen [7]. Le milieu de culture RPMI 1640 additionné de sérum humain AB+ 10% (v/v) et d'hématies O+ non parasitées est utilisé afin d'obtenir un hématocrite de 2,5% dans la boîte de culture (Costar Corporation, New York, USA). L'ensemble est incubé à 37°C dans une atmosphère humide avec le mélange composé de 5% d'O₂, 5% de CO₂ et 90% de N₂. Le milieu de culture est remplacé chaque jour et des frottis sont confectionnés, fixés, colorés au GIEMSA et examinés au microscope. La parasitémie est maintenue à moins de 5%.

Amélioration de la méthode Mark III

La méthode Mark III consiste, dans sa version originale, à incuber *P. falciparum* pendant 24h, en présence de différentes concentrations du produit à tester. Cette méthode permet d'évaluer l'activité schizonticide du produit, c'est-à-dire sa capacité d'inhiber la maturation des « ring » ou anneau en schizonte. Une suspension parasitaire, avec une parasitémie à 0,5% et un hématocrite à 2,5% est préparée à partir de la culture de *P. falciparum* FCM29. Avant de lancer le test, la culture est synchronisée avec du sorbitol 5% stérile pour avoir des parasites au stade d'anneau [8]. Le test est réalisé dans des plaques de culture de 96 puits (Costar Corporation, New York, USA). Après incubation (200 µl de suspension parasitaire par puits), un frottis mince est confectionné pour chaque puits, coloré au GIEMSA et examiné sur 10 champs microscopiques (2000 à 2500 hématies) par deux microscopistes séparément. Les schizontes présents sont dénombrés pour chaque concentration de produit testé. La parasitémie correspond à la moyenne des valeurs rapportées par les deux microscopistes. L'activité schizonticide (exprimée en pourcentage d'inhibition) est calculée en tenant compte du nombre de schizontes dans les puits contrôle (sans produit testé et 100% de maturation) comme suit :

$$\% \text{ d'inhibition} = 100 - \left[\frac{\text{Nombre schizontes puits avec produit}}{\text{Nombre de schizontes puits contrôle}} \times 100 \right]$$

A l'issue des premiers tests avec *P. falciparum* FCM29, une ré-invasion de merozoites et la présence de schizontes, à des stades de développement différents, ont parfois été observées après 24h d'incubation. L'examen des frottis sanguins sur 10 champs microscopiques ne permet pas une meilleure estimation de l'inhibition. Par conséquent, après plusieurs essais, en vue d'améliorer la méthode Mark III, la durée d'incubation optimale est fixée à 20h et l'examen de frottis sanguins sur 50 champs microscopiques. De plus, une seule synchronisation de parasites le jour du test ne suffit pas. Trois synchronisations sont nécessaires : deux premières synchronisations à J-96h et à J-48h puis à partir de J-3h. L'observation d'un frottis toutes les heures permet de surveiller la culture et d'ainsi éviter la ré-invasion par les merozoïtes. La dernière synchronisation est effectuée deux heures après la détection des premiers parasites au stade d'anneau. Le test de sensibilité est ainsi réalisé avec des parasites au stade d'anneau âgés de 0 à 3h.

Préparation des tisanes

Deux types de tisanes ont été testés : d'une part la tisane de katrafay (*C. grevei*) et de tsivoatolaka (*Gonioma malagasy*, Apocynaceae) aux vertus antipaludiques, et d'autre part la tisane de *Cinchona ledgeriana* (Rubiaceae) - arbre duquel provient la quinine - utilisée comme comparateur. Les écorces

de *C. grevei* (Figure 1) ont été collectées en Juillet 2015 à Ankafantsika dans la région de Boeny (16°36S, 47°08E). Les écorces de *Gonioma malagasy* (Figure 2) ont été collectées en Juillet 2015 à Sakaraha dans la région d'Atsimo-Andrefana (22°54S, 44°32E). Les matériels végétaux collectés ont été séchés, puis conservés à l'Institut Pasteur de Madagascar, dans un endroit sec et à température ambiante (20°C), dans des sacs en coton jusqu'à leur utilisation. L'identification des espèces a été réalisée par les botanistes du Centre National de Recherche et d'Application Pharmaceutique. Des échantillons d'herbier sont conservés à l'Institut Pasteur de Madagascar. Des poudres de *Cinchona ledgeriana* produites par l'Institut Malgache de Recherche Appliquée ont été achetées auprès de vendeurs.

Pour rester proche de l'utilisation empirique, seule la tisane (décocté) est testée. Six grammes d'écorce dans 40 ml d'eau distillée sont portés à ébullition pendant 5 minutes. Après 30 minutes de macération, le décocté est centrifugé puis filtré sous hotte à flux laminaire pour éviter toute contamination bactérienne ou fongique (Merck KGaA, Darmstadt, Germany). Le filtrat sert de solution mère pour la préparation des différentes solutions d'extraits de plantes utilisées pour le test antiplasmodial.



Figure 1 : *Cedrelopsis grevei*
avec des graines (Photo :
Randrianarivelojosia 2008)



Figure 2: *Gonioma malagasy*
(Photo: Indriambelo, 2016)

Test antiplasmodial

La méthode Mark III améliorée est utilisée pour évaluer les activités antiplasmodiales des tisanes. A partir de la solution mère de tisane mentionnée *in supra*, une série de dilution en cascade est effectuée en utilisant le milieu de culture RPMI 1640 additionnée de sérum humain AB+ 10% (v/v). Une gamme de 6 concentrations est testée pour chacune des tisanes en déposant 50µl de solution à tester dans les puits. Chaque concentration est testée en triplicata (3 puits); et chaque test est répété trois fois. La quantité de matière sèche dans 1ml de tisane (solution mère) est déterminée après évaporation permettant de calculer les concentrations testées pour chaque préparation de tisane. Une suspension parasitaire de *P. falciparum* FCM29 en culture est préparée comme indiqué précédemment. Ainsi, 150µl de suspension parasitaire sont distribués dans chaque puits. Les puits contrôles contiennent 50µl de RPMI 1640 additionnée de sérum humain AB+ 10% (v/v). La plaque est ensuite incubée à 37°C. A partir des valeurs du taux d'inhibition de la maturation des schizontes pour chaque concentrations de tisane testées, la Concentration Inhibitrice à 50% (CI50) est calculée [9] pour évaluer l'activité antiplasmodiale des plantes testées.

Résultats et discussion

Nos expériences ont permis d'améliorer le protocole de la méthode Mark III de l'OMS basée sur la microscopie [6], permettant d'évaluer l'activité schizonticide des plantes. Il est crucial de respecter le temps d'incubation, d'effectuer la série de trois synchronisations et d'examiner 50 champs microscopiques. Des personnes venant des universités partenaires ont acquis les compétences techniques nécessaires pour réaliser ce test en toute autonomie. Bien que chronophage, la version de ce test que nous venons de standardiser est robuste. Elle est transférable dans les laboratoires d'analyses médicales des centres hospitaliers universitaires de Madagascar, en attendant la mise en place de laboratoires adaptés à ce type d'activité dans les campus. Contrairement à l'utilisation d'isolats de *P. falciparum* de sensibilités différentes, le test avec *P. falciparum* FCM29 permet d'avoir une meilleure reproductibilité et de comparer les activités des plantes. Cependant, compte tenu des coûts engendrés pour le maintien des parasites en culture, il serait préférable que les parasites soient produits à l'Institut Pasteur de Madagascar avant d'être envoyés vers les universités. Des tests pourront ainsi être réalisés sur site pendant deux à trois semaines par série de test.

Les activités schizonticides observées des tisanes testées contre *P. falciparum* FCM29 ont été différentes. *Cinchona ledgeriana* - une plante antimaladique avérée - étant le comparateur, le rapport

CI50 Plante/CI50 *C. ledgeriana* est inversement proportionnel à l'activité relative des plantes (Tableau).

Tableau : Activité anti-plasmodiale de *Cedrelopsis grevei* contre *P. falciparum* FCM29

Tisane testée	CI50 ($\mu\text{g/ml}$)	Rapport de CI50*
<i>Cinchona ledgeriana</i>	$0,13 \pm 0,06$	1
<i>Gonioma malagasy</i>	$1,1 \pm 0,3$	9
<i>Cedrelopsis grevei</i>	$4,8 \pm 1,5$	38,1

*Ce rapport (CI50 extrait de plante/CI50 *Cinchona ledgeriana*) indique combien de fois plus faible que celle de *Cinchona ledgeriana* est l'activité de la tisane testée

En tenant compte de l'échelle d'activité antiplasmodiale proposée par Willcox et al [10], l'activité schizonticide du décocté de *C. grevei* est bonne, avec une CI50 de 4,8 $\mu\text{g/ml}$. Pourtant, *C. grevei* étant 38 fois moins actif que *C. ledgeriana* et 4,2 fois moins actif que *G. malagasy*, nous estimons que son activité antiplasmodiale est faible voire très faible. A l'avenir, il serait intéressant d'étendre les études de katrafay vers les autres espèces de *Cedrelopsis* sp.

Des Rutaceae (*Cochlospermum planchonii*, *Citrus medica*, *Afraegele paniculata*, *Toddalia asiatica*, *Citrus aurantiifolia*, *Citrus medica* et *Zanthoxylum gilletii*) sont réputées pour leurs vertus antipaludiques ou antipyrrétiques dans la médecine traditionnelle de différents pays [11]. Une plante anti-tazo serait ainsi peut-être antipyrrétique ou anti-inflammatoire.

En guise de conclusion, la méthode Mark III améliorée permet un premier criblage pour évaluer l'activité antiplasmodiale des remèdes traditionnels. Les résultats des tests *in vitro* avec *C. grevei* et avec *G. malagasy* ne justifient cependant pas encore leur utilisation dans le traitement du paludisme. Tester *in vivo* des lyophilisats à partir des décoctés de ces plantes contre *Plasmodium yoelii yoelii*, utilisé dans le modèle murin de paludisme expérimental, permettra d'apprecier les premières preuves de concept sur leurs activités antipaludiques éventuelles.

Remerciements

La réalisation de ces travaux a été financée par l'Institut Pasteur de Madagascar. Nous adressons nos sincères remerciements à Dr Muriel Maeder pour ses commentaires pertinents qui ont permis d'améliorer ce manuscrit.

Références bibliographiques

- Debray, M., Médecine et pharmacopée traditionnelles à Madagascar. 1973.
- Ralarosy, R., Les maladies avant l'arrivée des Européens. 1945.
- Flacourt, Histoire de la grande île Madagascar. . 1656.
- Callet, R.P., Tantara ny Andriana eto Madagasikara (Histoire des Rois, 1908), édition I. Tananarive. 1872.
- Poiteau, H., Pharmacopée et médecine traditionnelle à Madagascar. 1946.
- WHO, In vitro micro-test (mark iii) for the assessment of the response of plasmodium falciparum to chloroquine, mefloquine, quinine, amodiaquine, sulfadoxine/pyrimethamine and artemisinin. 2001, World Health Organization.
- Trager, W. and J.B. Jensen, Human malaria parasites in continuous culture. J Parasitol. 2005 Jun;91(3):484-6., 1976.
- Lambros, C. and J.P. Vanderberg, Synchronization of Plasmodium falciparum erythrocytic stages in culture. J Parasitol. 1979 Jun;65(3):418-20., 1979.
- Randrianarivelojosia, M., et al., Plants traditionally prescribed to treat tazo (malaria) in the eastern region of Madagascar. Malar J. 2003 Jul 24;2:25. Epub 2003 Jul 24., 2003.
- Willcox, M., et al., Do ethnobotanical and laboratory data predict clinical safety and efficacy of anti-malarial plants? Malar J. 2011 Mar 15;10 Suppl 1:S7. doi: 10.1186/1475-2875-10-S1-S7., 2011.
- Karunamoorthi, K., et al., Role of traditional antimalarial plants in the battle against the global malaria burden. Vector Borne Zoonotic Dis. 2013 Aug;13(8):521-44. doi: 10.1089/vbz.2011.0946. Epub 2013 May 13., 2013.

49. Contribution à la valorisation des plantes aromatiques d'Apiaceae de Madagascar par la caractérisation chimique des huiles essentielles (RMN-¹³C, CPG(IR) et CPG-SM) : *Pimpinella ebracteata Baker & P. perrieri Sales & Hedge* inéd.

RABEHAJA R. Delphin J.^{1*}, MATHIEU Paoli², RAKOTONANDRASANA Stéphan R.³, ANDRIANJARA Charles¹, RAKOTOARIMANANA Vonjison⁴, TOMI Félix², RAMANOELINA Panja A.R.⁵

¹Département Phytochimie et Contrôle Qualité, Institut Malgache de Recherches Appliquées (IMRA) – Fondation Albert et Suzanne RAKOTO-RATSIMAMANGA,

²Université de Corse-CNRS, Equipe Chimie et Biomasse, UMR CNRS 6134

³Département d'Ethnobotanique et Botanique, Centre National d'Application de Recherches Pharmaceutiques.

⁴Département de Biologie et Ecologie Végétales, Université d'Antananarivo

⁵Laboratoire des Industries Agricoles et Alimentaires, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo

Résumé

La famille des Apiaceae comprend 3.540 espèces, dans le monde, qui sont réparties dans 445 genres, cosmopolites, spécialement dans les régions tempérées et tropicales de montagne. En Afrique subsaharienne et Madagascar, 369 espèces partagées dans 77 genres sont actuellement connues. Ce sont généralement des espèces herbacées. Il est important de souligner qu'il s'agit d'une famille de plantes très importantes sur le plan économique : elle comprend des espèces comestibles, certaines espèces sont médicinales et la plupart des espèces d'Apiaceae sont également aromatiques du fait de la présence d'huiles essentielles dans les différents organes. Quant à leur utilisation traditionnelle, celle de *Pimpinella madagascariensis* et *Billburttia capenoides* ont été rapportées.

Très peu d'études des compositions chimiques ont été consacrées aux espèces malgaches : les constituants aromatiques de *Pimpinella madagascariensis* (ex. *Phellopholium madagascariensis*) ont été examinés par Andriamanantoanina et al. (2006) et ceux de *Tana bojeriana* par Rabehaja et al (2010). Notre contribution consiste à valoriser deux plantes aromatiques et médicinales endémiques de Madagascar. *Pimpinella ebracteata Baker & P. perrieri Sales & Hedge* inéd. ont été récoltées dans le versant ouest du massif de l'Ankaratra de Madagascar. L'identification des constituants des huiles essentielles obtenues par hydrodistillation a été effectuée par combinaison de la CPG(IR), du couplage CPG-SM et de la RMN du ¹³C, selon la méthode développée par l'Université de Corse. Les rendements en huile essentielle sont variables de 0,24% à 0,36% (m/m).

La composition de deux huiles essentielles (HE) est dominée essentiellement par les monoterpènes :

- L'HE de *Pimpinella ebracteata* est dominée par la présence majoritaire du myrcène (62,7%), □-terpinène (22,5%) et p-cymène (6,7%) ;
- L'HE de *P. perrieri* est caractérisée par la prédominance de l'□-pinène (67,1%), suivi du □-pinène (3,6%) et du myrcène (2,8%) ; des composés minoritaires comme geijérène, prégeijérène et isogeijérène, détectés dans les racines de *Pimpinella anisum* du Portugal [8] et des espèces de *Pimpinella* collectées au Centre et au Nord de la Turquie, ont été identifiés aussi dans cette espèce endémique de Madagascar.

L'ensemble des résultats constituent des données précieuses pour la valorisation et la commercialisation de ces huiles essentielles. Des divers tests biologiques seront envisageables avec la multiplication de ces plantes afin de préserver ses habitats naturels.

Mots-clés : Apiaceae, huile essentielle, *Pimpinella*, RMN-¹³C, Madagascar

I-Introduction

I-1. Famille d'Apiaceae

La famille d'Apiaceae comprend 3540 espèces, dans le monde, qui sont réparties dans 445 genres, cosmopolites, spécialement dans les régions tempérées et tropicales de montagne [1]. En Afrique subsaharienne et Madagascar, 369 espèces partagées dans 77 genres sont actuellement connues. Ce sont généralement des espèces herbacées mais il existe des espèces arbustives. Il est important de souligner qu'il s'agit d'une famille de plantes très importantes sur le plan économique : elle comprend des espèces comestibles (le persil, la carotte ...), certaines espèces sont médicinales (ex *Centella asiatica* ou *Talapetra*) et la plupart des espèces d'Apiaceae sont également aromatiques

du fait de la présence d'huiles essentielles dans les différents organes [2]. Quant à leur utilisation traditionnelle, celle de *Pimpinella madagascariensis* et *Billburttia capenosoides* ont été rapportées [3].

I-2. Objectifs

Pour la continuité de nos travaux de recherche sur la famille d'Apiaceae (*Tana bojeriana*, [4]), le présent travail consiste à valoriser deux plantes aromatiques et médicinales poussant spontanément à Madagascar, *Pimpinella ebracteata* Bakeret *P. perrieri* Sales & Hedge inéd., par la détermination de la composition chimique de leurs huiles essentielles. Il s'agit d'une contribution à la conservation de la biodiversité, en collaborant étroitement avec les groupements des paysans (VOI) autour des sites de collectes. Ainsi, nos objectifs consistent à i) aider d'un point de vue agronomique les paysans pour les plantations (multiplication des plants) ii) faire des collectes rationnelles (Tambavy ou tisane) associées à la production d'HE et iii) initier les VOI à produire des HE afin de créer du supplément de sources de revenus.

I-3. Travaux antérieurs du Genre *Pimpinella* et Famille d'Apiaceae à Madagascar

Très peu d'études des compositions chimiques ont été consacrées aux espèces malgaches : les constituants aromatiques de *P. madagascariensis* (ex. *Phellophium madagascariensis*) ont été examinés par Andriamanantoanina et al. (2006) [5] et ceux de *Tana bojeriana* par Rabehaja et al (2010) [4].

II-Matériels et méthodes

II-1. Descriptions botaniques et utilisations

Le Genre *Pimpinella* appartient à la tribu d'Apiaeae, sous famille d'Apioideae et Famille d' Apiaceae. A Madagascar, il existe huit espèces de *Pimpinella* : *P. betsileensis*,

P. ebracteata, *P. humbertii*, *P. laxiflora*, *P. leptophylla*, *P. perrieri*, *P. tenuicaulis* et *P. madagascariensis* (ex. *Pellolophium madagascariensis*). Notre étude se focalise sur deux espèces : *Pimpinella ebracteata* Baker ou Saonjondrangahy et Farara ou *P. perrieri* Sales & Hedge inéd. (figures 1 et 2).

Pimpinella ebracteata* Baker (Figure 1) synonyme *P. bisecta

C'est une plante herbacée, endémique de Madagascar, vivace en forme de rosette au ras du sol, racine non tuberculisée.

Caractéristiques ; feuilles pennées, les folioles, dentées, incisées ou pennatifides, sessiles, quelque fois avec de poils courts, Inflorescences en grappe d'ombelles, pouvant atteindre 1m de haut, glabre. Bractées pennatifides et linéaires, bractéoles linéaires, pubescent sur la face supérieure. Fleurs petites, en ombelles composées. Fleurs pentamères, marron jaunâtre. Fruit sec, glabre, ellipsoïde, terminé par le reste du style. Les jeunes feuilles sont comestibles. L'infusion des racines est utilisée pour soigner les ballonnements intestinaux.



Figure 1 : *P. ebracteata*
(Photo Rakonandrasana)



Figure 2-a : Inflorescence



Figure 2-b : Feuilles

Figure 2 : *P. perrieri* (Photo Rakonandrasana)

***Pimpinella perrieri* Sales & Hedge inéd. (Figure 2)**

Caractéristiques :

Plantes suffrutescentes pouvant atteindre 1 m de haut, racine non tuberculés. Feuilles caulines, pennées, folioles et foliolules dentées, sessiles, discolorés, couverts de poils denses. Inflorescences en grappe d'ombelles pubescents. Bractées ovées et grandes, bractéoles absentes. Fleurs petites, en ombelles composées. Fleurs pentamères vert jaunâtre. Fruit sec, glabre, ovoïde, terminé par le reste du style. Plante endémique de Madagascar aussi, non comestible mais les feuilles sont utilisées en infusion pour traiter le marasme.

II-2. Matériel végétal

P. ebracteata Bakera été collectée à Ambohipisaka-Manalalondo, commune Manalalondo District d'Arivonimamo, (22/01/ 2016 altitude 1705 m ; latitude 19°16'47,45"S ; longitude 047°03'45,25"E).

P. perrieri Sales & Hedge inéd. : Mont-de-Tsiafakafokely, commune d'Andranomielty, District d'Arivonimamo et région d'Itasy, (22/09/2016 ; altitude 2203 m ; latitude 19°16'42,7"S ; longitude 047°12'52,7"E). Les plantes ont été authentifiées par Dr Rakotonandrasana Stéphan Richard et déposées dans l'herbier du Département botanique du CNARP sous les numéros ST1496 (*Pimpinella ebracteata*) et ST1516 (*P. perrieri*).

II-3. Extraction des huiles essentielles

Des parties aériennes (sans inflorescences) de chaque espèce de *Pimpinella* ont été distillées à l'échelle laboratoire par un appareil autocuiseur surmonté d'un clevenger durant 3h. Les HE obtenues ont été soumis à centrifugation et les rendements calculés (m/m).

II-4. Composition chimique de l'huile essentielle

Pour poursuivre notre investigation, en vue de produire de nouvelles huiles essentielles, nous nous sommes intéressés à la composition chimique des huiles essentielles de *Pimpinella ebracteata* et *P. perrieri*, qui, à notre connaissance, n'ont fait l'objet d'aucune étude. Pour cela, nous avons mis en œuvre l'association de la CPG(Ir), le couplage CPG-SM et la RMN-¹³C.

Analyse chromatographique (CPG) :

L'analyse GC a été effectuée avec un appareil Clarus 500 Perkin-Elmer Autosystem équipé de deux détecteurs d'ionisation de flamme (FID) et des colonnes capillaires BP-1 (polyméthylsiloxane) et BP-20 (polyéthylène glycol). Gaz vecteur : hydrogène ; vitesse linéaire: 0,8 mL/min. La température du four a été programmée de 60 ° C à 220 ° C à 2 °C/min, puis maintenue en isotherme (20 min). La température de l'injecteur était de 250 ° C.

Analyse par CPG-SM : Perkin-Elmer TurboMass (quadrupôle), directement couplé à un Perkin-Elmer Autosystem XL, équipé d'une colonne capillaire (50 mx 0,22 mm id, épaisseur du film 0,25 µm), BP- 1 (polydiméthylsiloxane). Gaz vecteur, hélium à 0,8 ml / min; Division: 1:74; Volume d'injection: 0,5 µL; température de l'injecteur : 250 ° C; Température du four programmée de 60 ° C à 220 ° C à 2 ° C / min, puis maintenue isotherme à 220 ° C pendant 20 min. Température source d'ions: 250 ° C; Ionisation énergétique: 70 eV; Les spectres de masse d'ionisation électronique ont été acquis sur la gamme de masse 35-350 Da.

RMN-¹³C : Les spectres de RMN ont été enregistrés sur un spectromètre de transformée de Fourier Bruker AVANCE 400 fonctionnant à 100.13 MHz pour ¹³C, équipé d'une sonde de 5 mm, dans du chloroforme deutéré (CDCl₃) avec le tétraméthylsilane interne (TMS) comme référence. Les spectres de RMN ¹³C ont été enregistrés avec les paramètres suivants: impulsion (PW), 4 µs (angle de basculement 45 °); Temps d'acquisition, 2,7 s (128 K) avec une largeur spectrale (SW) de 240 ppm, nombre d'accumulations : 3 000 (50 mg dans 0,5 ml de CDCl₃).

Identification des constituants : L'identification des composants individuels est basée sur la comparaison: i) de leurs indices de rétention de GC (RI) sur les colonnes apolaires et polaires, ii) avec des bibliothèques spectrales de masse [6], iii) des signaux dans les spectres RMN ¹³C des mélanges avec ceux des spectres de référence présents dans la bibliothèque laboratoire [7].

III-Résultats et discussion

III-1. Composition chimique des huiles essentielles

Les rendements en HE varient de 0,58 à 0,62% pour *P. ebracteata* et de 0,10 à 0,19% pour *P. perrieri*. Les HE sont caractérisées par la dominance des monoterpènes (96,6% pour *P. ebracteata* et 86,5% pour *P. perrieri*).

Tableau 1 : Composition chimique des HE

Constituant	Ira	Irp	<i>P. ebracteata</i>	<i>P. perrieri</i>
			%	%
□-pinène	930	1018	0,7	67,1
Sabinène	942	1059	0,5	2,4
□-pinène	968	1111	0,6	3,6
Penthylfuranne	975	xx	-	tr
Myrcène	979	1160	62,7	2,8
p-cymène	1010	1271	6,7	0,2
Limonène	1019	1201	1,5*	2,3*
□-phellandrène	1019	1210	1,3*	1,7*

\square -terpinène	1046	1244	22,5	0,5
<i>p</i> -cyménène	1070	1438	-	0,2
Linalol	1081	1546	0,1	0,8
Isogeijérène	1127	xx	-	0,2
Geijérène	1134	1323	-	1,5
pentylcyclohexa-1,3-diène	1147	1332	-	3,3
terpinèn-4-ol	1159	1600	<i>tr</i>	0,2
acétate de 2-phenyléthyle	1222	1816	-	<i>tr</i>
Myrténal	1127	1627	-	0,6
isogeijérène C	1239	xx	-	<i>tr</i>
myrtenate de méthyle	1271	1678	-	0,3
Pregeijérène	1276	1312	-	0,3
(<i>E</i>)- \square -caryophylène	1414	1591	0,5	0,5
germacrène-D	1472	1703	0,1	0,5
(<i>E</i>)- \square -farnésène	1476	1663	-	0,3
\square -sélinène	1478	1712	-	0,3
\square -cadinène	1511	1750	0,2	0,5
Kessane	1522	1779	-	<i>tr</i>
\square -élémol	1531	2076	-	0,2
$\square\Box\Box$ -nérolidol	1545	2038	<i>tr</i>	0,1
néophytadiène	1836	1924	-	0,2
<i>p</i> -camphorène	1968	xx	0,2	-
TOTAL			97,3	91,1

L'ordre d'élution et les pourcentages sont donnés sur colonne apolaire (BP-1). Ira et Irp : indices de rétention mesurés respectivement sur colonnes apolaire et polaire. Les pourcentages en gras sont ceux des composés identifiés par RMN-¹³C et ceux en italique par CPG-SM. tr : trace (< 0,1%)

P. ebracteata : caractérisée par la présence majoritaire du myrcène (62,7%), du \square -terpinène (22,5%) et du *p*-cymène (6,7%). D'autres composés présentent une teneur supérieure à 1% : limonène (1,5%) et du \square -phellandrène (1,3%).

P. perrieri : la composition chimique est dominée par les monoterpènes dont l' \square -pinène (67,1%). Les sesquiterpènes représentent 7,5%. En comparant avec la littérature, nous notons des constituants minoritaires communs aux autres plantes appartenant au genre *Pimpinella*.

Il s'agit des : 1)- \square -élémol, (*E*)-nérolidol, oxyde de caryophyllène et néophytadiène [4] 2)-isogeijérène (0-0,9% [10-11]), geijérène (0-9,3% [9-10]), isogeijérène C (0-0,4 [9]), pregeijérène (0-24,3% [9, 11]), (*E*)- \square -farnésène (0-1,2% [9, 11]), kessane (0-0,8% [10]). La présence du pentyl cyclohexa-1,3-diène, acétate de 2-phenyléthyle, myrténal et myrtenate de méthyle confèrent à cette huile essentielle une originalité.

IV-Conclusion

La sensibilisation de la population pour ces plantes rares et endémiques, mais aisément cultivables, peut conduire à un développement économique par la production d'huiles essentielles ou de matière première pour les tisanes tout en préservant la biodiversité. Dans l'immédiat, nous poursuivons nos études sur d'autres parties du végétal de *P. ebracteata* & *P. perrieri*, et sur la réalisation de tests afin de déterminer l'existence d'une activité biologique.

A moyen terme, nous poursuivrons nos investigations sur d'autres espèces de *Pimpinella* de Madagascar, non encore étudiées, à savoir *P. betsileensis*, *P.tenuicaulis* mais aussi sur d'autres Apiaceae Malagasy comme *Billburttia sp.*

Remerciements : les auteurs remercient la Direction générale des Forêts/DSAP pour avoir délivré l'autorisation de collectes.

Références bibliographiques

- Mabberley D. J., 2000. The plant- book. A portable dictionary of the vascular plant. 2nd edition. Cambridge university press. Cambridge. 858p.
- Van Wyk, B-E., Tilney, P.M., Magee, A.R., 2013. African Apiaceae. A synopsis of the Apiaceae / Umbelliferae of sub-Saharan Africa and Madagascar. Briza Academic Books, Pretoria, pp : 114-115.
- Boiteau, P., Boiteau, M., Lucile, A.-B., 1999. Boiteau, P., Boiteau M., Lucile A-B. 1999. Dictionnaire des noms malgaches des végétaux. Vol. IV. Edition Alzieu. Paris. pp: 105-106.
- Rabehaja D.J.R, Ihandriharison H., Randrianirina A.Y., Ramanoelina P.A.R., Bighelli A., Casanova J. and Tomi F. 2011. Combined Analysis by GC(RI), GC-MS and ¹³C NMR of the Essential Oil from *Tana bojeriana* (Apiaceae), an Endemic Species of Madagascar. *Analytical Chemistry Letters*. **1** (2): 130-134.
- Andriamanantoanina H., Ramaroson L., Raminosoa T., Ratsimbason M., Casabianca H. & Grenier Loustalot M. F. 2006. Chemical composition and biological of essential oil of *Phellolophium madagascariensis* Baker (Umbellifereae). *J. Ess. Oil Res.* **18**: 231-233.
- (a) McLafferty W, Stauffer DB. (**1994**) *Wiley Registry of Mass Spectral Data*. 6th ed. *Mass Spectrometry Library Search System Bench-Top/PBM*, Version 3.10d. Palisade, Newfield; (b) Joulain D, König WA. (**1998**) *The Atlas of Spectral Data of Sesquiterpene Hydrocarbons*. EB-Verlag, Hamburg; (c) Adams RP. (**2007**) *Identification of Essential Oil Components by GasChromatography/Mass Spectroscopy*. 4th ed. Allured Publishing Co, Carol Stream.
- Tomi F., Bradesi A., Bighelli A. and Casanova J. 1995. *J. Magn. Reson. Anal.* **1**: 25-34.
- Tomi F. and Casanova J. 2000. *Ann. Fals & Expertise Chim.* **93**(952): 313.
- Santos P. M., Figueiredo A. C., Oliveira M. M., Barroso J. G., Pedro L. G., Deans S. D., Younus A. K. M. and Scheffer J. J. C.. 1998. Essential oil from hairy root cultures and from fruits and roots of *Pimpinella*. *Phytochemistry*. **48**(3): 455-460.
- Tabanca N., Demirci B., Kirimer T. O. N., Baser K. H. C., Bedir E., Khan I., Wedge D. E.. 2006. Gas chromatographic mass spectrometric analysis of essential oils from *Pimpinella* species gathered from Central and Northen Turkey. *J. Chomatography A*. 1117; 194-205.
- Anne ORAV, Ain RAAL and Elmar ARAK. 2008. Essential oil of *Pimpinella anisum* L. fruits from varoius European countries. *Nat. Prod. Research.* **22**(3): 227-232.

50. Étude chimique des fungi de l'ordre des polyporales de Madagascar : activité biologique, analyse structurale des constituants isolés

RABEZAFY Fabien, ⁽¹⁾Pr. Marta ANDRIANTSIFERANA ⁽²⁾ Pr. RASOANANDRASANA Emilienne, ⁽³⁾M. RANDRIANJOHANY Emile, ⁽³⁾ M. RALAMBONDRAHETY Rahania

⁽¹⁾LPNB (*Laboratoire des Produits Naturels et de Biotechnologie*), ⁽²⁾ LMI/BES (*Laboratoire Mixte International/ Biodiversité, Environnement et Santé*), LARED (*Laboratoire d'Analyse et de Recherche en Environnement et Déchet*) EDGVM de la Faculté des sciences, de Technologies et de l'Environnement de l'Université de Mahajanga ; ⁽³⁾ Centre National de Recherche en Environnement (CNRE)

Résumé

Les « polypores malgaches », comme leurs homologues des autres contrées, contiennent-ils des principes actifs ?

L'objectif est de mettre en évidence la richesse potentielle, les principes actifs que recèlent les champignons locaux.

L'étude sur deux espèces, le *Phellinus* sp et le *Ganoderma* sp rencontrés au Parc National d'Ankarafantsika et à la Forêt de Mahajamba, révèle la propriété antioxydant dans celles-ci et leur faible toxicité. **09 produits** ont été recensés sur le *Ganoderma* sp grâce à l'analyse en **HPLC** de ses extraits totaux.

Il y a une forte probabilité que ces 09 produits présentent d'autres activités biologiques à part la propriété antioxydant et la faiblesse de leur toxicité les rend encore plus pertinents.

Mots-clés : Champignons, polypores, principe actif, ganoderma sp, phellinus sp, Madagascar

1. Contexte

Le règne fongique

Le règne des *Fungi*, aussi appelé *Mycota* ou *Mycètes* ou *Fonge*, constitue un taxon regroupant des organismes appelés plus communément champignons. Environ 100 000 espèces de Mycètes ont été décrites à ce jour, mais on estime que leur nombre total est proche de cinq millions [1]. C'est un Règne à part.

Les Polyporales

« Les Polyporales », aussi appelés clade polyporoïde, sont un ordre ou un clade des Agaricomycetes. C'est un ordre des *fungi* basidiomycètes. Il regroupe un grand nombre de "polypores" au sens large, mais pas tous. Il s'agit, pour la plupart, de *fungi* lignicoles qui jouent un rôle actif dans le pourrissement du bois. Ces genres furent un moment inclus dans les *Aphyllophorales* (littéralement « sans lames »). La phylogénétique les classe maintenant dans les Agaricomycetes.

On distingue une dizaine de familles représentant 1 800 espèces [2].

Les résultats de nombreuses recherches sur les polypores révèlent l'existence de principes biologiquement actifs dans certains d'entre eux ayant une vertu médicinale [3,4]. Certains reconnus comme ayant une vertu anticancéreuse [5, 6].

En outre, les *fungi* de la famille des *Polyporaceae* sont les véritables fossoyeurs des forêts qui, sans eux, seraient encombrées de souches, troncs et branches mortes abattus soit par des tempêtes, soit par des maladies. En effet, les polypores jouent un rôle important dans la décomposition du bois mort et sont alors eux-mêmes une source d'alimentation pour d'autres espèces, d'invertébrés (escargots, limaces), vertébrés fongivores et nombreux insectes [7].

Cela nous indique que des principes actifs y existent et que leur existence joue un rôle crucial dans l'équilibre de l'écosystème.

2. Objectif de la thèse

Les champignons sont encore peu connus à Madagascar, non seulement de la population, mais aussi des scientifiques. La preuve en est que, mise à part la « Mycologie », objet de recherche de quelques Enseignants-Chercheurs, rares et très rares sont les études effectuées. Cependant, les travaux bibliographiques, que nous avons effectués, renseignent sur l'existence dans la Grande Ile, de champignons susceptibles de contenir des principes biologiquement actifs des plus divers.

L'objectif de la thèse consiste à mettre en évidence la richesse potentielle, les principes actifs mentionnés, que recèlent ces champignons locaux.

3. Problématique et questions de recherche

Les « polypores malgaches », comme leurs homologues des autres contrées contiennent-ils des principes actifs ?

Pour trouver la réponse à cette question, il est nécessaire de procéder par étapes, dont ci-après les plus importantes :

- Identifier les espèces potentiellement « valables » ;
- Isoler les principes actifs (fractionnements bio-guidés des extraits) ;
- Effectuer des tests biologiques systématique ;
- Déterminer les structures des diverses molécules ainsi isolées.

4. Matériels et méthodes

➤ Collecte d'échantillons

Elle s'est faite dans deux zones d'études sous la direction d'un mycologue dont le rôle principal était d'identifier les *fungi* collectés. Les deux zones en question sont respectivement, le Parc National d'Ankarafantsika et la forêt de Mahajamba.

➤ Extraction et purification des molécules

C'est une extraction liquide - liquide classique suivie d'une série de fractionnements bio-guidés : utilisation conjuguée des méthodes chromatographiques CCM, CLHP (Phase inverse).

➤ Tests d'activité biologique

Ils sont entrepris en collaboration avec le Centre National de Recherches en Environnement.

Le cas échéant il sera également fait appel au concours de partenaires à l'étranger.

5. Résultats et discussions

➤ Travaux sur terrain

22 espèces ont pu être collectées sur les deux sites visités et ont été identifiées par le chercheur, mycologue, Emile RANDRIANJOHANY (CNRE). Les espèces collectées sont présentées dans le tableau qui suit.

Site Mahajamba		Site Ankarafantsika	
Famille	Genres et Espèces	Famille	Genres et Espèces
<i>Polyporaceae</i>	<i>Phellinus</i> sp	<i>Polyporaceae</i>	-

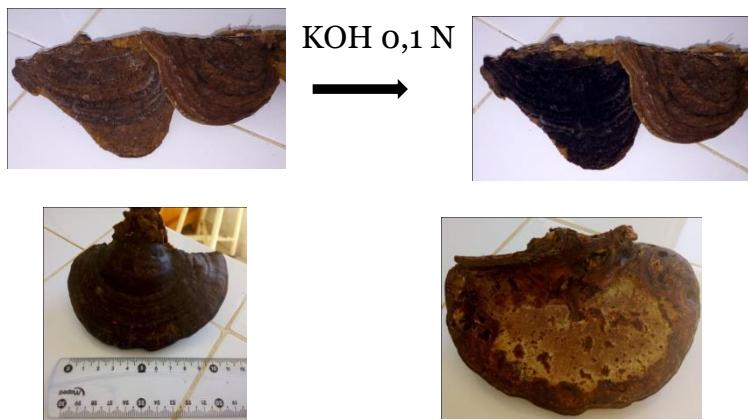
<i>Polyporaceae</i>	<i>Ganoderma</i>	<i>Polyporaceae</i>	-
<i>Polyporaceae</i>	-	<i>Polyporaceae</i>	-
<i>Polyporaceae</i>	-	<i>Polyporaceae</i>	<i>Pycnoporussp</i>
<i>Polyporaceae</i>	-	<i>Polyporaceae</i>	<i>Pseudo Pycnoporussp</i>
<i>Polyporaceae</i>	-	<i>Coriolaceae</i>	<i>Tramète</i>
<i>Polyporaceae</i>	-	<i>Polyporaceae</i>	<i>Polypore en consolepluriannuel</i>
<i>Polyporaceae</i>	-	<i>Polyporaceae</i>	<i>Polypore en consolepluriannuel</i>
<i>Polyporaceae</i>	-	<i>Polyporaceae</i>	<i>Ganoderma (cfapplanatum)</i>
<i>Polyporaceae</i>		<i>Ganodermaceae</i>	<i>Ganodermasp</i>
		<i>Ganodermaceae</i>	<i>Ganodermasp</i>
		<i>Ganodermaceae</i>	<i>Ganodermasp</i>

➤ **Travaux en laboratoires**

. *Travaux chimiques*

Les travaux chimiques effectués au CNRE sur les champignons et *Phellinus sp (polypore)* nous ont permis d'obtenir cinq fractions pour chaque espèce.

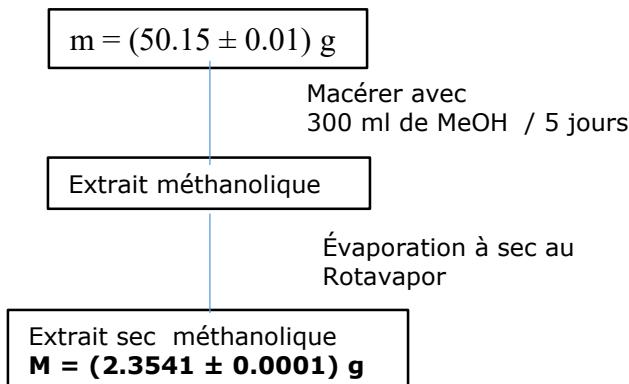
Identification des espèces étudiées [8]:



Extraction

Le procédé d'extraction pour le *Ganoderma sp* est représenté dans le schéma ci-dessous :

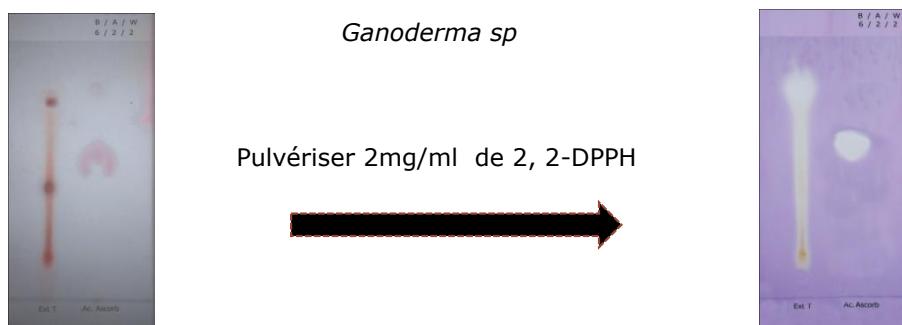
Ganoderma sp



Rendement pour le *Ganoderma sp* = 4.69%

Ce même procédé a été suivi pour le *Phellinus sp* et le **rendement obtenu est de 4,59%**.

Les deux extraits totaux ainsi obtenus ont fait l'objet d'un **test de propriété antioxydant** dont le procédé est exposé sur la figure qui suit.



La couleur jaune confirme la propriété antioxydant (TIKAO, 1994)

Les mêmes résultats ont été obtenus pour les extraits totaux de *Phellinus sp*.

➤ **Test de toxicité aigue**

Un lot de trois souris pour chaque extrait testé a été utilisé pour l'expérimentation.

Une dose de 0,3 ml par 25 g a été administrée par voie intrapéritoniale, en une seule application sur chacune des souris mises à jeun la veille.

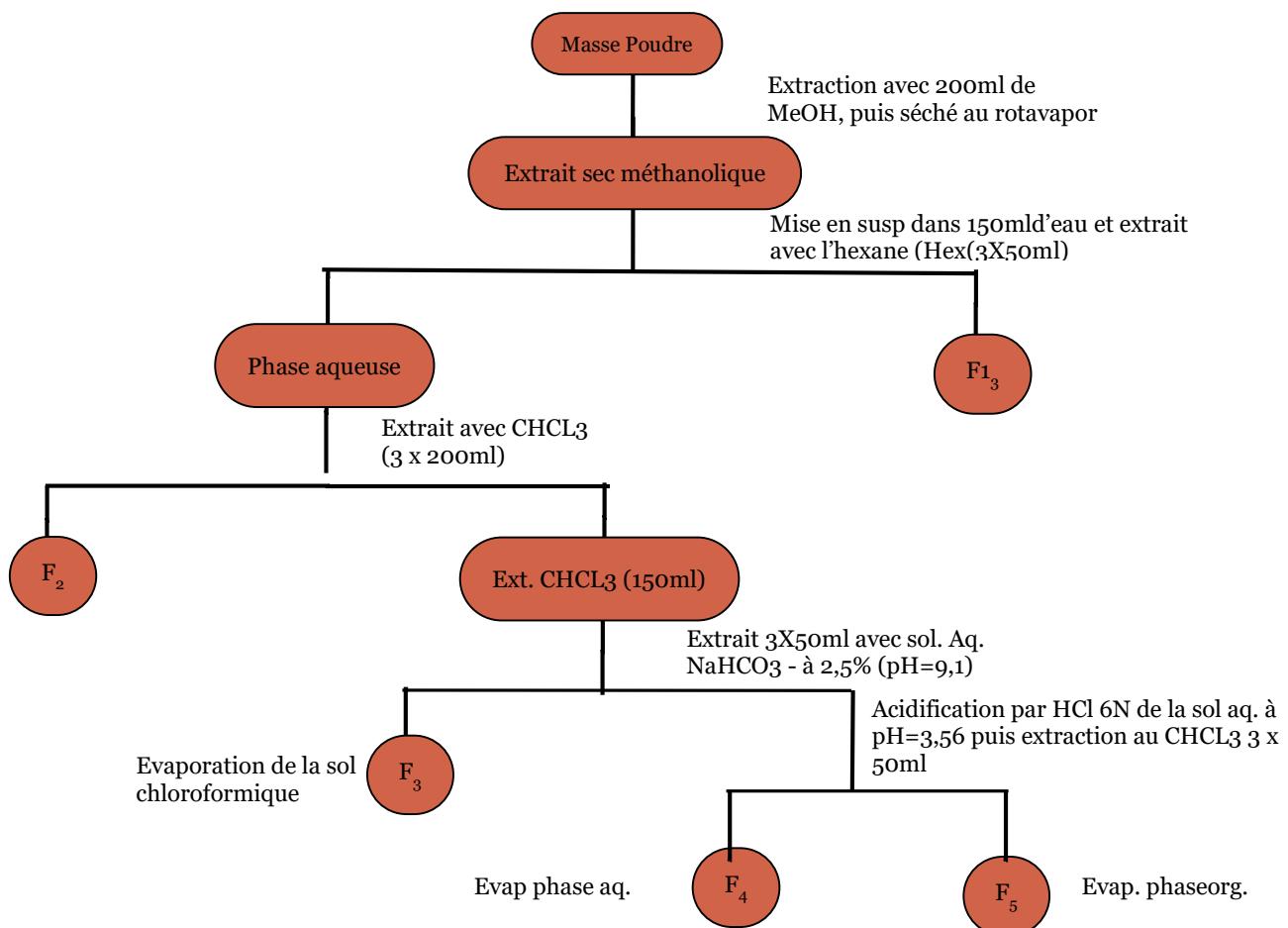
De l'eau physiologique a été administrée au lot témoin.

La concentration de chaque extrait est de 840 mg/kg pour le *Phellinus sp* et 960 mg/kg pour le *Ganoderma sp*.

En se référant à l'échelle de toxicité des substances chimiques de *HODGE et STERNER*, pour le rat, de *GOSSELIN et al.* pour l'humain, avec un DL 50 >840 mg/kg, pour le *Phellinus sp* et 960 mg/kg pour le *Ganoderma sp*, les souris n'étant pas mortes après 24 heures, il en est déduit que les produits sont faiblement toxiques.

➤ Fractionnement

Le protocole d'extraction et de fractionnement est le suivant :



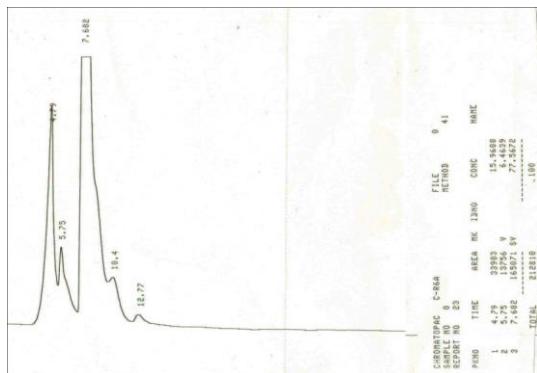
Les masses des fractions obtenues sont présentées dans le tableau suivant :

<i>Ganoderma sp</i>		<i>Phellinus sp</i>	
Fraction	Masse (mg)	Fraction	Masse (mg)
F1	211.8	F1	199.2
F2	345.1	F2	254.3
F3	347.7	F3	289.5
F4	30.1	F4	52.1

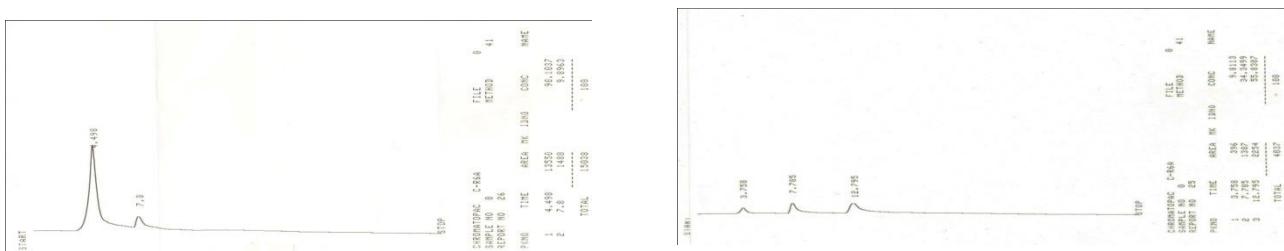
F5	213.4	F5	245.3
----	-------	----	-------

➤ Analyse en HPLC

Les profils chromatographiques des extraits totaux, des fractions F3, F5, sont présentés sur les figures ci-dessous.



Profil HPLC des Ext. Totaux sur colonne RP18 à phase inverse



Profil HPLC de F3 sur colonne RP18 à phase inverse Profil HPLC de F5 sur colonne RP18 à phase inverse

6. Conclusion

09 produits ont été recensés pour l'espèce *Ganoderma sp.*

Les champignons de genre *Phellinus sp* et *Ganoderma sp* présentent une propriété antioxydante. Ces espèces sont d'une faible toxicité.

Références bibliographiques et webographiques

« The Fungi ; 2, 3 ... 5,1 Million species ? », *American Journal of Botany*, vol. 98, n° 3, 2011, p. 426–438

<http://www.britannica.com/bps/user-profile/4419/the-editors-of-encyclopaedia-britannica>

Tardif Alain, La mycothérapie : Médecine des champignons, Amyris, 2007, 190 p.(ISBN 978-2930353456)

Burczyk J.;Gawron A.;Slotwinska M.;Smietana B.;Terminskak.,Antimitotic activity of aqueous extracts of *Innotus obliquus*, *Bull Chim Farm*, 1996 May;135(5):306-309

Welt iStephane, Recherches de substances antitumorales à partir de ganodermes et autres polypores récoltées dans les îles françaises des petites Antilles et contribution à l'inventaire des *Ganodermataceae* de Martinique, Guadeloupe et dépendance,Thèse de Doctorat de l'Université de Lille Nord de France, Spécialités : Sciences Pharmaceutiques, HAL archives ouvertes, 2009.

Zjawiony Jordan K.,Biologically Active Compounds from *Aphyllophorales (Polypore)* Fungi, *J. Nat. Prod*, 2004, 67 (2), 300-310

Jonsell Mats, Nordlander Göran and Jonsson Mattias, Colonization Patterns of Insects Breeding in Wood-Decaying Fungi Many insects dependent on dead wood are considered threatened by modern... Journal of Insect Conservation, 1999, Volume 3, Number 2, Pages 145-16

Randrianjohany, E.; Cours Biodev sur le règne fongique ; l'organisme fongique : structure cellulaire, morphologie, biologie (nutrition) et les Basidiomycètes, 2007.

51. Variabilités chimiques et activités antimicrobiennes des huiles essentielles de *Cinnamosma spp.*(Alternative aux antibiotiques en aquaculture de crevette)

Gaylor RAZAFIMAMONJISON ^{1, 2, 3 *}, Renaud Boulanger ⁴, Michel Jahiel ^{2, 3, 5}, Marc Lebrun ⁴, Pascal Danthu ^{2, 6}, Panja Ramanoelina ¹

¹ École Supérieure des Sciences Agronomiques Université d'Antananarivo Madagascar

² Cirad DP Forêts et Biodiversité - Antananarivo Madagascar

³ Centre Technique Horticole de Toamasina

⁴ Cirad UMR Qualisud, Persyst - Montpellier

⁵ Cirad UPR Hortsy - Toamasina

⁶ DGD-RS, Campus de Lavalette, Montpellier

Résumé

Les analyses par CG – SM des huiles essentielles ont permis de distinguer trois types chimiques pour les huiles essentielles de *C. fragrans*, dominés respectivement par le néral (30,04 %) / géranial (40,20 %), l'acide géranique (44,98 %) et un type chimique pour les huiles essentielles de *C. madagascariensis*, caractérisé l'oxyde de caryophyllène (34,74 %). L'étude de la CMI et de la CMB⁵³, déterminées par la méthode de microdilution, a montré que les huiles essentielles de deux *Cinnamosma* possèdent des effets bactéricides (CMB = CMI). Les huiles riches en fractions monoterpéniques (néral / géranial) montrent une plus faible CMI (0,63 mg/ml à 2,5 mg/ml) vis-à-vis des *Vibrio sp.* que celles riches en fractions sesquiterpéniques (oxyde de caryophyllène et acide géranique), dont la CMI varie de 1,25 mg/ml à 5 mg/ml. Les trois types d'huile essentielle (néral / géranial, oxyde de caryophyllène et acide géranique), testés pour substituer les antibiotiques en aquaculture de crevette (*P. monodon*), ont un effet similaire à celui de l'antibiotique de réduire la charge en flore mésophile totale des prélèvements larvaires. L'huile essentielle à néral / géranial et à oxyde de caryophyllène (effet similaire à l'antibiotique) sont plus efficaces que l'huile essentielle à acide géranique de réduire les charges en *Vibrio sp.* Les trois huiles essentielles ne donnent pas un taux de survie similaire à celui l'antibiotique, mais elles permettent de maintenir ce taux, à un niveau acceptable (> 69 %), largement supérieur au taux de survie du témoin (13,11 %).

Ayant la potentialité de contrôler la charge bactérienne dans des conditions *in vivo*, améliorant le taux de survie de larves de *P. monodon*, les huiles essentielles de *C. fragrans* et *C. madagascariensis* constituent une nouvelle alternative aux antibiotiques en aquaculture de crevettes.

Mots clés : *Cinnamosma sp.*, huiles essentielles, types chimiques, CMI/CMB, taux de survie, aquaculture de crevette.

Introduction

L'aquaculture de crevettes trouve son apogée et s'éparpille dans plusieurs régions du monde. Pour Madagascar, l'activité est récente. Face à la demande croissante du marché, de grandes sociétés s'implantent dans les zones favorables et contribuent au développement de la filière crevetticole dans la grande île.

Les maladies de crevette sont parmi les plus grandes préoccupations des exploitants (Van Nguyen, 2002). La plupart des entreprises crevettières pratiquent l'élevage intensif, une grande quantité d'aliments et antibiotiques ont été utilisés pour augmenter la production et protéger les crevettes contre les maladies d'origine virale (EJF, 2003). Cependant, des résidus de ces antibiotiques et aliments sont observés dans l'eau d'élevage causant la pollution de l'eau (Le et al., 2003). Par ailleurs, plusieurs études ont montré que beaucoup d'antibiotiques persistent dans le bassin d'élevage pendant plusieurs mois après administration (Björklund et al., 1991 ; Lunestad et al., 1995 ; Pouliquen et al., 1996 ; Capone et al., 1996 ; Weston, 1996 ; Herwig et al., 1997 ; Hirsch et al., 1999; Miranda et al., 2002). Ces résidus ont affecté sur la flore microbienne et entraîné la résistance des bactéries aux antibiotiques (Hektoen et al., 1995; Tendencia et al., 2002).

Face à ce défi, la recherche de nouvelles sources d'ingrédients, des additifs et des antibiotiques naturels dans l'aquaculture de crevette préoccupent les chercheurs. Une façon alternative pour remplacer les antibiotiques conventionnels utilisés dans l'aquaculture de crevette était l'utilisation

⁵³ Concentration minimale inhibitrice et Concentration minimale bactéricide

des extraits de plantes comme agents inhibiteurs de croissance bactérienne et immunostimulants des systèmes de défense de l'hôte (Direkbusarakom *et al.*, 1998; Dorman *et al.*, 2000; Citarasu *et al.*, 2002 ; Leano *et al.*, 2007; Yeh *et al.*, 2009).

Les travaux menés par Randrianarivelo *et al.* (2009) sur l'analyse de la composition chimique des huiles essentielles de *C. fragrans* ont montré l'existence de deux différents types chimiques: le linalol et le 1,8 cinéole. Par ailleurs, une teneur élevée en linalol est remarquée dans l'huile essentielle de Schulte *et al.* (1972) alors que le 1,8 cinéole et le sabinène dominent dans les échantillons décrits par Arnal-Schnebelen *et al.* (2007) et Tucker *et al.* (2008).

Cinnamosma présente des vertus curatives très vastes, et est utilisée dans la médecine traditionnelle contre les maladies de l'appareil respiratoire, les parasitoses intestinales, la maladie du foie, la syphilis (Pernet *et al.*, 1957; Schulte *et al.*, 1972) et la malaria (Milijaona *et al.*, 2003). Son huile essentielle présente un large spectre d'activité antibactérienne et pourrait être une alternative aux antibiotiques dans l'aquaculture de crevettes (Randrianarivelo *et al.*, 2009 ; Randrianarivelo *et al.*, 2010).

Deux objectifs ont été fixés pour cette étude, il s'agit i) de caractériser les huiles essentielles de deux espèces de *Cinnamosma spp*. En terme de composition chimique et activités antimicrobiennes *in vitro* ; ii) de tester les extraits actifs dans une écloserie de crevettes pour évaluer leur efficacité dans des conditions d'élevage réelles, en remplacement des antibiotiques chimiques.

Matériels et méthodes

• Matériels végétales et procédures d'extraction

Les échantillons de feuilles ont été collectés dans quatre sites différents (Tableau 1). Le matériel végétal (environ 400g) de chaque arbre a été soumis à l'hydrodistillation, pour une durée de 3h dans un appareillage de type Clevenger modifié.

Tableau 1 : localisation sites de collecte

Sites	Katsepy	Tsaramandroso	Ambohitantely	Tampolo
Coordonnées	S 15° 44' E 046° 14'	S 16° 18' E 046° 16'	S 18° 11' E 047° 17'	S 17° 17' E 049° 24'
Altitudes	3±1	234±16	541±28	6±4
Nombre/code	15 (K01-K15)	15 (T03-T17)	10 (CAM01-CAM10)	10 (TPL 01-TPL10)
Espèce	<i>C. fragrans</i>		<i>C. madagascariensis</i>	
date de collecte	avril-08			

• Analyses chimiques

Les échantillons d'huile essentielle ont été analysés par CPG/SM⁵⁴ en utilisant une chromatographie gazeuse du type Network 6890, couplée d'un appareil de spectrométrie de masse du type Network 5973.

Conditions : DBWAXONCOLUMN sur silice fondu de 30m de long, 0,25mm d'identification et d'un film d'épaisseur de 0,25µm ;

Températures de l'injecteur et du détecteur sont, respectivement, de 220°C et 240°C ; Température du four programmée de 40°C à 260°C pour un débit de 5°C par minute ;

L'hélium est le gaz vecteur avec un débit de 1ml par minute ; Le volume d'injection est de 1µl (1/1000).

L'identification des constituants a été assignée sur la base de la comparaison des indices de rétention et des spectres de masse avec ceux de la banque de données Wiley, NIST-2 en utilisant des logiciels software Chemstation.

• Activités antimicrobiennes

Les activités antimicrobiennes des huiles essentielles sont évaluées sur 9 souches de références (Tableau 2).

Tableau 2 : Souches de références utilisées pour le test antimicrobien

Gram -	Microorganismes		Références
	Références	Gram +	
<i>E. coli</i>	CCM 4516	<i>Enterococcus faecalis</i>	ATTC 29212
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	ATTC 13883	<i>Staphylococcus aureus</i>	ATTC 25920
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	LMG 1242		
<i>Salmonella antarctica</i>	LMG 3264		
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	ATTC 9908		
<i>Vibrio harveyi</i>	ATTC 32104		
<i>Vibrio alginolyticus</i>	ATTC 1122		

⁵⁴ Chromatographie en Phase Gazeuse et Spectrométrie de masse

Les concentrations minimales inhibitrices et bactéricides ont été déterminées suivant la méthode de microdilution en milieu liquide (Randrianarivelo *et al.*, 2009 ; Randrianarivelo *et al.*, 2010).

Des précultures de 24h des *Vibrios sp.* sur le milieu Zobell agar et des autres souches sur le milieu Mueller Hinton agar ont été effectués. Ces précultures ont été ensuite suspendues dans des tubes à essais contenant 900µl de Zobell liquide pour les *Vibrio sp.* ou dans du Mueller Hinton broth pour les autres souches. Puis la densité optique à D₆₀₀ de l'inoculum a été ajustée à 0,1 ; puis diluée 100 fois de façon à obtenir une densité de à D₆₀₀ de 0,001. 100µl de l'huile essentielle ont été ajoutés dans chaque tube pour donner une concentration finale de 20 à 0,02 mg/ml. Un témoin positif contenant la suspension bactérienne sans huile essentielle et un témoin négatif ne contenant que le milieu ont été effectués. Les tubes ont été incubés à 37°C pendant 24h.

La CMI correspond donc à la plus faible concentration d'huile essentielle à laquelle on n'observe pas de croissance par rapport au témoin positif. La CMB correspond donc à la plus faible concentration d'huile essentielle qui tue à 99,99 % les bactéries en culture (pas de croissance bactérienne).

- **Evaluation de l'effet des huiles essentielles dans des conditions d'élevage réelles**

Les expérimentations ont été effectuées dans des conditions d'élevage réelles. Les traitements aux huiles essentielles et à l'antibiotique (Erythromycine) sont effectués pendant les stades larvaires : stade Z1 (J3), stade Z2 (J5), stade Z3 (J7), stade M2 (J10), stade PL1 (J12) et stade PL3 (J14). La concentration de l'érythromycine est de 20µg par ml tandis que celle des huiles essentielles correspond à la plus faible concentration minimale inhibitrice de la croissance des *Vibrio sp.* déterminée in vitro (0,63 mg par ml).

15 larves par bac, issus des prélèvements journaliers, sont broyés dans 5 ml de solution saline stérile (NaCl 2%), cette suspension constitue la solution mère. 1 ml de cette solution est ensuite dilué de 1/10 et homogénéisé. Des dilutions en cascade jusqu'à 10⁻⁵ sont ensuite réalisées. 0,1 ml de la suspension diluée au 10⁻¹ à 10⁻⁵ est ensemencé directement dans le milieu Marine Agar (MA) pendant 48 h à 37° C pour les bactéries hétérotrophes aérobies. Pour les *Vibrio sp.*, un pré enrichissement dans de l'eau alcaline peptonée (1 % de peptone et 1 % de NaCl) de la solution mère est effectuée. En effet, 1ml de la solution mère est additionné de 1ml de l'eau alcaline peptonée, homogénéisée et incubée pendant 12 h à 37° C (pH 8,6). Après incubation, la croissance dans les tubes est indiquée par l'apparition d'une turbidité par rapport au témoin négatif (eau peptonée seulement) non ensemencé. 1 ml de la solution présentant des troubles est ensuite dilué de 1/10 et homogénéisé. Des dilutions en cascade jusqu'à 10⁻⁵ sont ensuite réalisées. 0,1 ml de la suspension diluée au 10⁻¹ à 10⁻⁵ est ensemencé dans le milieu Thiosulfate Citrate Bile Saccharose agar (TCBS) pendant 24 h à 37° C. Après incubation, on procède au dénombrement en choisissant la boîte qui contient 30 à 300 colonies.

- **Taux de survie des larves et toxicité des huiles**

Taux de survie des larves (%) = (nombre total de larves présentes dans chaque bac / nombre total de larves initial) x 100.

La toxicité permet de connaître les effets des différentes concentrations (0 à 1000 mg/l) de l'huile essentielle sur les larves. Après 24 heures de traitement, les larves sont comptées et la toxicité est calculée à partir de la formule décrite par (Yilmaz 2004) : DL 50 = DL 100 - Σ (ab) / n. Où a est la différence entre deux doses successives ; b est la moyenne du nombre de morts pour deux doses successives ; n est le nombre des animaux utilisés pour l'expérience.

Résultats

- **Composition chimique**

Les analyses par CG – SM des huiles essentielles ont permis de distinguer trois types chimiques pour les huiles essentielles de *C. fragrans*, dominés respectivement par le néral (30,04 %) / géranial (40,20 %), l'acide géranique (44,98 %) et un type chimique pour les huiles essentielles de *C. madagascariensis*, caractérisé l'oxyde de caryophyllène (34,74 %) (Tableau 3).

- **Activités antimicrobiennes**

Le tableau 4 montre que les bactéries Gram + sont plus sensibles que les bactéries Gram -. Dans tous les cas, la CMI de trois types chimiques est identique à celle de CMB (valeurs sans astérisque) (effets bactéricides), sauf pour le l'acide géranique vis-à-vis de *K. pneumoniae* et *E. faecalis* et pour l'oxyde de caryophyllène vis-à-vis de *S. antarctica*, *E. faecalis* et *S. aureus*, dont la CMB est supérieure à la CMI (effets bactériostatiques) (valeurs avec astérisque).

D'après le tableau 5, le néral / géranial et l'oxyde de caryophyllène, avec une CMI comprise entre 0,63 à 2,5 mg/ml, sont plus actives que l'acide géranique dont la CMI varie de 2,5 à 10 mg/ml vis-à-vis des souches testées. *V. fluvialis* est le plus résistant (CMI : 2,5 à 10 mg/ml), tandis que *V. hollisae* (0,63 à 5 mg/ml) est le plus sensible. Dans tous les cas, les huiles essentielles possèdent des effets bactéricides (CMI = CMB), sauf pour l'acide géranique vis-à-vis de *P. damsela* et *Vibrio*

alginolyticus et pour l'oxyde de caryophyllène vis-à-vis de *P. damsela* et *Vibrio hollisae* (CMI > CMB : effets bactériostatiques).

Tableau 3 : Composition chimique de l'huile essentielle de *C. fragrans* et *C. madagascariensis* (% relatif, en gras constituants caractéristiques des types chimiques).

Composition	I.R	<i>C. fragrans</i>	<i>C. madagascariensis</i>
Hydrocarbures monoterpéniques			
β-Pinène	1107	3,39	6,54
Sabinène	1117	0,02	0,28
β-Phéllandrine	1197	0,15	3,72
Trans-β-Ocymène	1224	0,50	1,19
Cis-β-Ocymène	1240	0,53	1,93
P-Cymène	1254	0,05	0,12
Produits oxygénés monoterpéniques			
1,8 Cinéol	1200	0,53	1,24
Oxyde de Cis-linalol (furanoid)	1426	0,20	0,15
Oxyde de Trans-linalol (furanoid)	1553	0,17	0,14
Linalol	1535	5,61	6,62
Terpinène-4-ol	1583	0,27	0,62
Néral	1649	30,04	5,17
Acétate de Terpenyle	1673	-	-
α-Terpinéol	1659	0,42	1,06
Géranial	1710	40,20	7,94
Géraniol	1839	6,72	1,33
Produits oxygénés monoterpéniques			
Oxyde de caryophyllène	1958	-	0,87
Oxyde d'humulène	2013	-	0,26
Acide géranique	2237	2,54	44,98
IR: Indice de retention sur DBWAX On column			
tr: trace (<0,01%)			
- : non détecté (0,00 %)			

Tableau 4 : Concentration Minimale Inhibitrice et Bactéricide pour les souches de références

Bactéries	Néral/ Géranial	Acide géranique	Oxyde de caryophyllène
gram -			
<i>V. alginolyticus</i>	2,5	5	5
<i>V. harveyi</i>	0,63	5	1,25
<i>V. parahaemolyticus</i>	2,5	5	2,5
<i>K. pneumoniae</i>	2,5	5*	5
<i>E. coli</i>	2,5	2,5	2,5
<i>S. antarctica</i>	10	10	10*
<i>P. aeruginosa</i>	> 20	> 20	> 20
gram +			
<i>E. faecalis</i>	1,25	2,5*	2,5*
<i>S. aureus</i>	0,31	0,63	0,63*

Tableau 5 : Concentration Minimale Inhibitrice et Bactéricide pour les souches sauvages isolées de l'écloserie

Bactéries	Néral/ Géranial	Acide géranique	Oxyde de caryophyllène
<i>V. parahaemolyticus</i>	5	5	5
<i>V. vulnificus</i>	2,5	5	2,5
<i>V. hollisae</i>	0,63	5	5*
<i>V. alginolyticus</i>	5	5*	10
<i>V. fluvialis</i>	2,5	10	10
<i>P. damsela</i>	1,25	5*	2,5*

• Concentration bactérienne des larves

La figure 1 montre l'évolution de la concentration bactérienne obtenue sur Marine agar (FMT) et la figure 2 montre l'évolution de la concentration bactérienne obtenue sur TCBS avec des larves traitées par les huiles essentielles, antibiotique et témoin (sans huile ni antibiotique) pendant 18 jours d'élevage. L'huile essentielle à néral / géranial et celle à oxyde de caryophyllène qui ont un effet similaire à l'antibiotique de réduire la charge bactérienne (FMT et *Vibrio sp.*), sont plus efficaces que l'huile essentielle à acide géranique.

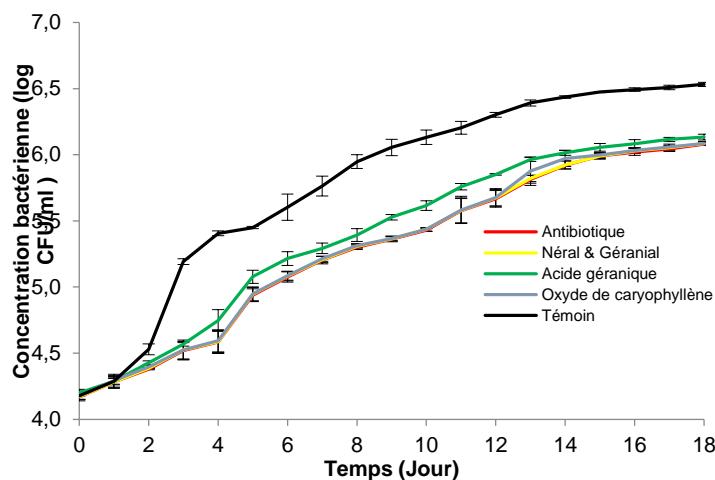


Figure 1: Evolution de la concentration bactérienne (log CFU/ml) obtenue sur Marine agar (FMT)

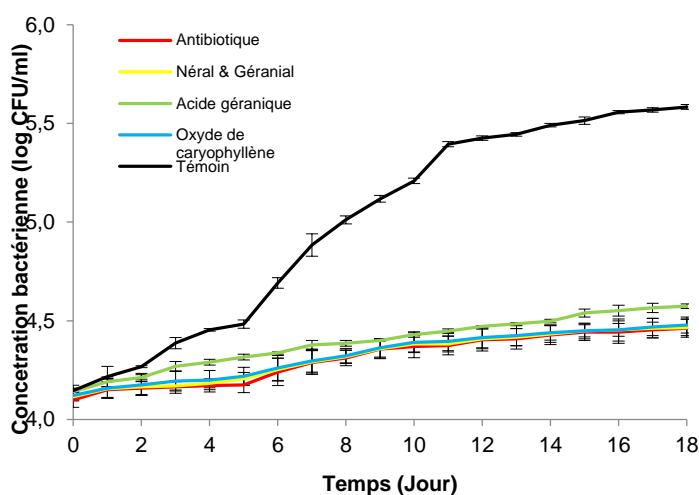


Figure 2: Evolution de la concentration bactérienne (log CFU/ml) obtenue sur TCBS (Vibrio sp.)

- Taux de survie des larves**

La figure 3 montre l'évolution du taux de survie des larves dans les bacs traités avec les huiles essentielles, antibiotique et témoin pendant 18 jours d'élevage. Même si les trois huiles essentielles ne donnent pas un taux de survie similaire à l'antibiotique, elles permettent néanmoins de maintenir ce taux, à un seuil acceptable (> 69 %), taux bien plus élevé que le témoin.

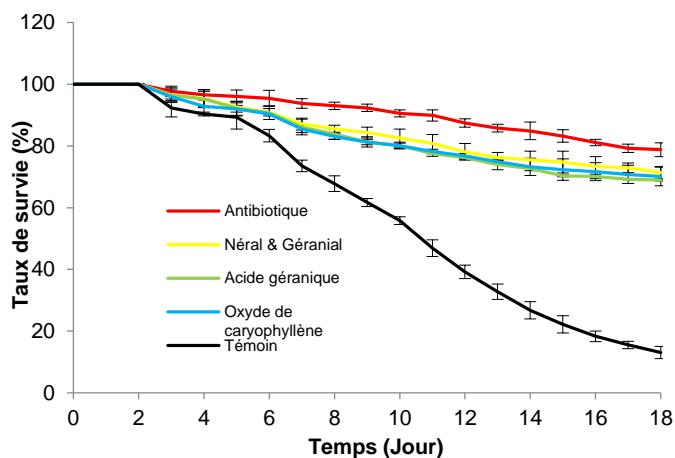


Figure 3: Evolution du taux de survie des larves dans les bacs traités avec les huiles essentielles, antibiotique et témoin

Tableau 6: DL 50 des quatre stades larvaires avec les trois huiles essentielles (mg/ml)

La plus faible DL 50 (872,11 mg/l) est observée au stade nauplii pour l'huile essentielle à néral et géranial, tandis que la plus élevée est obtenue avec l'acide géranique au stade post-larve (903,77 mg/l) (Tableau 6).

Traitements / Stade	Nauplii (N6)	Zoé (Z3)	Mysis (M3)	Post-larve (PL1)
Néral et géranial	872,11	883,89	884,27	902,72
Oxyde de Caryophyllène	875,28	883,16	886,72	902,99
Acide géranique	875,33	887,50	887,83	903,77

Conclusion

Ayant la potentialité de contrôler la charge bactérienne dans des conditions *in vivo*, améliorant le taux de survie de larves de *P. monodon*, les huiles essentielles de *Mandravasarotra* constituent une alternative aux antibiotiques en aquaculture de crevettes.

Références bibliographiques

- Arnal-Schnebelen B., Behra O., Rakotoarison C., Escoubas J.; Danthu P. (2007) Applications en gynécologie de l'huile essentielle de *Cinnamosma fragrans* Baillon (commercialisée sous le nom de « Saro »). *Phytothérapie* **5** : 73 - 75.
- Björklund H., Bergh R.; Bylund G. (1991) Residues of oxolinic acid and oxytetracycline in fish and sediments from fish farms. Thesis, Björklund, H. Oxytetracycline and oxolinic acid as antibacterials in aquaculture - analysis, pharmacokinetics and environmental impacts. Department of Biology, Åbo Akademi University, Finland: 245 p.
- Capone D.G., Weston D.P., Miller V.; Shoemaker C. (1996) Antibacterial residues in marine sediments and invertebrates following chemotherapy in aquaculture. *Aquaculture* **145** : 55 - 75.
- Citarasu T., Babu M.M., Sekar R.R.J.; Marian M.P. (2002) Developing Artemia enriched herbal diet for producing quality larvae in *Penaeus monodon*, Fabricius. *Asian Fish Sci.* **15** : 21 - 32.
- Direkbusarakom S., Ezura Y., Yoshimizu M.; Herunsalee A. (1998) Efficacy of Thai traditional herb extracts against fish and shrimp pathogenic bacteria. *Fish Pathol.* **33** : 437 - 441.
- Dorman H.J.D.; Deans S.G. (2000) Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *J. Appl. Microbiol.* **88** : 308 - 316.
- EJF. (2003) Risky Business: Vietnamese Shrimp Aquaculture - Impacts and Improvements. London, UK7 Environmental Justice Foundation : 44 p.
- Hektoen H., Berge J.A., Hormazabal V.; Yndeslad M. (1995) Persistence of antibacterial agents in marine sediments. *Aquaculture* **133** : 175 - 84.
- Herwig R.P., Gray J.P.; Weston D.P. (1997) Antibacterial resistant bacteria in surficial sediments near salmon net-cage farms in Puget Sound, Washington. *Aquaculture* **149** : 263 - 283.
- Hirsch R., Ternes T., Haberer K., Kratz; Karl-Ludwig. (1999) Occurrence of antibiotics in the aquatic environment. *Sci Total Environ* **225** : 109 - 118.
- Le T.X., Munekage Y., Phan D., Anh T., Quan D.; Quynh T. (2003) The environmental quality of shrimp ponds in mangrove areas. Proceedings of the Thirteenth. International Offshore and Polar Engineering Conference Honolulu, HI, USA, May 25-30; ISSN :1098-6189 (set)1-880653-60-5 (set): pp 255 - 262.
- Leano E.M., Xi Y.C.; Liao I.C. (2007) Effects of stevia extract on growth, non-specific immune response and disease resistance of grass prawn, *Penaeus monodon* (Fabricius), juveniles. *J Fish Soc Taiwan* **34** : 165 - 175.
- Milijaona R., Rasidimanana V., Rabarison H., Cheplogoi P.K., Ratsimbason M.; Mulholland D.A. (2003) Plant traditionnally prescribed to treat tazo(malaria) region of Madagascar. *Malaria J.* **2** : 25.
- Pernet R.; Meyer G. (1957) Pharmacopée de Madagascar. Institut de Recherche Scientifique Tananarive, Tananarive-Tsimbazaza, p 86.
- Pouliquen H., Le-Bris; Chemosphere. (1996) Sorption of Oxolinic acid and oxytetracycline to marine sediments. *Aquaculture* **33** : 801 - 815.
- Randrianarivelo R., Danthu P., Benoit C., Ruez P., Raherimandimby M.; Sarter S. (2010) Novel alternative to antibiotics in shrimp hatchery: effects of the essential oil of *Cinnamosma fragrans* on survival and bacterial concentration of *Penaeus monodon* larvae. *J. Appl. Microbiol.* **109** : 642-650.
- Randrianarivelo R., Sarter S., Odoux E., Brat P., Lebrun M., Romestand B., Menut C., Andrianoelisoa H.S., Raherimandimby M.; Danthu P. (2009) Composition and antimicrobial activity of essential oils of *Cinnamosma fragrans*. *Food Chem.* **114** : 680-684.

- Schulte V.K.E., Rücker G.; Lewe W.A. (1972) Über die in altsstoffe von Cinnamosma fragrans Baillon-einer arzneipflanze aus Madagaskar. Deutsche Apotheker Zeitung **41** : 1578 - 1579.
- Tendencia E.A., De-la-Pena; Leobert D. (2002) Level and percentage recovery of resistance to oxytetracycline and oxolinic acid of bacteria from shrimp ponds. Aquaculture **213** : 1 - 13.
- Tucker A.O., Maciarello M.J., Brown R.; Griffeth M. (2008) A commercial essential oil of mandravasarotra (Cinnamosma fragrans Baill., Canellaceae) from Madagascar. J. Essent. Oil Res. **20** : 259-260.
- Uribe S., Ramirez J.; Pena A. (1985) Effects of beta-pinene on yeast membrane functions. J. Bacteriol. **161** : 1195 - 1200.
- Van-Nguyen U. (2002) Viral diseases in shrimp a challenge to the biotechnologists in Vietnam. . Ho Chi Minh, Vietnam : Institute for tropical biology : 26 p.
- Weston D.P. (1996) Environmental considerations in the use of antibacterial drugs in aquaculture. In: Baird D, Beveridge M, Kelly L, Muir J, editors. Aquaculture and Water Resources Management. Blackwell Science: pp 140 - 165.
- Yeh R.Y., Shiu Y.L., Ju J.Y., Cheng S.C., Huang S.Y., Lin J.C.; Liu C.H. (2009) Evaluation of the antibacterial activity of leaf and twig extracts of stout camphor tree, *Cinnamomum kanehirae*, and the effects on immunity and disease resistance of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Fish Shellfish Immunol **27** : 26 - 32.

52. Contribution à l'étude des propriétés pharmacologiques du vahona *Aloe macroclada* Baker

Herilalaina RABARISOA¹, Hasina RAKOTOMANANA², Adéline RAHANTAMALALA¹, Felamboahangy RASOARAHONA^{1,2}, Helga RIM FARASOA^{1,3}, Iandriniaina RASAMBARITAFIKA¹, Jean RASOARAHONA², Béatrice RAONIZAFINIMANANA²
¹HOMEOPHARMA

²Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département IAA, Université d'Antananarivo;

³Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo

Aloès est le nom vernaculaire des différentes espèces du genre *Aloe* qui comptent actuellement plus de 400 espèces dans le monde (AGARRY et al. 2005). Madagascar fait partie de ces pays réputés par une très forte biodiversité. Il possède, en outre, une pharmacopée quantitativement et qualitativement riche, et possède 115 espèces d'*Aloe* (CASTILLON et CASTILLON, 2010). Parmi les plus connues l'*Aloe vaombe* et *A. macroclada* sont endémiques de Madagascar.

A. macroclada, appelé localement *vahona*, a été utilisée par les Malgaches depuis des décennies pour soigner diverses maladies et affections. Cette plante possède plusieurs vertus mais peu d'études approfondies ont été effectuées d'où l'intérêt de cette contribution à l'étude pharmacologique du *vahona*.

A. macroclada fait partie des ordres des Liliales, de la famille des *Aloeaceae*, du genre *Aloe* et de l'espèce *macroclada* Baker (MABBERELEY, 1987) (BOITEAU et al. 1969). Cette plante est généralement appelée « *Vahona* » dans la région Imerina.

I. Hypothèses et objectifs

Trois hypothèses sont adoptées avec des objectifs spécifiques. (Cf. tableau ci-après)

Tableau 11: Hypothèses et objectifs

Hypothèses	Objectifs
Hypothèse 1 : <i>A. macroclada</i> est utilisée par la population locale pour ses vertus thérapeutiques présumées.	Déterminer l'utilisation traditionnelle du <i>vahona</i>
Hypothèse 2 : <i>A. macroclada</i> contient des composés phytochimiques actifs lui conférant diverses propriétés pharmacodynamiques.	Rechercher les grandes familles chimiques de matières actives contenues dans le <i>vahona</i>
Hypothèse 3 : <i>A. macroclada</i> possède une activité antimicrobienne et antioxydante.	Evaluer le pouvoir antimicrobien du <i>vahona</i> Déterminer son action antioxydante

II. Matériels

1. Vahona

Les feuilles de vahona exploitées par la société proviennent de plusieurs agriculteurs aux environs de la capitale. La récolte se fait généralement le matin et à la main. Pour avoir des feuilles de bonne qualité, la société dispose d'un cahier de charges. La préparation des feuilles commence par la réception, le pesage et le triage. L'extraction du gel consiste à racler les deux parties fendues de chaque feuille. Il faut veiller à ne pas trop racler les feuilles qui n'ont pas subi de désaloïnage. Le gel obtenu est ensuite broyé puis filtré sur mousseline.

2. Echantillons pour l'activité antioxydante et le dosage des polyphénols

Pour faciliter l'interprétation et pour voir des effets synergiques lors de leur utilisation, des échantillons comprenant du gel et du miel ou du jus de citron seront testés. Parallèlement, les produits de la société HOMEOPHARMA ont été aussi testés, toujours pour la comparaison des résultats.

Codes des échantillons : GB (Gel brut du 30/05/2012), GM1 (gel/miel ; 90/10), GM2 (gel/miel ; 85/15), GM3 (gel/miel ; 80/20), GM4 (gel/miel ; 75/25), GM5 (gel/miel ; 70/30), GC1 (gel/citron ; 90/10), GC2 (gel/citron ; 85/15), GC3 (gel/citron ; 80/20), GC4 (gel/citron ; 75/25), GC5 (gel/citron ; 70/30), VNC (Vahona Nature Citron), VSA (Vahona Sans Alcool), VM (Vahona au Miel), GBE (gel brut du 01/03/2012).

3. Souches microbiennes testées

Pour l'étude de l'activité antimicrobienne, le choix des microorganismes se fait en fonction de la disponibilité des souches au laboratoire de microbiologie de la société HOMEOPHARMA et des conditions de cultures relativement faciles (milieux et matériels de culture disponibles). Ainsi, les souches choisies sont : *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* et *Candida albicans*.

4. Résazurine

La résazurine est un indicateur d'une réaction d'oxydo-réduction utilisée pour évaluer la croissance cellulaire en particulier pour les tests de sensibilité bactérienne. C'est indicateur coloré de couleur bleue non fluorescent qui vire au rose (résorufine) lors de sa réduction par le soxydoréductases des cellules vivantes (SARKER et al., 2007).

5. Radical libre stable : DPPH

Le DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) est un radical libre stable qui peut être dosé par spectrophotométrie vers 520 nm. Cette molécule va agir avec les composants ayant un pouvoir antioxydant. La quantité de DPPH restant va ensuite être dosée et le pouvoir antioxydant de l'échantillon sera connu. (BERNARDI et al., 2007).

III. Méthodes

1. Enquête ethnopharmacologique

Une autorisation préalable a été nécessaire avant d'enquêter les sujets. L'enquête s'est déroulée en deux phases : une série d'enquêtes auprès des herboristes de la Ville d'Antananarivo notamment sur certains marchés (Soarano, Isotry, Andraovoahangy) puis une autre série auprès des ménages dans des zones reculées de la capitale notamment dans 4 communes (voir tableau ci-dessous)

Tableau 12: Communes, Fokontany et nombre de ménages enquêtés

Communes	Fokontany	Nombre de ménages enquêtés
Sabotsy Namehana	Ambatofotsy	10
Alasora	Mahatsinjo	5
	Ambohimarina	6
	Ampahibato	5
Ambohimanambola	Ampahimanga	6
	Ambohibato	4
	Ambohipeno	5
Bongatsara	Amboanjobe	10

Les résultats sont traités par le logiciel XLSTAT. Parmi les analyses statistiques, nous avons effectué une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) et une Analyse des Correspondances Multiples (ACM).

2. Activité antimicrobienne in vitro

La méthode repose sur l'utilisation d'une microplaqué, composée de 96 trous dans lesquels les échantillons seront testés. Le test a été réalisé selon la méthode de SARKER et al. (2007). Il s'agit de tester la sensibilité d'une souche microbienne par rapport à un extrait. Pour ce faire, la méthode utilise un indicateur, la résazurine, qui permet de déceler la croissance bactérienne en quantité infime (de l'ordre des microlitres) sans utiliser un spectrophotomètre.

S'agissant du gel, donc renfermant une grande quantité d'eau, nous avons choisi de démarrer les tests avec une concentration élevée : 500 µl/ml. Le facteur de dilution ($\gamma=1,4$) a été choisi de façon à ce que les concentrations entre 2 cupules qui se suivent ne soient pas trop éloignées. Comme la résazurine est un indicateur coloré, il vire de couleur s'il y a croissance microbienne. La couleur bleu, après des réactions d'oxydo-réduction, vire au rose ou incolore s'il y a croissance microbienne. Dans le cas contraire, la couleur reste bleue.

3. Activité antioxydante

A l'aide du DPPH, l'activité antioxydante est définie par l'indice de la réduction du radical libre en pourcentage %RSA (Radical Scavenger Activity) ou activité antiradicalaire, où l'absorbance du mélange réactionnel qui contient le radical libre et l'échantillon de l'antioxydant est reliée avec l'absorbance du mélange sans aucun antioxydant (solution témoin ou contrôle) à un temps t.

Pour ce faire, 40 µl de l'échantillon est mélangé avec 200 µl d'une solution méthanolique de DPPH à 0,25 M. Pour faciliter la lecture, les échantillons sont distribués dans une microplaqué avec les références : eau et vitamine C. Pour la répétabilité, chaque test est réalisé 4 fois, puis le résultat est donné par la moyenne des 4 valeurs obtenues. La plaque est agitée puis incubée à 25 °C pendant 25 min avant la lecture de l'absorbance à 517 nm.

4. Dosage des polyphénols

La méthode utilisée est la méthode colorimétrique de FOLIN-CIocalteu. Elle permet de doser les polyphénols présents dans les matrices végétales. Cette technique est basée sur une réaction de réduction du réactif de FOLIN par les groupements phénoliques de l'échantillon analysé. Le réactif de FOLIN, initialement jaune, vire au bleu après réduction en présence de polyphénols. Le dosage s'effectue après lecture de l'absorbance à 760nm sur un appareil *Thermo Scientific Multiskan Spectrum*.

Pour ce faire, 25 µl de l'échantillon sont mélangés avec 100 µl de réactif de FOLIN, dilués au dixième dans l'eau et 100 µl de solution aqueuse de bicarbonate de sodium à 75g/L. Les échantillons sont distribués dans une microplaqué avec les témoins : eau et l'acide gallique. Chaque échantillon est analysé sur la moyenne de 4 puits. La plaque est agitée, placée à 50°C pendant 5 minutes, puis refroidie en chambre froide à 4 °C pendant 5 minutes, et enfin l'absorbance est lue à 760 nm. Pour des raisons de limitation des longueurs d'onde accessibles sur le spectrophotomètre Magellan utilisé, la lecture est effectuée à 690 nm. La courbe d'étalonnage est tracée à partir des valeurs obtenues pour l'étalon acide gallique.

Les concentrations en polyphénols totaux des échantillons sont exprimées en équivalent acide gallique (GAE)/100g d'échantillon.

5. Etude métabolomique par RMN 1H

Pour l'étude métabolomique, la Résonance Magnétique Nucléaire du proton (RMN 1H) a été utilisée. Le spectre RMN 1H a été enregistré à 600 MHz sur un appareil Bruker Avance muni d'une cryosonde et le TMS (Tetraméthylsilane) est utilisé comme référence. La RMN du proton analyse les composés dissous dans un solvant deutéré afin que les signaux du solvant n'interfèrent pas avec ceux de la molécule à étudier. Pour l'analyse, 6mL de gel est utilisé. Ces échantillons ont d'abord été lyophilisés dans le méthanol deutéré (MeOD/D2O 50:50) avant l'analyse.

IV. Résultats et discussions

1. Enquête ethnopharmacologique

Après traitement des données, nous avons constaté que les ménages sont classés selon le nombre d'années d'utilisation du *vahona*, la majorité n'a commencé à utiliser le *vahona* qu'il y a 16 ans. (Cf. Tableau 3)

- Les individus de la **classe 1** ont utilisé le *vahona* au plus tôt il y a 16 ans. Elle représente plus de la moitié des ménages (51%). L'utilisation concerne surtout les soins capillaires et les maladies de l'articulation.
- Ceux de la **classe 2** sont caractérisés par leur utilisation de l'*A. macrooclada* sur la peau (pour soigner les blessures ou pour enlever les taches) ainsi que pour soigner l'estomac ou le foie et parle nombre d'années d'utilisation du *vahona* (entre 17 à 33 ans). Ils comprennent 28% des ménages enquêtés.
- La **classe 3** comprend les individus qui ont utilisé *A. macrooclada* depuis plus de 34 ans et l'ont utilisé en tant que vermifuge ou encore contre la toux et représentent 21% de l'échantillon.

Tableau 13: Répartition des individus par classe et par commune

Communes	Bongatsara	Alasora	Ambohimanambola	Sabotsy Namehana
Classe 1	29,63	29,63	29,63	11,11
Classe 2	33,34	26,67	20	20
Classe 3	0	63,64	9,01	27,29

Par ailleurs, les individus de la Commune Bongatsara et d'Ambohimanambola utilisent le Vahona pour les soins capillaires, les maladies de l'appareil digestion et les plaies ou blessures. Quant à la commune Alasora, elle utilise le vahona pour traiter la toux, les allergies ou lutter contre les vers. Il en est de même pour la Commune de Sabotsy Namehana.

2. Activité antimicrobienne in-vitro

a. Résultats sur *Staphylococcus aureus*

Après incubation, les cupules contenant les concentrations à tester ont toutes changé de couleur. Ce virage indique que le gel brut de vahona, à une concentration de 500µl/ml n'a aucune action bactériostatique, encore moins bactéricide sur les souches de *S. aureus*. Les témoins sont restés de couleur bleue et aucune contamination n'a été mise en cause. Par contre, 2 des 3 cupules ont viré de couleur indiquant ainsi qu'il y a croissance en présence de pénicilline (4µg/ml).

b. Résultats sur *Escherichia coli*

Les résultats sont identiques à ceux obtenus par *S. aureus*. Les souches *E. coli* ne sont sensibles au gel brut de vahona à une concentration de 500µl/ml. Par contre l'antibiotique (Chloramphénicol à 80µg/ml) a eu un effet bactériostatique sur les souches.

c. Résultats sur *Candida albicans*

A une concentration de 500µl/ml, le gel brut de vahona n'a pas d'action sur les souches. L'amphotéricine B (1mg/ml) est, par contre, efficace pour stopper la croissance de *C. albicans*.

Le gel brut de vahona n'a montré aucune activité antimicrobienne sur les microbes choisis. Certains antibiotiques (Pénicilline et Chloramphénicol) ont été inefficaces sur certaines souches (*S.aureus* et *E. coli*) ce qui laisse à penser que ces dernières possèdent une forme de résistance. Cependant, le gel est employé par les sujets enquêtés ainsi que les herboristes pour soigner les maladies de l'appareil digestif incluant *aretin-kibo*, *aretin-tsinay* et *fivalanan-jaza*. Ces deux concepts laissent entendre des douleurs au bas ventre indiquant des diarrhées ou des gastro-entérites pouvant être dues à des microbes. L'explication la plus plausible est que le gel contient des substances pouvant stimuler le système immunitaire du malade le laissant moins vulnérable à la multiplication des agents pathogènes. Le gel de vahona posséderait peut être un pouvoir immunostimulant qui aide le malade à combattre différentes infections microbiennes.

3. Activité antioxydante

L'échantillon GBE (gel du 1^{er} mars 2012) possède la capacité antioxydante la plus élevée (50%) alors que le gel brut du 3 juin 2012 n'a réduit que 15,16% du DPPH. Quant aux produits HOMEOPHARMA, « Vahona Sans Alcool » possède la plus grande capacité antioxydante (29,78%) suivi de « Vahona au Miel » et enfin « Vahona Nature Citron ». Ces valeurs sont légèrement supérieures à celle du gel brut. Pour les échantillons additionnés de miel, les capacités antioxydantes varient de 15,67% à 30,17%. Ces valeurs sont supérieures au pouvoir antioxydant du gel brut seul.

En classant par ordre décroissant l'activité antioxydante de chaque échantillon, nous avons le classement général non exhaustif : GBE > GM 4 > VSA > GC 5 > Vit C > GC 3 > VM > GM 5 > VNC > GB. L'ajout de miel dans la préparation de gel n'est pas seulement d'ordre organoleptique, pour masquer l'amertume, il améliore aussi le potentiel antioxydant du gel de vahona.

4. Dosage des polyphénols totaux

Les GAE varient de 0,0100 – 0,0796 et l'échantillon GM 5 possède la plus haute teneur en polyphénols (0,0796). D'une façon générale, les gels mélangés au miel ont les GAE les plus élevés (0,0468 - 0,0796). Les produits HOMEOPHARMA « Vahona Sans Alcool » et « Vahona Au Miel » renferment plus de polyphénols que les gels bruts. « Vahona Nature Citron » ne contient que 0,0136g de GAE/100g.

Les résultats montrent que le gel de vahona contient des polyphénols. Cependant, le gel brut qui possède la plus grande capacité antioxydante (50,22%) ne renferme que 0,0284g de GAE/100g. Aussi, l'échantillon qui contient la plus grande quantité de polyphénols (GM 5 avec 0,0796 de GAE/100g) n'est pas celui qui possède la plus grande capacité antioxydante (15,67%). Les polyphénols ne sont donc pas les seuls composés antioxydants contenus dans le gel de *A. macrooclada*. D'autres composés chimiques sont aussi responsables, avec les polyphénols, des propriétés antioxydantes du vahona.

5. Etude métabolomique par RMN 1H

Lors de l'interprétation, nous avons pu distinguer 6 sortes de composés chimiques contenus dans le gel brut de *A. macroclada* à savoir : l'acide lactique ($\delta = 1,33$ ppm et $4,05$ ppm), l'acide acétique ($\delta = 2,03$ ppm), l'acemannane (région : 2- 2,26 ppm), le glucose (région : 4-5 ppm), les autres sucres (région: 3-4 ppm), les aloïnes (région : 3-7 ppm).

D'après le spectre RMN, le gel de *vahona* contient une grande quantité d'acide lactique. Cette molécule est souvent produite de façon naturelle par fermentation à partir de substrats glucidiques ou produite par des microorganismes (WEE et al., 2006). Sa présence est due par la dégradation de certains sucres ou glucides en raison d'un laps de temps plus ou moins long entre le moment où le gel a été recueilli et le temps des analyses. Cette étude a, en outre, permis de mettre en évidence la présence de l'acemannane qui est un polysaccharide trouvé dans les plantes du genre *Aloe*. Les acemannanes ont des propriétés intéressantes et agissent notamment sur les cellules du système immunitaire telles que les phagocytes et les lymphocytes en stimulant leur activité ou en augmentant leur synthèse (HAMMAN, 2008 ; STEENKAMP et STEWART, 2007). Parallèlement, suivant les résultats obtenus lors des enquêtes, plus de 20% des personnes enquêtées affirment utiliser le gel pour diverses affections incluant les microbes telles que les diarrhées ou encore les blessures ou les plaies et comme les résultats de l'activité antimicrobienne ont tous été négatifs, il est possible que le gel de *vahona*, par l'intermédiaire de l'acemannane, contribue à renforcer les défenses immunitaires.

Pour cette étude, 2 des 3 hypothèses que nous nous sommes proposées au départ sont confirmées. Le *vahona* est utilisé par les ménages enquêtés pour ses vertus thérapeutiques. Cette plante contient de l'acemannane, polysaccharide responsable des propriétés immunostimulantes et cicatrisantes. Par contre, l'hypothèse 3 est partiellement vérifiée. Le gel de *vahona* possède certes une activité antioxydante mais ne semble pas avoir des propriétés antimicrobiennes, du moins sur 3 souches de microbes.

Références bibliographiques

- AGARRY, OLALEYE, BELLO-MICHAEL; 2005; Comparative antimicrobial activities of *A. vera* gel and leaf; *Afr. J. Biotechnol.*; Volume 4, N°12.
- BERNARDI A.P.M., LÓPEZ-ALARCÓN C., ASPEE A., RECH S., VON POSER G.L., BRIDE R. et LISSP E. ; 2007; Antioxidant activity of flavonoids isolated from *Hypericum ternum*; *Journal of Chilean Chemical Society*, Volume 52, N° 4.
- BOITEAU P. ; MOUTON M., RAKOTO RATSIMAMANGA A. ; 1969 ; Eléments de pharmacopée malagasy ; Tome I – Notice 24 ; Imprimerie Nationale.
- CASTILLON J.- B. et CASTILLON J.- P.; 2010 ; Les *Aloe* de Madagascar ; Editions J.- PCASTILLON.
- HAMMAN J. H.; 2008. Composition and Applications of *A. vera* Leaf Gel; *Molecules*; Volume 13.
- MABBERELEY D.J.; 1987; The plant book; Cambridge University Press.
- SARKER S. D., NAHAR L. et KUMARASAMY Y.; 2007; Microtitre plate-based antibacterial assay incorporating resazurin as an indicator of cell growth, and its application in the *in vitro* antibacterial screening of phytochemicals; *Methods*; Volume 42, N°4
- STEEKAMP V.; STEWART M.J.; 2007; Medicinal Applications and Toxicological Activities of *Aloe* Products; OpenUp 2007
- WEE Y.-J., KIM J.-N., RYU H.-R.; 2006; Biotechnological production of lactic acid and its recent applications.

53. Evaluation de l'activité anti-radicalaire de *Tarennia madagascariensis* (Rubiaceae)

ROUKIA Djoudi^{1,2} , COMTE Gilles² , RABESA Zafera Antoine¹, RAJAONARISON Jean François¹

(1) : Laboratoire de Recherche en Biotechnologies, Environnement et Santé (LRBES), Ecole Doctorale Génie du Vivant et Modélisation (EDGVM), Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement (FSTE), Université de Mahajanga ;

(2) : Centre d'Etude des Substances Naturelles, UMR 5557, Bât FOREL, Université Claude Bernard Lyon 1, 43, Boulevard du 11 novembre 1918, 69622 VILLEURBANNE (France).

Résumé. *Tarennia madagascariensis* (Baill) Homolle (Rubiaceae), est une plante médicinale endémique de Madagascar et utilisée en médecine traditionnelle malgache. La poudre de tige de cette plante est utilisée sous forme de masque facial par les femmes de l'Océan Indien qui désirent embellir et adoucir la peau de leur visage. Il est effarant de constater que les diamètres de fragments de tige de *T.madagascariensis* sur le marché malgache sont de plus en plus réduits. C'est dire

l'inquiétude fondée quant à la disparition à terme de cette espèce. Il est donc important de s'attacher à l'étude approfondie de la chimie de cette espèce et de trouver une alternative à l'utilisation de la tige. Deux tests d'activité antioxydante ont été effectués sur les extraits de *T.madagascariensis* : le CUPRAC et l'ABTS ; il s'avère que l'extrait foliaire a beaucoup plus d'activité que celui de la tige. Par ailleurs, le travail d'analyses phytochimiques de *T.madagascariensis* nous a permis d'isoler et de caractériser des composés phénoliques au niveau foliaire, tels que le kaempférol 3-O- α -L-rhamnopyranoside et le 7-O- α -L-rhamnopyranoside, d'une part, et terpénoïdes de type iridoïdes aux niveaux foliaire et caulinaire, tel que le gardénoside, d'autre part. La présence de ces composés confirme les activités antioxydantes des deux extraits. Le métabolisme secondaire des feuilles est certes différent de celui de la tige, mais les iridoïdes, bien que moins abondants, ne sont pas absents dans les feuilles. Une préparation convenable à partir des feuilles pourrait avoir les mêmes effets dermatologiques que la poudre de tige. Des prélèvements bien moins importants de la plante dans la nature seraient alors suffisants, alors que l'espèce est fortement menacée. A défaut, une utilisation médicinale nouvelle de la feuille valoriserait cette partie de la plante jusqu'ici négligée.

Introduction

C'est dans un contexte complexe et particulier à Madagascar, où la flore présente un très fort taux d'endémisme, que nous avons choisi de nous intéresser à une plante utilisée dans la pharmacopée traditionnelle de l'Océan Indien, et dont l'exploitation abusive et non contrôlée pourrait entraîner sa disparition. *Tarenna madagascariensis* (anciennement dénommée *Enterospermum*) (Baill) Homolle, est une plante médicinale endémique de Madagascar appartenant à la famille des Rubiacées et connue sous les noms vernaculaires de *Masinjany*, *Masojoany* et *Misijano*. Elle est utilisée en médecine traditionnelle malgache. Les écorces et les bois odoriférants sont employés en traitement des maladies nerveuses et aussi contre les douleurs rhumatismales et l'arthrite. La partie la plus utilisée actuellement est la tige. La poudre de tige en macération est utilisée sous forme de masque facial par les femmes de l'océan Indien bien qu'endémique de Madagascar, cette plante est largement utilisée à Mayotte, à la Réunion et aux Comores. Il est effarant de constater que les diamètres de fragments de tige de *T. madagascariensis* qui circulent sur le marché malgache sont de plus en plus réduits et les pieds de cette plante sur le lieu de récolte, sont des arbisseaux qui dépassent à peine 1 m de hauteur. C'est dire l'inquiétude fondée quant à la disparition à terme de cette espèce végétale dans son habitat naturel. La présente étude vise donc à étudier les constituants chimiques des feuilles et des tiges afin de trouver une alternative à l'utilisation de ces dernières, mais aussi de valoriser le matériel foliaire, actuellement simple déchet de la collecte excessive de la plante pour sa tige.

Matériels et méthodes

Matériel végétal. Les feuilles et les tiges de *T. madagascariensis* ont été récoltées dans la région de Mahajanga (MADAGASCAR), en février 2003. Après un séchage à température ambiante et à l'abri de soleil, un échantillon d'herbier a été déposé à l'Université de Mahajanga.

Extraction et purification des composés. 117 g de poudre de feuilles et 56 g de poudre de tiges ont subi successivement des extractions dans le chloroforme et dans éthanol/eau (80%/20%). Les deux types d'extrait ont été amenés à sec à l'aide d'un évaporateur rotatif. 20 g d'extraits secs pour les feuilles et 4 g pour les tiges ont été obtenus. 1 g de l'extrait éthanolique de feuilles a subi une chromatographie sur Sephadex LH20 dans le méthanol 50% et a donné 17 fractions. Acide *p*-courmarique (**1**) et l'acide caféique (**2**) ont été isolés respectivement, à l'aide de chromatographie sur couche mince de polyamide (polyamide-DC6, Toluene : MeOH : MeCOET 4 :3 :3). Kaempferol 3-O- β -D-glucopyranoside-7-O- α -L-rhamnopyranoside (*Rf*= 0.54) (**3**) et Kaempferol 3-O- α -L-rhamnopyranoside-7-O- α -L-rhamnopyranoside (*Rf*= 0.56) (**4**) ont été purifiés à partir de trois fractions en utilisant une chromatographie sur couche mince de polyamide (polyamide-DC6, H₂O: EtOH : MeCOET : AH₂AC₂ 13 :3 :3 :1). L'acide chlorogénique (**5**) a été purifié à partir de la fraction 4. Quercetine 3-O- α -L-rhamnopyranoside-7-O- α -L rhamnopyranoside (**6**) a été isolé à partir de la fraction 5. La fraction 6 a subi une chromatographie sur couche mince de polyamide (polyamide-DC6, Toluene : MeOH : MeCOET 4 :3 :3) et a permis d'isoler le kaempferol3-O- α -L-(3''-O-acetyl) rhamnopyranoside-7-O- α -L-rhamnopyranoside (*Rf*=0.60) (**7**), le kaempferol3-O- α -(2''-O-acetyl)rhamnopyranoside-7-O- α -L-rhamnopyranoside (*Rf*=0.63) (**8**) et le kaempferol 3-O- α -L-(4''-O-acetyl) rhamnopyranoside-7-O- α -L-rhamnopyranoside (*Rf*=0.60) (**9**). Quercetine 3-O- α -L-rhamnopyranoside (**10**) a été purifié à partir de la fraction 7 en utilisant une colonne de Sephadex LH20 dans le méthanol. 4g de l'extrait éthanolique de la tige a été chromatographié sur une colonne de silice dans le CHCl₃/MeOH et 106 fractions ont été obtenues. L'acide géniposidique (**11**), le gardenoside(**12**), la tarennine (**13**), l'acide sinapique (**14**) et l'acide ferulique (**15**) ont isolés à partir de chromatographie sur couche mince de silice (Merck, type Kieselgel G60 F254 ; CHCl₃-MeOH-H₂O (65-35-10). Par ailleurs, le composé **11** et **12** ont été également obtenus dans les feuilles et que le composé **7** quant à lui ; est une nouvelle molécule pour la littérature.

Activité anti-radicalaire

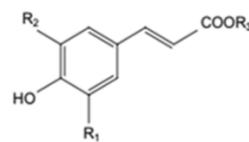
Test de réduction d'un radical organique. ABTS utilisé est basé sur la description originale de **Re et al., en 1998**, avec les modifications apportées par **Arts et al., en 2002**.

Test de réduction d'un ion métallique. CUPRAC est un test d'évaluation du potentiel antioxydant. C'est la méthode décrite par **Apak et al., en 2004** qui a été utilisée.

Test d'inhibition de la tyrosinase. Le test a été développé et optimisé à partir des descriptions de **V.-J. Hearing Jr et al., (1987)**, **Y.-J.Kim, H, Uyama. (2005)** et **T. Sabudak et al., (2006)**.

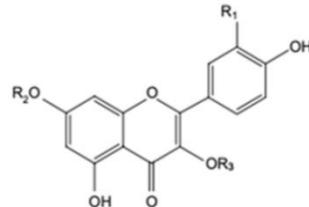
Résultats et discussion

L'analyse phytochimique de *T. madagascariensis* nous a permis d'isoler et de caractériser : **à partir des feuilles**, l'acide -p- courmarique (**1**), l'acide caféïque (**2**), l'acide chlorogénique (**5**), l'acide géniposidique (**11**), le gardenoside(**12**) et une douzaine d'hétérosides de quercétine et de kaempférone, substances réputées pour leurs propriétés antioxydantes ; et **à partir des tiges**, des iridoïdes et des dérivés cinnamiques, substances dotées respectivement, des propriétés anti-tumorales et antioxydantes : l'acide géniposidique (**11**), le gardenoside (**12**), la tareninine (**13**), l'acide sinapique (**14**) et l'acide ferulique (**15**).



1:R1=R2=R3=H

2:R1=OH, R2=R3=H

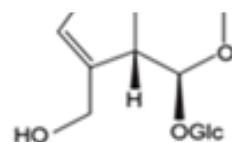


3:R1=H, R2=α-L-Rha, R3=β-D-Glc

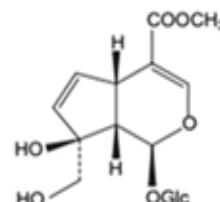
4:R1=H, R2=R3=α-L-Rha

6:R1=OH, R2=R3=α-L-Rha

7:R1=H, R2=α-L-Rha, R3=α-L-Rha(3''-O-acetyl)



11 : Acide géniposidique



Activités anti-radicalaires *in vivo* des principaux composés isolés de *T. madagascariensis* ainsi que celles des extraits. Le Tableau I montre que la majorité des composés ont des activités anti-radicalaires intéressantes. Le composé **10** avec un TEAC de 2.95 en CUPRAC et 3,71 en ABTS et le composé **6** avec un TEAC de 2,89 en CUPRAC et 3,15 en ABTS ont montré une activité plus importante que les autres composés. Quand aux iridoïdes et les dérivés cinnamiques, ils ont une activité similaire. La majorité des composés de type flavonoïdes ont affiché une forte activité anti-radicalaire par rapport au témoin tocophérol. Le tableau II montre que l'extrait foliaire a plus d'activité que celui de la tige avec un TEAC de 1,15 en CUPRAC et 1,97 en ABTS. Par rapport au témoin quercétine, les deux extraits ont moins d'activité, mais par rapport au témoin Tocophérol, les extraits ont beaucoup plus d'activité.

Tableau I. TEAC des principaux composés isolés de *T. madagascariensis*

COMPOSE	TEAC _{ABTS}	TEAC _{CUPRAC}
Témoins		
Quercétine	4 ,38	3.12
Tocophérol	1.11	0.97
Contenus des feuilles		
(1)	0.94	0.78
(2)	1.15	1.65
(3)	1.72	1.32
(4)	2.42	2.51
(5)	1.02	0.94
(6)	3.15	2.89
(7)	1.33	1.99
(8)	1.78	1.12
(9)	1.98	1.52
(10)	3.71	2.95
Contenus des tiges		
(11)	1.56	1.45
(12)	1.87	065
(13)	1.97	1.02
(14)	0.78	0.98
(15)	1.56	1.24

Tableau II. TEAC des deux extraits de *T. madagascariensis*

COMPOSE	TEAC _{ABTS}	TEAC _{CUPRAC}
Quercétine (Témoin)	4.38	3.12
Tocophérol (Témoin)	1.11	0.97
Extrait foliaire	1.97	1.15
Extrait caulinaire	1.47	1.24

Les activités de l'inhibition de la tyrosinase de *T. madagascariensis* sont évaluées sur la base des valeurs des CI₅₀ (concentration inhibitrice à 50%) données dans le Tableau III. Les données ont par ailleurs été validées en introduisant dans les expérimentations d'évaluation, de l'effet biologique de deux témoins réputés actifs : l'épicatechine gallate et l'acide kojique. Les valeurs révélées pour ces deux témoins sont tout à fait en accord avec celles retrouvées dans la littérature. Dans cette même littérature, les extraits de plantes sont considérés comme actifs lorsque les CI₅₀ sont inférieures à 500 µg/ml. Au niveau des extraits, il semblerait que les deux extraits ont montré des effets inhibiteurs très intéressants.

Tableau III : IC50 des principaux composés et des deux extraits de *T. madagascariensis*

COMPOSE	*CI ₅₀ (µg/ml)
Epicatechine gallate (témoin)	55.8
Acide kojique (témoin)	57.0
(1)	225.1
(2)	216.2

(3)	124.1
(4)	178.3
(5)	315.4
(6)	185.4
(7)	145.2
(8)	123.4
(9)	112.3
(10)	124.2
(11)	297.1
(12)	246.4
(13)	294.1
(14)	289.3
(15)	298.3
Extrait foliaire	128.2
Extrait caulinaire	135.1

*CI₅₀=Concentration nécessaire du composé testé pour obtenir 50% d'inhibition de l'activité tyrosinase.

Signification chimiotaxonomique. En 1979 Bridson, en se basant sur des données morphologiques, a proposé de changer le genre *Enterospermum* en *Tarennia*. En 1988 et en 1998, Boiteau et Allorge-Boiteau, en travaillant sur les plantes médicinales de Madagascar, ont utilisé le nom de *Enterospermum* et *Tarennia* pour décrire *T. madagascariensis*. Ce présent travail révèle la présence de l'acide geniposique et de gardenoside chez *T. madagascariensis*, qui sont des composés antérieurement décrits chez trois autres espèces de *Tarennia* : *T. subsessilis*, *T. gracilipes* et *T. kotoensis* (**Ueda et al., 1991 a,b ; Takeda et al., 1976**). Quant au composé tarennine, il a été isolé des genres *T. graveolens* et *T. attenuata* (**Nicoletti et al., 194 ; Yang et al., 2006**). La présence de ce composé dans l'extrait de *T. madagascariensis*, corrobore la conclusion de Bridson en placant la plante *T. madagascariensis* dans le genre *Tarennia* au lieu de la mettre dans *Enterospermum*.

Conclusion

Ce travail nous a permis de mettre en évidence les activités antioxydantes de deux extraits et il s'avère que celui des feuilles a beaucoup plus d'activité que celui de la tige. Il nous a également permis d'isoler et de caractériser des composés phénoliques et terpéniques de types iridoïdes au niveau foliaire et caulinaire. La présence de ces composés confirme les activités antioxydantes des feuilles et des tiges. Le métabolisme secondaire des feuilles est certes différent de celui de la tige, mais ses produits sont connus pour leurs propriétés pharmacologiques. Par ailleurs, les iridoïdes, bien que moins abondants, ne sont pas absents dans les feuilles. Une préparation convenable à partir des feuilles pourrait avoir les mêmes effets dermatologiques que la poudre de tige. Des prélèvements bien moins importants de la plante dans la nature seraient alors suffisants. A défaut, une utilisation médicinale nouvelle de la feuille valoriserait cette partie de la plante jusqu'ici négligée. Ce travail nous a permis également de corroborer la conclusion de Bridson en plaçant la plante *T. madagascariensis* dans le genre *Tarennia* au lieu de la mettre dans le genre *Enterospermum* par la présence de la molécule Tarennine au niveau de la tige.

Bibliographie

- ALLORGE-BOITEAU L. et BOITEAU P., 1998. *Plantes Médicinales de Madagascar*. Edition Lune Rouge,Saint-Rémy (CD-Rom).
- APAK R., GUECLUE K., OEZYUEREK M., KARADEMIR S.E., 2004. *Novel Total Antioxidant Capacity Index for Dietary Polyphenols and Vitamins C and E, Using Their Cupric Ion Reducing Capability in the Presence of Neocuproine: CUPRAC Method*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 52, p. 7970-7981.

- ARTS M. J.T.J., HAENEN G.R.M.M., WILMS LONNEKE C., BEETSTRA S.A.J.N., HEIJNEN, C.G.M., VOSS H.P., BAST A., 2002. *Interactions between flavonoids and proteins: effect on the total antioxidant capacity.* Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 50, p. 1184-1187.
- BOITEAU P., et ALLORGE-BOITEAU L., 1988. *Dictionnaire des noms malgaches de végétaux.* Alzieu, Grenoble, 500p.
- BRIDSON D.M., 1979. Studies in *Tarennas ensulato* (Rubiaceae subfamily Cinchonoideae) for part 2 of Flora of Tropical Sourthern Africa : Rubiaceae. Kew Bull., 34: 377-401.
- NICOLETTI M., CHAPYA W.A., MASSANA I., GALEFI C., SPERANDEI M. et MARINI-BETTOLO G.B., 1984. *Research on Africa Medicinal Plants.VII. New Iridoid Glucosides from two Rubiaceae: Mussaenda arcuata Lam. And Tarennia graveolens(S.Moore) Bremek.* Gazetta Chimica Italiana, 114:49-53.
- Re R., PELLEGRINI N., PROTEGGENTE A., PANNALA A., YANG M., RICE-EVANS C., 1998. *Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cationdecolorization assay.* Free Radical Biology & Medicine, vol. 26, p. 1231-1237.
- TAKEDA Y., NISHIMURAH. Et INOUYE H., 1976. *Studies on MonoterpenesGlucosides and Related Natural Products. XXXII. Iridoid Glucosides of Tarennia kotoenisis var. gyokushinka.* Chem. Pharm. Bull., 24 :1216-1218.
- UEDA S., IWASHI Y. et TOKUDA H., 1991. *Productionofanti-tumor-promoting iridoidglucosides in Genipaamericana and its cell cultures.* J. Nat. Prod., 54 :1677-1680.
- UEDA S., IWASHI Y., TOKUDA H., 1991a. J. Nat. Prod. 54, 1677.
- UEDA S., IWASHI Y., TOKUDA H., 1991b. Naturwissenschaften 78, 171.
- V.-J. HEARING Jr. Methods in Enzymology, 1987. Vol.42, 154-165, de V.-J. KIM H, UYAMA. Cellular and Molecular Life Sciences 2005, 62, 1707-1723 et de T.SABUDAK et al. Natural Product Research, 2006, vol. 20, n° 7, 665-670.
- YANG X.W., Ma Y.L., HeH.P., WANG Y.H., Di, Y.T., Zhou H., Li. Hao, X.J., 2006. J. Nat. Prod. 69, 971.

54. Valorisation de la plante *vatofosa* (*Achyranthes aspera*) en complément alimentaire et produits chimiques

Adéline RAHANTAMALALA¹, Rindra ANDRIANARIMANA², Felamboahangy RASOARAHONA^{1,2}, Herilalaina RABARISOA¹, Helga RIM FARASOA^{2,3}, Iandriniaina RASAMBARITAFIKA¹, Jean RASOARAHONA², Béatrice RAONIZAFINIMANANA²

¹HOMEOPHARMA

²Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département IAA, Université d'Antananarivo;

³Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo

Ces travaux de recherche ont été réalisés entre la collaboration avec le Centre National de Recherche Environnementale (CNRE) et dans le cadre d'une convention de partenariat entre l'Université d'Antananarivo, plus particulièrement, entre l'HOMEOPHARMA et l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques – Mention Industries Agricoles et Alimentaires.

I-introduction

Depuis des décennies, les hommes dépendent des plantes pour survivre. Madagascar un pays tropical très riche en flore, abrite diverses plantes aux multiples vertus. Des plantes médicinales endémiques et des plantes introduites existent dans nos réserves de biosphère.

De nombreuses plantes sont encore inconnues ou non utilisées dans notre pays. L'*Achyranthes aspera* est une plante envahissante des pays chauds, elle a de nombreuses utilisations (BAILLON, 1888). Elle a de nombreuses utilisations non seulement alimentaires, mais certains de ses composés sont dotés de vertus thérapeutiques. Cette plante est déjà très utilisée dans d'autres pays comme l'Inde et le Népal (MAJUPURIA, 2009). Le but de cette recherche est de valoriser les vertus de la plante *Achyranthes aspera*, en complément nutritionnel, mais également en remède traditionnelle améliorée, se présentant sous forme de crème pour soins corporels. Les appellations vernaculaires de la plante *Achyranthes aspera* dans d'autres pays diffèrent d'une région à une autre. Queue de rat en français, Chaff- flower en anglais et Vatofosa ou Fandrangopaza ou Tsipolomanitra, en malgache.

Description botanique

La classification de le *Vatofosa* est la suivante :

Royaume : PLANTEAE
Sous royaume : *TRACHEOBINOTE*
Super Division : *SPERMATOPHYTE*
Division : *MANGOLIOPHYTE*
Classe : *DICOTYLEDONE*
Sous classe : *CARYOPHYLLIDEE*
Ordre : *CARYOPHYLLALE*
Famille : *AMARANTHACEE*
Genre : *Achyranthes* L.
Espèce : *aspera*

L'*Achyranthes aspera* est une espèce très variable, on distingue 2 variétés, à Madagascar: *Achyranthes aspera* L. var. *sicula* L. et *Achyranthes aspera* L. var. *indica*

L'*Achyranthes Aspera* L est une plante qui se multiplie seulement par les graines ; elle fait partie des plantes annuelles.

II Travaux antérieurs

II-1. Activités pharmacologiques de la plante

Les différentes parties de la plante ont des propriétés pharmacologiques. La feuille est utilisée pour la prévention contre les cancers (AKHTAR *et al*, 1991). Les feuilles avec les graines ont des activités antiparasitaires (ZAHIR *et al*, 2009) (HASAN, 2014), hépato –protecteurs (BAFNA & MISHRA, 2004), Spermicide (ZAHIR *et al*, 2009) (PAUL *et al.*, 2010), pour la racine et les plantes entières ont les propriétés pharmacologiques suivantes : hypoglycémiant (ZAMBARE, 2010) (HASAN, 2014),néphroprotecteur (HASAN, 2014),cardio-vasculaire (HASAN, 2014),Antitoxine (RAMAR *et al.*, 2007), cicatrisante (BARUA *et al.*, 2012)et anti-inflammatoire (JAY *et al.*, 2011)(OU LI-LAN, 2012).

II-2. Criblage phytochimique de la plante

Les études d'ANKAD *et al* en 2015 sur l'évaluation ont montré la présence de stéroïdes, de triterpénoides, de saponines, de flavonoïdes, des alcaloïdes, des tanins et des glycosides dans les feuilles d'*Achyranthes aspera*.

II-3.Oligo-elements dans la plante *Achyranthes aspera* (SHEELA ET AL, 2014).

Les concentrations des éléments dans la plante *Achyranthes aspera* sont le fer (18,16mg/100), le calcium (394mg/100g), l'acide oxalique (73,87mg/100g) et acide ascorbique (8mg/100g)

Le taux de calcium est élevé dans la plante. C'est cette propriété que nous allons exploiter entre autres dans notre recherche.

II-4.Etudes toxicologiques

Des études de toxicité faites sur des rats sur la poudre d'*Achyranthes aspera* ont révélé que la plante, entière ou en partie, est abortive, tératogène, et à forte dose, montre une toxicité pour le coeur. (ZAMBARE, 2010)

III Matériels et méthodes

III-1. Enquêtes ethnobotaniques

L'enquête a été menée dans la région d'Arivonimamo. Nombre de sujets enquêtés est 97. Les sujets ont été interrogés sur la limitation de milieu botanique de la plante et la révélation des différentes utilisations traditionnelles

III-2. Méthode d'analyses nutritionnelles

Plusieurs méthodes ont été effectuées

- **Teneur en eau par dessiccation.**

Les poudres sont placées dans une étuve à 103°C pendant 24 heures. L'échantillon est pesée jusqu'à l'obtention d'un poids constant

- **Teneur en matière sèche**

La teneur en matière sèche est déduite de celle de l'humidité ci-dessus par la relation suivante :

$$\text{MS\%} = 100 - \text{H\%}$$

- **Teneur en cendre brute**

La méthode utilisée est la méthode de l'incinération dans une four à moufle 550°C pendant jusqu'à obtention d'une cendre grise

- **Teneur en protéine totales par méthode de KJEIDHAL.**

Il y a trois phases différentes à suivre :

 **Minéralisation :** l'é

L'acide sulfurique, H₂SO₄, est ajouté à l'échantillon, puis un mélange de catalyseur. L'ensemble est chauffé jusqu'à obtention d'une solution limpide.

 **Distillation**

Le minéralisant ainsi obtenu est introduit dans un distillateur. Et le distillat est ensuite ajouté d'acide borique et de réactif de Tashiro.

 **Titration**

Le distillat est titré avec du H₂SO₄. Le volume a servi à déterminer

• **Teneur en lipide totaux.**

L'échantillon est mis dans un extracteur soxhlet et le solvant utilisé est l'hexane. Le mélange recueilli est soumis à une concentration sous vide dans un évaporateur rotatif. Ce traitement s'effectue à 40°C. Le résidu est séché 15 min dans une étuve à 130°C. Après refroidissement dans un dessiccateur, le ballon est pesé

• **Teneur en glucide totaux**

Le taux de glucides totaux de l'échantillon est déduit de la différence entre la teneur en extrait sec et la somme des teneurs en protéines, en lipides, et en cendres brutes.

• **Valeur énergétique**

La valeur énergétique d'un aliment se calcule en multipliant la teneur de chaque macronutritriment par l'indice d'Atwater (AFNOR, 1989) tel que 1g de glucide apporte 4 Kcal, 1g de protéine libère 4 kcal et 1g de lipide fournit 9 Kcal. Ainsi, sa formule est : VE= (G*4) + (P*4) + (L*9)

III-4. Extraction aqueuse à chaud

Les poudres préalablement séchés et broyés sont macérées dans de l'eau distillée. Puis placé dans un bain marie de 80°C puis

III-5. Extraction aqueuse à froid

La différence à la première méthode à chaud est que les échantillons avec de l'eau distillée est agitée pendant 24h. Et l'extraction suit les mêmes étapes décrites précédemment

III-6. Tests antimicrobiens

Les 6 étapes à suivre pour les tests antimicrobiens sont la revivification des souches, le rajeunissement des souches, la préparation de l'inoculum, l'ensemencement, le dépôt des disques antibiogrammes ATB et la lecture

III-7. Formulation du complément nutritionnel sous forme de gélule

La sélection d'autres plantes comme *Morus alba* (feuille) et *Cucurbita maxima* (graine) à associer avec les feuilles d'*Achyranthes aspera* a été effectuée selon les qualités nutritionnelles de chacune, en visant une efficacité optimale, notamment en termes d'apport en sels minéraux et de leur biodisponibilité

Les paramètres de séchages sont variables en fonction des méthodes utilisées. Chaque élément entrant dans la composition de la gélule est récolté, trié, nettoyé, séché broyée et mélangé avant être conditionné

III-8. Formulation du remède traditionnel amélioré

Des essais sur différents types d'émulsions ont été effectués pour pouvoir choisir l'excipient le plus approprié en tant que véhicule pour une application en tant que cicatrisant et anti-inflammatoire.

Le procédé de fabrication de la crème à émulsion simple subit des étapes suivantes : mélange de phase aqueuses et huileuses puis chauffage à 65°C en 1mn et mélanger pendant 120mn. Pendant ce temps on ajoute les actifs, les conservateurs et la base parfumante et en dernier le conditionnement. Tandis que la crème à émulsion triple, la première étape consiste à faire une émulsion simple. Cette dernière va être mélangée à la phase externe qui est l'huile, en deuxième étape avant d'être passé au mélangeur pour obtenir l'émulsion triple.

III-9. Analyse sensorielle et test d'efficacité des remèdes traditionnels formulés.

Les crèmes sont soumis à des analyses sensorielles qui se déroulent en deux épreuves : analyse hedonique pour la base parfumante à ajouter dans la crème et analyse descriptive pour ces crèmes cicatrisantes, anti-inflammatoire et la référence.

IV Résultats et discussions

IV-1. Résultat d'Enquêtes ethnobotanique

La plante est destinée à l'alimentation animale (bovin et lapin). Par contre, elle est consommée en tant que légumes en Inde dans les bibliographies. Le nombre d'années d'utilisation de la plante est de plus de 20ans

Nous avons dénombré plusieurs utilisations traditionnelles dont les troubles de l'estomac, l'état de fatigues, la goutte, la diarrhée, l'hypertension artérielle, l'état de convulsion, les douleurs articulaires, fièvres jaunes, les infections, le rhumatisme, et la syphilis.

IV-2. Résultat d'analyses nutritionnelles

Le tableau présente le résultat comparatif analyse nutritionnelle effectuée sur 100g de la poudre d'*Achyranthese aspera* .

Tableau : Résultats comparatifs d'analyse nutritionnelle sur l'*Achyranthes aspera* en Antananarivo et en Afrique. (SHEELA, 2004)

Eléments	Proportions (Antananarivo)	Proportions (Afrique)
Matière grasse	1,30 g/100g	0,7 g/100 g
Cendre brute	16,98 g/100g	2,53 g/100 g
Glucide totale	20,44 g/100g	0,7 g/100 g
Protéine totale	21,4 g/100g	2,1 g/100 g
Humidité	39,88	78 %

Une large différence a été remarquée au niveau de valeur des éléments présents dans l'*Achyranthese aspera*. Les analyses nutritionnelles révèlent que la plante est riche en protéine et en glucide. La valeur énergétique, pour le cas d'Antananarivo pour 100g de la plante est de **179,06 kcals**

IV-3. Rendement Extraction aqueuse à chaud et à froid

Les rendements d'extraction aqueuses sont de 15,90% et de 16,49% pour les méthodes à chaud et à froid.

Il n'y a pas de différence considérable entre l'extraction à chaud et à froid; les rendements environnent les 16%.

IV-4. Résultat d'analyse microbiologique.

Sur toutes les souches testées, souches de bactéries de champignons. Les tests ont été négatifs. Par exemple du staphylococcus aureus.a été remarqué par l'absence de halo autour du disque

IV-5. Apport en micronutritment des gélules

Chaque gélule apporte 14,51mg de calcium et la consommation de 6 gélules par jour apporte 20% des AJR. Le complément nutritionnel apporte également d'autres éléments minéraux et des protéines.

IV-6. Crèmes cicatrisantes et anti-inflammatoires formulées

Les paramètres expérimentés lors des essais les plus importantes sont : la température de mélange, le temps de mélange, les proportions des phases aqueuses et le type d'émulsifiant ainsi que leur proportions pour les type de crèmes. A la différence de l'émulsion simple. Le temps de mélange est beaucoup plus long Et la proportion de phase huileuse est plus élevée.

IV-7. Résultat d'Analyse sensorielle et efficacité des remèdes traditionnels formulés.

L'avantage de l'émulsion triple est la légèreté de la crème bien que sa proportion en phase huileuse soit de 23 % (proportion élevée). Son aspect n'est pas gras. Elle est également plus stable lors des tests de vieillissement.

Pour déterminer la base parfumante préférée, des épreuves d'analyses sensorielles hédoniques ont été effectuées et son résultat va présenter en figure ci-dessous. Les bases parfumantes les plus appréciées sont les bases 5 et 6. La crème pour la circulation (AI) a une caractéristique onctueuse et la crème cicatrisante (CICA) est visqueuse. Elles ont les mêmes aspects (couleur et brillance).

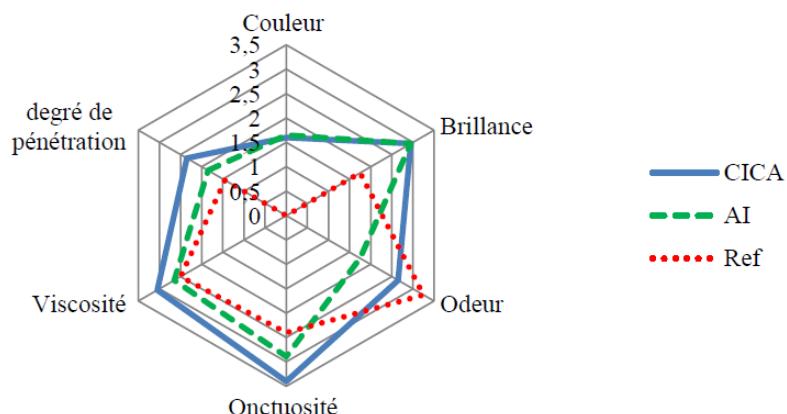


Figure : Diagramme comparatif en toile de deux crèmes élaborées et crème de référence

IV Conclusion

L'Achyranthes aspera contient de nombreuses molécules bioactives, lui conférant des propriétés pharmacologiques. Ainsi, de nombreux phytomédicaments sont faits à l'aide de cette plante en Inde. Cette plante est annuelle, s'adaptant au sol et au climat des Hautes Terres et la partie Est de Madagascar. Elle est très répandue dans la ville d'Antananarivo comme à la périphérie, pendant la saison des pluies. Les rendements d'extraction aqueuse sont de 15,90% et de 16,49% pour les méthodes à chaud et à froid. Les tests antimicrobiens effectués sur les extraits sont négatifs sur souches de bactéries. L'enquête ethnobotanique nous a révélé que la plante est peu connue. Seuls 20,7 % parmi les 97 sujets questionnés connaissent l'utilisation en tant que remèdes traditionnels. L'usage la plus fréquente est la décoction pour remédier aux troubles d'estomac, à la diarrhée, aux douleurs musculaires et articulaires, à la convulsion, à la fièvre jaune et à différentes infections. Elle peut également remédier aux maladies chroniques comme la goutte, l'hypertension artérielle, maladie du cœur. La connaissance des caractéristiques de la plante *Achyranthes aspera* permet de confectionner les produits. L'analyse nutritionnelle effectuée sur 100g de la poudre a révélé qu'elle est riche en protéine (21,4 g), en glucide (20,44 g) ; et en cendre (16,98 g). Elle est variable selon le lieu de plantation de la plante.

Deux crèmes ont été confectionnées, l'une à base d'émulsion simple huile dans l'eau (crème cicatrisante) et à l'autre base d'une émulsion triple huile dans l'eau dans l'huile (crème circulation). Les paramètres les plus déterminants sont : la température de mélange, le temps de mélange, le type d'émulsion et ses proportions des phases aqueuses et de phases huileuses. L'avantage de l'émulsion triple est la légèreté de la crème bien que sa proportion en phase huileuse soit de 23 % (proportion élevée). Son aspect n'est pas gras.

Pour déterminer la base parfumante préférée, des épreuves d'analyses sensorielles hédoniques ont été effectuées. Les bases parfumantes les plus appréciées sont les bases 5 et 6. La crème pour la circulation a une caractéristique onctueuse et la crème cicatrisante est visqueuse. Elles ont les mêmes aspects (couleur et brillance).

S'agissant d'une plante envahissante qui s'adapte facilement au climat de Madagascar, nous proposons pour la suite de ce travail d'envisager des études phytochimiques et biochimiques sur les lieux de cultures, et des tests cliniques sur nos produits

Référence bibliographique

- ABHIJIT D. ; 2011 ; Achyranthes Aspera L. Phytochemical and pharmacological aspects ; International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research ; Vol. IX ; N° 013 ; pages 74-82.
- AFNOR ; 1989 ; Contrôle de la qualité des produits alimentaires. Méthodes d'analyse officielle, 1ère Ed. AFNOR, Paris, 374 pages.
- AKHTAR J. ; IQBAL J. ; 1991 ; in HASAN S. ; 2014 ; Pharmacological and medicinal uses of Achyranthes Aspera ; International Journal of Science, Environment and Technology, Vol. III ; N° 1; pages 123-129.
- AKINTAYO E. ; 1997 ; Chemical composition and physicochemical properties of fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis*) seed and seed oils ; Rivista Italiana delle Sostanze Grasse ; Vol. 74, N° 1, pages 13-15.
- AUVRAY B. ; 2012 ; Cosmétologie ; Laboratoire de Cosmétologie ; 51 pages.
- APARNA S. ; ARUNA S. ; 2013 ; Evaluation of some minerals and trace elements in Achyranthes aspera Linn ; International Journal of Pharma Science ; Vol 3 ; N°3 ;P 229-233.

- AUDIGIE C. ; DUPONT G. ; ZONZAIN F. ; 1982 ; Principe des méthodes d'analyse biochimique. Tome 1, DOIN, Paris, 189 pages.
- ANDRIAMARO R. ; 2011 ; Etude comparative des procédés de fabrication et des composants nutraceutiques des jus de (noni) frais, fermentés et atomisés pour encapsulation ; Université d'Antananarivo ; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; Industrie Agricole et Alimentaire ; 114 pages.
- ASHWELL R.; NDHLALA ; HABTEAB M. ; GHEBREHIWOT ; BHEKUMTHETHO N. ; ADEYEMI O. ; AREMU ; GRUZ J. ; ŠUBRTOVA M.; DOLEZAL K.; CHRISTIAN P. ; DU PLOOY ; HAFIZ A.
- ABDELGADIR ; VAN STADEN J. ; 2015 ; Antimicrobial, Anthelmintic Activities and Characterisation of Functional Phenolic Acids of Achyranthes aspera Linn.: A Medicinal Plant Used for the Treatment of Wounds and Ringworm in East Africa ; Frontiers in Pharmacology ; Vol. VI ; pages 274
- BAFNA ; MISRA ; 2004, Pharmaceutica in HASAN S.; 2014 ; Pharmacological and medicinal uses of Achyranthes Aspera ; International Journal of Science, Environment and Technology, Vol. III ; India. pages 123 129.
- BAILLON H. ; 1888 ; Histoire des plantes ; dessin de faguet ; Ed Hachette ; 460 pages.
- BANERJI, M. ; 1970 ; Phytochemistry in SAURABH S.; PRADEEP S.; GARIMA M.; JHA K.;
- KHOSA R. ; 2011 ; Journal of Natural Product and Plant Ressources ; Vol. I ; N°1 ; pages 1- 14
- BATTA A. ; RANGASWAMI S. ; 1973 ; Phytochemistry ; in SAURABH S.; PRADEEP S.; GARIMA M.; JHA K.; KHOSA R. ; 2011 ; Journal of Natural Product and Plant Ressources ; Vol. I ; N°1 ; pages 1- BOITEAU P.; BOITEAU L. ; 1993 ; Les plantes médicinales de Madagascar ; Ed KARTHALA ; 135 pages.
- BUTT M.; NAZIR A.; SULTANA T. ; SCHROE“N K. ; 2008 ; Morus albaL. nature's functional tonic ; Foods and Sciences Technology ; Review ; Vol. IX ; Pages 505-512.
- CHAUHAN A. ; RAWAT G. ; SINGH C.; 2002 ; Asian Journal of Chemistry, in SAURABH S.; PRADEEP S.; GARIMA M.; JHA K.; KHOSA R. ; 2011 ; Achyranthes aspera-An important medicinal plant ; Journal of Natural Product and Plant Ressources ; Vol. I ; N° 1 ; pages 1- 14 .
- CYNOBER L. ; FRICKER J.; 2010 ; Vérité sur les compléments alimentaires ; Ed Odile Jacob ; 229 pages.
- DAS A.; BIGONIYA P.; NEELESH K ; RANA A. ; 2012 ; Gastroprotective effect of Achyranthes asperaLinn. leaf on rats ; Adsian Pacific Journal of Tropical Medecine ; Vol. I ; pages 197-201.
- DEFRANCESHI M. ; 1990 ; 144 manipulations de chimie générale et minérale. Marketing, Paris, 192 pages.
- DE LUCA M. ; ROCHA-FILHO ; GROSSIORD ; RABARON A. ; 1991 ; les émulsions multiples ; International Journal of Cosmetic Sciences, Vol. XII ; pages 1-21
- DHALE ; BHOI S.; 2013 ; Pharmacognostic Characterization and Phytochemical ; Screening of Achyranthes Aspera Linn ; Current Reaserch Journal ; Vol. I ; N° 1 ; pages 51-57
- DOUGAL H. ; 1958 ; Plants of Kenya, with special reference to those occurring in South Baringo (Plantes fourragères ligneuses du Kenya, spécialement celles de la région du Baringo méridional). ; Journal d'Agriculture tropicale et de botanique appliquée ; Vol. XXIII ; pages 236-245
- FREDERICQUE J. ; 2012 ; La beauté c'est malin ; Ed Leduc ; 192 pages.
- GODON B. ; LOISEL W. ; 1991 ; Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires. Analyse des constituants alimentaires, 2è Ed. Tome 4 Paris : Lavoisier Tec&Doc, 217 pages.
- HARIHARAN ; RANGASWAMI S. ; RAM P. ; RASTOGI , MEHROTRA. B. ; 2004 ; Compendium of Indian Medicinal plants. Central Drug Research Institute, Lucknow and National institute of Science Communication and information Ressources ; Vol.VI ; New Delhi ; pages 13-24
- HASAN S. ; 2014 ; Pharmacological and medicinal uses of Achyranthes Aspera ; International Journal of Science, Environment and Technology, Vol. III ; N° 1 ; India pages 123-129.
- HEMALATHA M. ; THIRUMALAI T.; SARANYA R. ; ELUMALAI E.; DAVID E.; 2013; A review on antimicrobial efficacy of some traditional medicinal plants in Tamilnadu ; Journal of Acute Deasese; Vol. I ; pages 99-105
- HOLM L. ; 1997 ; World Weeds : Naturals Histories and Distribution ; Ed John Willey&Sons ; 1129 pages
- HONGRATANAWORAKIT T. ; BUCHBAUER G. ; 2006 ; Relaxing effect of ylang ylang oil on humans after transdermal absorption ; Phytotherapy Research ; Vol. XX N°9 ; pages 758-763.

- IKAN U. ; RAVID D. ; TROSSET E ; 1971 ; Shulman. Experientia, in SAURABH S.; PRADEEP S.; GARIMA M.; JHA K.; KHOSA R. ; 2011 ; Achyranthes aspera-An important medicinal plant ; Journal of Natural Product and Plant Ressources ; Vol I. ; N° 1 ; pages 1- 14
- JITENDRA B. ; AJAY S. ; VIVEK D. ; 2012 ; Phytochemical and Pharmacological Evaluation of Achyranthes Aspera ; Ed Lap Lambert Academic Publishing GmbH KG ; 92 Pages.
- MARITINI M. ; 2008 ; Cosmétologie BTS esthétique-cosmétique ; Ed Elsevier ; 142 pages.
- MARTINI M ; 2009 ; Cosmétologie masculine ; Ed Lavoisier ; 424 pages.
- PANDEY H ; MISRA T. ; SINGH R. ; 1993; Phytochemistry ; in SAURABH S.; PRADEEP S.; GARIMA M.; JHA K.; KHOSA R. ; 2011 ;; Journal of Natural Product and Plant Ressources ; Vol. I ; N° 1 ; P 1- 14 .
- MISRA S. ; MISRA M. ; 2014 ; Nutritional evaluation of some leafy vegetable usedby the tribal and rural people of south Odisha ; Journal of Natural Product and Plant Ressource ; Vol. IV ; N°1 pages 23-28
36. MISRA T. ; SINGH R. ; PANDEY H. ; PRASAD C. ; 1991, Phytochemistry, in; SAURABH S.; PRADEEP S.; GARIMA M.; JHA K.; KHOSA R. ; 2011 ; Journal of Natural Product and Plant Ressources ; Vol. I ; N° 1 ; pages 1- 14
- MAJUPURIA T ; 2009 ; Religious & useful plants of Nepal & India: (medicinal plants and flowers as mentioned in religious myths and legends of Hinduism and Buddhism) ; Ed Rohit Kumar ; 452 pages.
- MUKHERJEEA H.; OJHA D.; BAG P.; CHANDEL ; BHATTACHARYY S.; CHATTERJEE T.; MUKHERJEE P.; CHAKRABORT S.; CHATTOPADHYAY D. ; 2013 ; Anti-herpes virus activities of Achyranthes aspera: An Indian ethnomedicine, and its triterpene acid ; Microbiological Reasearch Vol. XVI ; pages 238-244.
- NEOGI, R. ; GARG, R. ; RATHOR.; 1970, Phytochemistry ; in SAURABH S.; PRADEEP S.; GARIMA M.; JHA K.; KHOSA R. ; 2011 ;; Journal of Natural Product and Plant Ressources ; Vol. I ; N° 1 ; pages 1- 14.
- OKON BASSEY E.; ESSIEN E. ; CHING F. ; 2015 ; An Evaluation of the Sub Acute Toxicity and Haemostatic Effects of Leaves Extract of Achyranthes aspera in Mice and Albino Rats ; Euorpean Journal of Medicinal Plants Vol. VII ; pages, 16 - 25.
- PAUL D. ; ALI K. ; CHATTERJEE K. ; NANDI D. ; GHOSH D. ; 2010 ; Contraception, in HASAN S.; 2014 ; International Journal of Science, Environment and Technology, Vol. III ; N° 1 ; India ; pages 123-129.
- PARLEMENT EUROPEEN ET LE CONSEIL DE L'UNION EUROPEENE ; 2009 ; Règlement (CE) N°1223/2009 du parlement européen et du conseil du 30 novembre 2009 relatif aux produits cosmétiques(refonte) ; Journal Officiel de l'Union Européenne ; 151 pages.
43. PERRIER DE LA BATHIE H.; 1932 ; Les Plantes introduites à Madagascar ; Revue Botanique appliquée et d'Agriculture coloniale ; 12^e années, bulletin N°129, mai 1932 ; 489 pages.
44. PRIYA C. ; KUMAR G. ; KARTHIK L. ; RAO K.; 2010 ;Antioxidant activity of achyranthes asperalinn stem extracts ; Journal of Pharmacology ; Vol. II. ; N° 2 pages 228-237.
- PRIYA.K ; KRISHNAKUMARI S.; 2007 ; Phytochemical analysis of Achyranthes aspera and its activity on sesame oil induced lipid peroxidation ; Journal : Ancient Sciences of life ; Vol. XXVII ; N° 1 ; pages 6-10.
- PUSHPA LATHA B. ; VIJAYA T.; 2013 ; Achyranthes Aspera - A Herb Against Obesity ; Ed Lap Lambert Academic Publishing GmbH KG ; 224 pages. .
- QUATTROCCHI W. ; 1947 ; CRC World Dictionary of Plants Names, common names, Scienific names, eponyms, synonyms and Ehtymology ; Vol. I; Ed CRC ; Boca Raton, London ; Washington ; New York ; 3960 pages
- RAMAR P. ; THWIN M.; GOPALAKRISHNAKONE P.; IGNACIMUTHU S.; 2007 ; Ethnobotanical survey of folk plants for the treatment of snakebites in Southern part of Tamilnadu, ; India ; Vol. II, N° 12 ; pages 115-302
- AMESHWAR R. ; AKITO N.; 2007 ;. Natural Product Communications in SAURABH S. ; PRADEEP S.; GARIMA M.; JHA K.; KHOSA R. ; 2011 ; Journal of Natural Product and Plant Ressources ; Vol. I; pages 1- 14.
- RAKOTOMANANA H.; 2012 ; Contribution à l'étude des propriétés pharmacologiques du Vahona Aloe macroclada Baker ; Mémoire de fin d'études en vue d'obtention du diplôme d'Ingéniorat, département Industrie Agricoles et Alimentaires ; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo, 108 pages.

RASOARAHONA F. ; 2009 ; Mise au point d'une gamme de produits cosmétiques pour bébés et enfant ; Mémoire de fin d'études en vue d'obtention du diplôme d'Ingénierat, département Industrie Agricoles et Alimentaires ; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo. 128 pages.

RATIANOMENY N.; 2011 ; Contribution à l'étude chimique des tiges D'Achyranthes aspera Linn(AMARANTHACEES) ; Mémoire de fin d'études en vue d'obtention du diplôme de Certificat d'Aptitude Pédagogique de l'Ecole Normale, Ecole Normale Supérieure (C.A.P.E.N) ; Université de Fianarantsoa ; 66 pages.

REDDY C. ; KAMBLE A. ; 2014 ; Toxicity study of Achyranthes aspera ; International Letters of Natural Sciences ; Vol. XIV ; pages 85-96

REDDY D. ; BASAPPA K ; ROLLA S. ; JITHENDAR P., RAJASHEKAR. B. ; 2014 ; Phytochemical investigation of seeds of Achyranthes aspera Linn ; Journal of Pharmacology and Phytochemistry ; Vol. III ; N°1 ; pages 190-193

SADASHIV; PINGALE S.; KRISHNA; AVVARU R.; 2011; Acute toxicity study for Achyranthes aspera leaves ; Journal of Pharmacy Research; Vol. 4, pages 2221.

SARAF A.; SAMANT A.; 2013 ; Evaluation of some minerals and trace elements in Achyranthes aspera Linn. ; International Journal of Pharma Sciences Vol. III ; N° 3 ; pages 229-233

SAURABH S.; PRADEEP S.; GARIMA M.; JHA K.; KHOSA R. ; 2011 ; Achyranthes aspera-An important medicinal plant ; Journal of Natural Product and Plant Ressources ; Vol. I ; N° 1 ; Pages 1-14

SHARMA S.K. ; VASUDEVA N. ; M. ALI. ; 2009 ; Organic and Medicinal Chemistry ; in SAURABH S.; PRADEEP S.; GARIMA M.; JHA K.; KHOSA R. ; 2011 ;; Journal of Natural Product and Plant Ressources ; Vol I ; N° 1 ; P 1- 14 .

SHARMA V. ; CHAUDHARY U. ; SINGH R., AGARWAL A. ; 2013 ; Achyranthes aspera phytochemical estimation ; American Journal of Pharmtech Research ; Vol. III ; N° 2 ; pages 243-251.

SHARMA V.; CHAUDHAR U.; SINGH R.; 2012 ; Ameliorative Role of Achyranthes Aspera in Arsenic Treated Mice ; Ed Lap Lambert Academic Publishing GmbH KG ; 208 pages

SINHA A. ; SHARMA U. ; SHARMA N. ; 2009 ; A comprehensive review on vanilla flavor: Extraction, isolation and quantification of vanillin and others constituents ; International Journal of Food Sciences and Nutrition ; Vol. IX ; N°4, pages 299-326.

SRIVASTAVA P.; 2014 ; Achyranthes aspera: A potent immunostimulating plant for traditional medicine ; International Journal of Pharamaceutical Sciences and Reasearch. Vol. V ; pages 1601-1611.

VIGAN M.; 2012 ; Progrès en dermato-allergologie ; Ed John Libbey ; 368 pages.

WOLFF J. ; 1991 ; Analyse et dosage des lipides : MULTON J.L. Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires : Analyse des constituants alimentaires, 2è Edition. Paris : Lavoisier Tec&Doc, 1991. Tome 4, pages 156 – 189.

ZAHIR A. ; RAHUMAN A. ; KAMARAJ C. ; BAGAVAN A. ; ELANGO G . ; SANGARAN A. ; KUMAR B. ; 2009 ; Parasitology Research ; in HASAN S.; 2014 ; International Journal of Science, Environment and Technology, Vol. III ; N° 1 ; India Pages 123-129.

ZAMBARE M.; 2010 ; Potential of Achyranthes Aspera in Diabetic Wound Healing ; Ed Lap Lambert Academic Publishing GmbH KG ; 124 pages.

55. Valorisation du *Fihamy* ou *Ficus grevei* (Baillon) en cosmétologie: Conception d'une gamme de produits cosmétiques à base du Fihamy

Felamboahangy RASOARAHONA^{1,2}, Miray CASIMIR², Herilalaina RABARISOA¹, Adéline RAHANTAMALALA¹, Iandriniaina RASAMBARITAFIKA¹, Helga RIM FARASOA^{2,3}, Fanjaniaina FAWBUSH², Jean RASOARAHONA², Béatrice RAONIZAFINIMANANA²

¹HOMEOPHARMA, ²Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département IAA, Université d'Antananarivo; ³Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo

Ce travail de recherche entre dans le cadre d'une convention de partenariat entre l'Université d'Antananarivo, plus particulièrement, et l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques – Mention Industries Agricoles et Alimentaires et l'HOMEOPHARMA.

Le souci de mieux paraître commence à être une préoccupation dans la Société malgache. Les soins de beauté commencent à faire partie de notre quotidien. Ces soins ne concernent plus que les femmes mais aussi les hommes, toujours en quête de paraître plus jeune et de se protéger contre toute agression extérieure (pollution, UV...).

En observant les habitudes des femmes dans la région de Toliara qui portent des masques de beauté durant la journée, nous nous sommes posé plusieurs questions :

- Est-ce que ces masques sont constitués de la même poudre de plante que l'on observe dans la partie Nord- Ouest de Madagascar, c'est-à-dire *Masonjoany* ou *Enterospermum Madagascariensis* ou s'agit-il d'une nouvelle plante ?
- S'il s'agit d'une nouvelle plante, quelles propriétés possède-t-elle ?
- Est-ce que par ces éventuelles propriétés, on pourrait exploiter la plante dans la formulation de produits cosmétiques ?

Ces questions posées nous ont emmenées à entreprendre une étude plus approfondie sur cette « fameuse » plante.

D'un autre côté, l'HOMEOPHARMA est une société œuvrant aussi dans le domaine de la cosmétique naturelle et est toujours en quête de promouvoir une diversification de ses produits en utilisant de nouvelles plantes.

Voici donc, les objectifs de l'étude :

- **Objectif principal :** Créer une gamme de produits cosmétiques afin d'assurer la satisfaction des consommateurs en termes de diversification des produits et de créer la valeur ajoutée
- **Objectifs spécifiques :**
 - Décrire, évaluer et étudier les propriétés exploitables du *Fihamy* dans le domaine cosmétique par les méthodes d'enquête et du screening phytochimique ;
 - Créer les nouveaux produits à savoir la gamme de produits cosmétiques à base du *Fihamy* (en laboratoire) et ;
 - Étudier et analyser les produits finis par les différents tests (physico-chimiques et microbiologiques), les tests de stabilité, les évaluations sensorielles, les tests de tolérance et d'efficacité.

Il est aussi à rappeler que la formulation des nouveaux produits cosmétiques à base de la plante doit suivre les étapes suivantes :

- Enquêtes au niveau de la population locale (Région Sud de Madagascar – Toliara) ;
- Identification de la plante (herbier, bibliographie, enquêtes) ;
- Screening phytochimique ;
- Essais de formulation en Laboratoire (recherche forme galénique, étude du prix de revient, recherche sur les autres ingrédients et/ou additifs pour optimiser le produit...) ;
- Tests de toxicité ;
- Réalisation de différents tests de stabilité (vieillissement accéléré, analyses microbiologiques) ;
- Réalisation de différentes analyses physico-chimiques ;
- Evaluation sensorielle des produits (profil sensoriel, appréciation des utilisateurs) ;
- Tests d'efficacité (essai clinique).

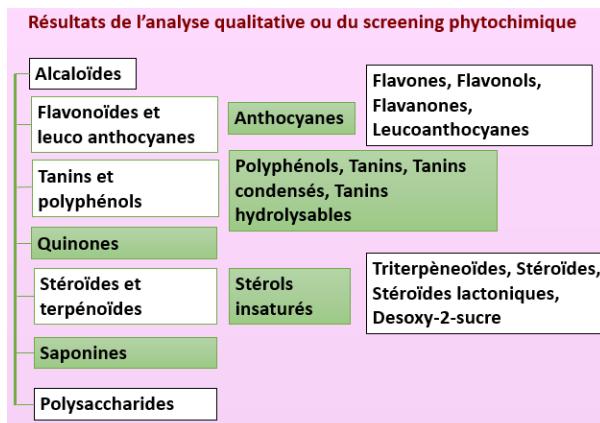
Il à noter que, dans notre cas, l'étude ne prendra pas en compte la partie tests de toxicité et tests d'efficacité, car elles feront l'objet d'autres études ultérieures. De plus, les ingrédients qui seront utilisés sont des ingrédients dont l'utilisation est connue et maîtrisée. Ces ingrédients sont aussi tous autorisés dans la formulation de Cosmétiques Biologiques.

Dans la première partie de ce travail, nous allons aborder les études sur le *Ficus grevei* ou Fihamy car les identifications botaniques réalisées confirment bien qu'il s'agit bien de cette plante. Il s'agit d'un arbre de plus de 20m de haut qui appartient à la famille des Moracées. Elle est endémique de Madagascar. On la rencontre surtout dans le Sud-Ouest, Ouest, Nord de Madagascar et les îles Eparées. Les principaux constituants phytochimiques de la plante sont le palmitate et le stéarate de lupéol, le 28-formyl-3β-hydroxyurs-12 (13)-ene, le 28-formyl-3β-hydroxyolean-12(13)-ene, le (E)-resvératrol 3-O-β-glucoside, les flavonoïdes, les stilbènes, les triterpénoïdes et les xanthones.

Des enquêtes sur la plante ont aussi été réalisées dans la Commune de Mihary (Toliara). Ces enquêtes révèlent les résultats suivants :

- La plante a été utilisée depuis plus de 20 ans par la population locale ;
- En médecine traditionnelle, elle possèderait les vertus pour soigner les maladies suivantes : soin du *farasisa* ou eczéma, le paludisme et les maux d'estomac... ;
- En cosmétique, 80% des utilisateurs sont des femmes ;
- En cosmétique, on lui reconnaît surtout les propriétés de protection solaire.

Les screening phytochimiques réalisés sur les extraits de la plante révèlent la présence des constituants chimiques suivants (colorés en vert) :



Ces résultats sont conformes aux résultats obtenus de la littérature. Il est aussi à noter que ces résultats confirment la présence de constituants ayant des propriétés intéressantes dans la formulation de produits cosmétiques. Nous pouvons donc passer à la prochaine étape qui est la formulation d'une gamme de produits cosmétiques dont le principal actif sera ce Fihamy (sous forme de teinture mère ou sous forme de poudre).

La gamme proposée sera donc constituée de quatre produits :

- Une crème de protection solaire ;
- Un lait nettoyant (démaquillant) ;
- Une lotion nettoyante ;
- Une poudre (masque) pour le visage ;

Le point commun de cette gamme est l'utilisation d'une même base parfumante, c'est-à-dire qu'elle sera composée par une même odeur. Ainsi, pour le choix de cette base parfumante à utiliser, diverses compositions ont été élaborées et le choix a été orienté par des analyses sensorielles de type hedonique (Tests de préférence). La base parfumante retenue est constituée de :

- 57% parfum floral ;
- 28% parfum fleur de lotus ;
- 15% essence de vanille.

Il est à noter que les formes d'utilisation du *Fihamy* sont les suivantes pour les différents produits cosmétiques :

- Poudre de la tige du *Fihamy* : pour le masque ;
- Teinture mère ou extrait hydroalcoolique de la poudre de *Fihamy* pour les autres produits.

Pour les deux émulsions (lait et crèmes), leur différence réside dans le type d'émulsion mis en œuvre c'est-à-dire que pour le lait, nous avons réalisé une émulsion de type eau dans huile et pour la crème une émulsion de type huile dans l'eau. D'autres ingrédients ont été ajoutés à ces émulsions pour avoir un effet synergique et complémentaire à celui du *Fihamy*. Il s'agit de TM *Aloe macroclada*, de la TM *Calendula*, de l'huile de *Calophyllum* et de l'oxyde de zinc. Tandis que pour la lotion nettoyante, de la TM d'*Aloe* et de *Calendula* ont été ajoutés. Pour le masque, de la poudre d'argile blanche et de la poudre d'argile jaune ont été ajoutés.

Une fois les produits formulés, des travaux d'analyse sensorielle ont été réalisés. Il s'agissait en premier d'évaluer les produits (s'ils sont appréciés ou pas en tenant compte de leur caractéristiques organoleptiques) mais aussi dans un but d'établir les profils sensoriels des produits dans le but de les standardiser.

D'après les tests d'acceptabilité, les produits ont obtenu une note de 6/9 en tenant compte de ses qualités organoleptiques. On peut en conclure que les produits sont appréciés par les sujets qui ont réalisé les tests.

Le profil sensoriel de chacun des quatre produits a aussi été réalisé par des sujets entraînés en tenant compte des paramètres suivants : l'odeur, la couleur, l'homogénéité, la brillance, l'onctuosité (pour les émulsions) et la granulométrie (pour le masque).

Des études de stabilité ont aussi été réalisées sur les produits finis, cela afin de déterminer leur période d'utilisation après ouverture. Il s'agissait de simuler un vieillissement accéléré des produits en faisant jouer le couple temps et température (vieillissement à l'étuve). A parallèle à cela, le pH ainsi que les caractéristiques organoleptiques des produits ont été enregistrés quotidiennement. Il en découle que les produits auxquels de la vitamine E a été ajoutée, présente une meilleure stabilité. A noter que la vitamine E possède de très bonnes propriétés pour le visage (surtout antioxydante).



Pour voir l'efficacité des produits, une étude comparative du pouvoir de protection solaire (SPF) à la spectrophotométrie UV visible de trois crèmes solaires déjà sur le marché et celle à base du *Ficus grevei* a été réalisée (Protocole de DUTRA et al., en 2004 basé sur la détermination des SPF par l'équation de Mansur). Les résultats ont montré que la crème formulée a un SPF de 0,2, valeur inférieure aux valeurs du SPF de deux crèmes solaires de deux Laboratoires de renommée mais valeur supérieure à la valeur du SPF d'un produit d'entrée de gamme. Cela conforte le fait que pour plus d'efficacité, il serait préférable d'utiliser toute la gamme à base de Fihamy.

En conclusion, nous pouvons dire que des produits innovants ont pu être formulés à base de ce *Fihamy* car :

- L'Etude sur le *Fihamy* et le screening phytochimique montrent que les résultats obtenus en laboratoire confirment ceux trouvés par des recherches ultérieurs. Le Fihamy possède des vertus cosmétiques exploitables et intéressantes.
- La valorisation du Fihamy par la conception d'une gamme de produits cosmétiques est faisable ainsi quatre produits ont pu être réalisés : Crème biosolaire-Lait démaquillant-Lotion nettoyante-Poudre masque visage.
- L'étude de stabilité montre que d'une manière générale, les quatre produits sont stables en respectant les conditions de conservation.
- Les analyses sensorielles valident le fait que la gamme est acceptée par les consommateurs, ce qui constitue un grand potentiel pour sa future mise sur le marché.

Cependant, diverses études sont encore à réaliser avant de pouvoir mettre le produit sur le marché. Ainsi, nous proposons les pistes de recherche suivantes :

- Étude des essais de plantations du *Fihamy* ;
- Étude plus approfondie de l'analyse en quantité des constituants phytochimiques du *Ficus grevei* ;
- Étude de la valorisation du *Fihamy* dans d'autres domaines : médicale, nutrition.
- Réalisation d'études sur les tests cliniques de la gamme et test d'efficacité.
- Diversification et amélioration de la gamme : introduction d'une quantité plus élevée d'actif pour améliorer l'efficacité par exemple.

56. Identification et valorisation d'un produit résineux de Madagascar par analyses chromatographiques et spectrales

Sylvia R. T. RALAMBONIRINA^{1*}, Docteur-HDR

Henintsoa Rakotoarivelo², Lalasoa Ranarivelo¹, Faliarivony Randriamialinoro¹, Dimby Ralambomanana², Guy Pradel¹, Hakim Elmori³, Elisabeth Seguin³, Philippe Vérité³, Michel Ratsimbason¹

¹Centre National d'Application des Recherches Pharmaceutiques, Ambodivoanojo-

²Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, Mention Chimie

³Université de Rouen, Faculté de Médecine et de Pharmacie, UMR CNRS 6014

Résumé

Parmi ses richesses naturelles, les résines fossiles de Madagascar font partie des domaines encore peu exploités scientifiquement, alors que ces produits possèdent de nombreuses utilisations. Parmi ses axes de recherche, le CNARP possède plusieurs échantillons de produits résineux collectés sur les plages, tout le long de la côte Ouest de Madagascar. Notre principal objectif est d'identifier leurs origines via l'étude de leurs constituants.

Les analyses chimiques préliminaires dont chromatographie sur couche mince (CCM) et criblage par réactions spécifiques ont montré la présence de terpénoïdes dans nos échantillons. Les fractionnements et purifications par chromatographie sur colonne de l'extrait dichlorométhanique de l'échantillon de produit résineux noté A12, ont permis l'isolement de ses constituants majoritaires. Les analyses par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG/SM) et par spectroscopie de résonance magnétique nucléaire (RMN) monodimensionnel et bidimensionnel des constituants isolés ont conduit à l'identification de huit produits appartenant aux familles chimiques des triterpènes et des sesquiterpènes : α -amyryne (1), β -amyryne (2), epi- Ψ -taraxastananol (3), α -amyrenone (4), β -amyrenone (5), 1,1-dimethyl-7-(1-méthylethyl)-azulene (6), Madolin O (7) et un sesquiterpène aldéhyde (8). Ces résultats nous ont permis de conclure sur l'origine du produit résineux A12 : il s'agit d'une résine du type triterpénique d'origine végétale.

Mots clés : Produit résineux, chromatographie, RMN, SM, triterpènes, sesquiterpènes

1-INTRODUCTION

Les résines fossiles sont des constituants sédimentaires communs dans de nombreuses régions et peuvent se présenter en grande quantité dans certains dépôts (Anderson, 2001).

L'étude des produits résineux peut fournir de précieux renseignements tant dans le domaine archéologique que dans le domaine exploitation des produits naturels, sachant que ces produits peuvent être très onéreux. Les matériaux résineux sont souvent complexes et hétérogènes, ils contiennent généralement des composés terpénoïques qui constituent des marqueurs biochimiques permettant de définir leurs origines (Mathe et al., 2005).

Très peu d'études sont publiées sur les produits résineux de Madagascar, ainsi, nous reportons dans cette communication l'identification d'un produit résineux de la côte Ouest de Madagascar par analyses chromatographiques et spectrales.

2-Résultats et discussions

2.1-Etudes préliminaires

Par chauffage dans un récipient, l'échantillon référencé A12 se ramollie, puis fond. En brûlant dans l'air, il donne une flamme fuligineuse et exhale une odeur végétale.

Le CCM en présence de témoins stéroïdes (cholestérol, ergostérol et stigmastérol), a montré des taches d'allure et de rapports frontaux proches de ces stéroïdes. Le criblage chimique effectué avec les tests de Liebermann Burchard, de Salkowsky, de Badjet et de Kedde a montré l'abondance de triterpènes et l'absence de stéroïde.

2.2-Isolement et identification des constituants

Des chromatographies successives sur l'extrait dichlorométhanique de l'échantillon ont permis d'isoler des produits de profils « monotâches » en CCM. Après analyses spectrales, huit molécules ont été identifiés (Figure 1) : α -amyrine (1), β -amyrine (2), *Epi- Ψ -taraxastananol* (3), α -amyrenone (4), β -amyrenone (5), 1,1-dimethyl-7- (1-méthylethyl)-azulene (6), Madolin O (7) et un sesquiterpène aldéhyde (8).

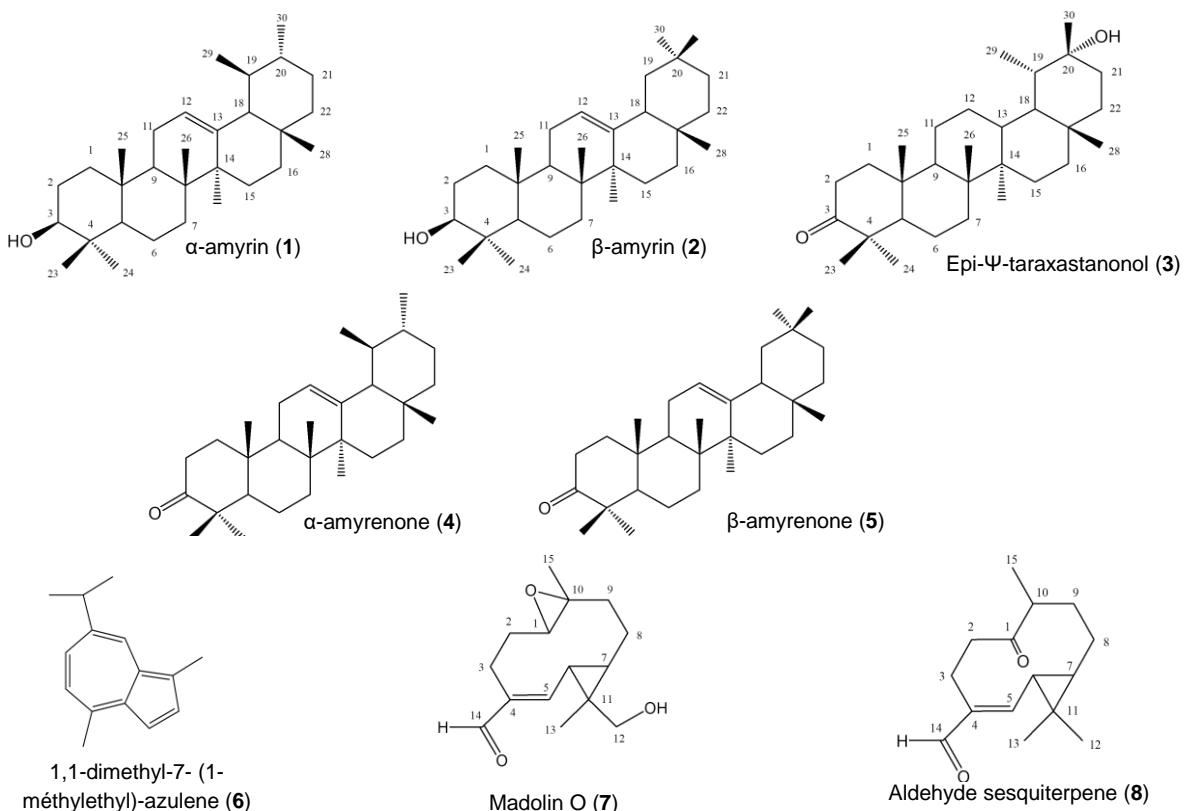


Figure 1 : Structure des produits identifiés du produit résineux A12

Les structures chimiques de ces produits ont été élucidées par analyses en CPG/SM et en spectroscopie de RMN monodimensionnel et bidimensionnel et par comparaison de leurs données spectrales avec la littérature, dont librairies NIST et Wiley et articles publiés (Liu, Tian, 2004) (Fingolo et al., 2013) (Carole Mathe et al., 2004) (Castro Ishida et al., 2011) (Tshikalange et al., 2010) (Wu et al., 2001) (Wu et al., 2000) (Chan et al., 1999). Les données spectrales sont présentées dans les tableaux n°1, n°2 et n°3.

Le sesquiterpène aldéhyde (8) est un produit non usuel. Son spectre de masse donne un pic moléculaire à m/z 234, compatible avec la formule brute $C_{15}H_{22}O_2$. Les spectres RMN présentent quelques points communs avec ceux de la Madolin O.

L'existence d'un signal à 9,28 ppm en RMN 1H , porté par un carbone à 192,8 ppm selon le spectre HMQC montre que le produit possède une fonction aldéhyde. Le spectre de RMN ^{13}C montre un signal à 212,3 ppm, donc existence d'une fonction cétone. Les signaux entre 0,8 et 2,7 ppm en RMN 1H caractérisent une chaîne hydrocarbonée. On remarque aussi un doublet à 5,41 ppm, porté par un carbone à 158,9 ppm, ce déplacement chimique et la constante de couplage ($J = 9,0$ Hz) est caractéristique du proton éthylénique en position 5 d'un sesquiterpène du type madolin. Cette hypothèse est confirmée en comparant le reste des données spectrales avec les données de la littérature sur les sesquiterpènes possédant à la fois une fonction aldéhyde et une fonction cétone. La structure du produit correspond donc à un sesquiterpène avec une fonction cétone, et un groupement aldéhyde en position 14, dont le squelette est de type madolin. En combinant données de SM et de RMN, on peut dire que la molécule contient une seule double liaison C=C.

Les molécules identifiées du produit résineux A12 appartiennent aux familles des triterpènes et sesquiterpènes rencontrés dans plusieurs espèces végétales. L' α -amyrine et le β -amyrine constituent par exemple les produits majoritaires de la myrrhe, une résine utilisée depuis l'Egypte ancienne en parfumerie, provenant des arbres de la famille des Burseraceae (Haluk, 2005) (Siani, 2012). Les sesquiterpènes du type madolin sont rencontrés chez les plantes du genre *Aristolochia* (Aristolochiaceae) (Wu et al., 2001)(Wu et al., 2000) (Chan et al., 1999). On peut donc dire que le

produit résineux A12 est une résine du type triterpénique d'origine végétale. Ces résultats sont en accord avec les caractéristiques physiques détectés lors des tests préliminaires.

Nos études en cours sur d'autres produits résineux sont réalisées pour aboutir à l'identification des types produits résineux de Madagascar et à leurs classifications.

Tableau 1 : Résultat d'analyse en CPG/SM-IE des produits 1 à 8

Produit	t _R (min)	M ⁺ (%)	m/z values of characteristic fragment
α-amyrine (1)	34,50	426 (11)	218 (100), 203 (25), 189 (25)
β-amyrine (2)	31,15	426 (5)	218 (100) ; 203 (45) ; 189 (20)
Epi-Ψ-tanaxastananol (3)	39,4	424 (12)	205 (60); 189 (35); 149 (10); 121(52) ; 109 (35); 95 (62); 81 (42)
α-amyrenone (4)	32,60	424 (5)	409 (5) ; 218 (100) ; 203 (10) ; 189 (10), 55 (16)
β-amyrenone (5)	29,35	424 (5)	409 (3) ; 218 (100) ; 203 (60) ; 189 (38), 55 (12)
1,1-dimethyl-7- (1-méthylethyl)-azulene (6)	20,11	198 (55)	183 (100), 168 (40), 153 (25), 141 (10), 128 (8), 115 (8), 83 (10)
Madolin O (7)	21,90	250 (1)	235 (4), 219 (15), 201 (5), 191 (11), 175 (10), 161 (15), 147 (35), 133 (33), 121 (45), 105 (62), 91 (80)
sesquiterpène aldéhyde (8)	21,92	234 (15)	219 (15), 191 (100), 173 (24), 161 (27), 147 (35), 131 (33), 121 (45), 105 (50), 91 (80)

Tableau 2 : Données spectrales en RMN ¹H et RMN ¹³C pour les produits 1, 2 et 3 dans CDCl₃

Position	α-amyrine (1)		β-amyrine (2)		Epi-Ψ-tanaxastananol (3)
	δ _H (J in Hz)	δ _C	δ _H (J in Hz)	δ _C	δ _C
1		38.8		38.6	
2		28.8		28.1	
3	3.23, d, J = 5.3	79.1	3.27, d, J = 4.9	77.1	49.1
4		38.8		38.6	
5	0.80, m	55.2		55.2	
6		18.4		18.0	19.7
7		32.9		32.9	
8		40.0		40.0	41.0
9		47.7		47.6	
10		36.9		36.9	36.4
11		23.4		23.5	21.8
12	5.15, t, J = 3.6	124.4	5.21, t, J = 3.5	121.7	26.74
13		139.6		145.2	39.13
14		42.1		42.1	45.9
15	2.03, td, J = 4.3 ; 9.3	27.3	1.96 – 2.10, m	26.0	29.7
16	1.88, m	26.6	1.79, m	26.6	
17		33.8		33.8	
18		59.0		47.6	46.9
19		39.7		47.2	
20		39.6		31.1	77.2
21		31.3		35.4	
22	1.94, m	41.5	1.90, m	37.2	
23	0.98, m	28.2	0.78, s	28.1	29.7
24	0.86, s	15.7	0.94, s	15.5	21.4
25	0.82, s large	15.7	0.74, s	15.5	15.3
26	0.90, s	16.9	0.96, s	15.7	15.3
27	1.09, s large	23.3	1.28, s	23.7	15.2
28	1.02, s	28.1	1.09, s	28.2	15.4
29	0.95, d ; J = 7.0	17.5	0.85, masked	34.2	15.4
30	0.82, s large	21.5	0.81, masked	23.3	

Tableau 3: Données spectrales en RMN ¹H et RMN ¹³C pour les produits 7 et 8 dans CDCl₃

Position	Madolin O (7)		sesquiterpène aldéhyde (8)	
	δ _H (J in Hz)	δ _C	δ _H (J in Hz)	δ _C
1	2.80 – 2.60, m	59.7		212.3
2	2.51 – 2.30, m	25.0	2.7, ddd, J = 14.1; 8.5; 4.9	38.9
3	2.80 – 2.60, m		2.51 – 2.30, m	21.

4				143.8
5	6.57, d, $J = 5.2$		5.41, d, $J = 9.0$	158.9
6		24.1		22.0
7	2.2 - 1.3, m		2.20 - 1.30, m	35.1
8				25.0
9	2.51 - 2.30, m		2.51 - 2.30, m	32.5
10		53.2		55.4
11		26.4		26.8
12	3.15, d, $J = 10.6$	77.2	0.92, s	19.5
13	1.26, s		0.89, s	19.7
14	9.26, s large		9.28, s	192.8
15	0.86, s		1.02, s	15.3

3-Partie expérimentale

3.1 – Echantillon étudié

Parmi ses axes de recherche, le CNARP possède des échantillons de produits résineux collectés sur les plages tout au long de la côte Ouest de Madagascar. Dans cette communication, nous présentons l'étude de l'échantillon référencé A12, un bloc de résine de couleur brun noir d'aspect goudronné avec une odeur caractéristique d'hydrocarbure.

3.2 – Criblage des triterpénoïdes

0,25g de l'échantillon a été dissout dans 12 ml de chloroforme. La solution est ensuite filtrée puis répartie dans cinq tubes à essais (environ 2 ml de solution dans chaque tube). Le premier tube sert de témoin et les autres servent pour quatre réactions de caractérisation.

Test de Liebermann-Burchard : à 2 ml de solution d'extrait sont additionnées 4 gouttes d'anhydride acétique puis 4 gouttes de H₂SO₄ concentré. Après repos, une coloration pourpre indique la présence des triterpénoïdes et une coloration bleu-vert celle des stéroïdes.

Test de Salkowsky : le tube à essai contenant la solution d'extrait est incliné d'un angle de 45°. 1 ml d'acide sulfurique concentré est versé lentement. Si l'anneau de séparation de phase est rouge après 30 mn, les stérols insaturés sont présents.

Test de Badget : à 2 ml de solution d'extrait sont additionnées 4 gouttes de solution aqueuse d'acide picrique à 1 % et 4 gouttes de solution aqueuse de soude à 20 % (m/v). L'apparition d'une coloration orange indique la présence de stéroïdes lactoniques.

Test de Kedde : à 2 ml de solution d'extrait sont ajoutés 4 gouttes d'une solution méthanolique d'acide 3,5-dinitrobenzoïque à 2 % (m/v) puis 1 ml d'une solution aqueuse de KOH à 6 % (m/v). L'apparition de coloration rouge indique la présence de stéroïdes lactoniques.

3.3 – Extraction et isolement des constituants

2,05 g du produit résineux A12 sont solubilisés dans le dichlorométhane. L'extrait obtenu est fractionné sur une colonne de silice à basse pression, élué avec un gradient de polarité croissante de dichlorométhane dans l'hexane suivi d'un gradient de méthanol dans le dichlorométhane, ce qui a donné 22 fractions notées A12-1 à A12-22. Les fractions A12-10 (71 mg) et A12-11 (190 mg) sont constitués d'α-amyrine (1) et de β-amyrine (2) et la fraction A12-17 (103 mg) contient le madolin O (7) et le sesquiterpène aldéhyde (8). La fraction A12-1 a été purifiée sur colonne de silice avec un système hexane - dichlorométhane (80/20, V/V), ce qui a permis d'isoler le 1,1-dimethyl-7-(1-méthylethyl)-azulene (6). La fraction A12-6 a été soumise à une colonne de silice éluée avec un système hexane - dichlorométhane (70/30, V/V), la fraction A12-6-1 (3,8 mg) correspond à l'épi-Ψ-taraxastananol (3), les fractions A12-6-3 (7,4 mg) et A12-6-4 (3,09 mg) sont constitués d'α-amyrénone (4) et de β-amyrénone (5).

3.4 – Analyses spectrales des produits isolés

Analyses en CPG/SM

Les produits isolés ont été analysés par CPG/SM. Les analyses ont été effectuées avec un chromatographe en phase gazeuse Agilent 6890 équipé d'une colonne capillaire à gel de silice fondu Optima 5 (diamètre intérieur de 60 m x 0,25 mm, épaisseur de film de 0,25 µm) et directement connecté avec un spectromètre de masse Hewlett-Packard 5973. Le gaz vecteur était l'hélium. Le CPG fonctionnait en mode Split à 20 ml / min. Les spectres de masse ont été enregistrés en mode EI à 70 eV et par ionisation chimique positive (PCI) en utilisant du CH₄ comme gaz réactif. Les identifications des composés ont été réalisées par comparaison de l'EI-MS avec les bibliothèques numériques (Wiley 275 et NIST 98), des données d'articles publiés et des documents de laboratoires.

Analyses en spectroscopie de RMN

Les analyses en RMN ont été effectuées dans CDCl_3 , à 300 MHz pour le RMN ^1H et à 75 MHz pour le RMN ^{13}C . Les spectres RMN bidimensionnels ont été enregistrés sur un appareil à 400 MHz.

Références

- Anderson K. B. - "The nature and fate of natural resins in the geosphere" - Part XI. Ruthenium tetroxide oxidation of a mature Class Ib amber polymer. *Geochem. Trans.*, 2001, 3
- Castro Ishida V. F., Negri G., Salatino A., Fulgência M., Bandeira C. L., "A new type of Brazilian propolis: Prenylated benzophenones in propolis from Amazon and effects against cariogenic bacteria", *Food Chemistry* 2011, (125), 966–972
- Chan Y-Y, Leu Y-L, Wu T-S, "The Constituents of the Leaves of *Aristolochia heterophylla* Hemsl" - *Chem. Pharm. Bull.* 1999, 47(6) 887–889
- Fingolo C. E., Santos T. de S., Vianna Filho M. D. M., Kaplan M. A. C. - « Triterpene Esters: Natural Products from *Dorstenia arifolia* (Moraceae) » - *Molecules* 2013, 18, 4247-4256
- Haluk, J. P. - Les arbres à parfums. The perfume trees. *Bulletin de l'Académie Lorraine des Sciences* 2005, 44, p.1-4
- Liu Z-L., Tian X., "The Components of *Cacalia tangutica*" -*Bull. Korean Chem. Soc.* 2004, Vol. 25, No. 7
- Mathe C., Culiolli G., Archier P., Vieillescazes C., «Characterization of archaeological frankincense by gas chromatography-mass spectrometry» - *Journal of Chromatography A*, 2004, 1023, 277–285
- Mathe C., Hovaneissian M., Archier P., Vieillescazes C.- « Identification de résines végétales datant de l'Egypte ancienne par Chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse » - *Archeosciences, Revue d'Archéométrie*, 29, 2005, 157-161
- Siani A. C. - "Chemical Composition of South American Burseraceae Non volatile Oleoresins and Preliminary Solubility Assessment of their Commercial Blend". *Phytochem. Anal.* 2012, 23, p. 529–539
- Tshikalange T. E., Hussein A. - "Cytotoxicity activity of isolated compounds from *Elaeodendron transvaalense* ethanol extract" - *Journal of Medicinal Plants Research* 2010, Vol. 4(16), pp. 1695-1697
- Wu T-S., Chan Y-Y., Leu Y-L., "The Constituents of the Root and Stem of *Aristolochia heterophylla* Hemsl" - *Chem. Pharm. Bull.* 2000, 48(3), 357–361
- Wu T-S., Chan Y-Y., Lin F-W., "New Sesquiterpenes from the Roots and Stems of *Aristolochia mollissima*"- *Journal of the Chinese Chemical Society*, 2001, 48, 817-819

57. Evaluation de la fongicité de deux huiles essentielles malgaches contre les pathogènes post-récoltes des fruits tropicaux

SOLONIONY N. ANDRIANJAFINANDRASANA ^{1,5}, JEAN-MICHEL LEONG POCK TSY ^{1,3}, ISABELLE RATSIMIALA RAMONTA ¹, MARC CHILLET ², PASCAL DANTHU ⁴

¹Université d'Antananarivo, Sciences et technologies, Sciences de la Vie et de l'Environnement, Biotechnologie, Antananarivo, Madagascar

³Département des Recherches Forestières et Gestion Ressources Naturelles-FOFIFA

⁵DP Forêts & Biodiversité, Antananarivo, Madagascar

⁴Cirad Persyst, UPR HortSys, TA B-103 / C, Campus international de Baillarguet, 34398 Montpellier Cedex 5, France

²Cirad Persyst, UMR Qualisud, 7 chemin de l'IRAT, 97410 SAINT PIERRE, La Réunion

Résumé

Madagascar a un climat favorable à la production de fruits tropicaux. Le marché extérieur exigeant le respect des normes de qualité phytosanitaire, cette production est essentiellement dédiée au commerce intérieur. Parallèlement, ce marché extérieur recherche l'utilisation de produit, à la fois écologique et biologique, dans le traitement des fruits pour leur protection et conservation après la récolte. Répondant à cette demande, une nouvelle axe de recherche a vu le jour sur l'exploitation des propriétés toxiques des produits de la biodiversité, dont les huiles essentielles (HE), dans la mise au point de ces produits. Afin d'évaluer l'aptitude de deux huiles essentielles malgaches à protéger

les fruits des maladies post-récoltes, la croissance mycéienne et la germination conidienne de 2 champignons phytopathogènes isolés sur des fruits malades après récolte ont été mesurées dans des atmosphères chargés en HE de girofle et en HE de *Ravensara*. Il s'agit du genre *Fusarium* isolée sur des fruits malgaches, et du genre *Colletotrichum*, isolés à partir des mangues réunionnaises. L'étude a montré qu'appliqués en aérosol et en atmosphère confiné, 20µL d'HE de girofle et 500µL d'HE de *Ravensara aromatica* (chemotype méthyl chavicol) inhibent totalement la germination des conidies et la croissance mycéienne des souches testées. Toutefois, l'inhibition est réversible avec l'HE de *ravensare*, tandis qu'elle est permanente avec l'HE de girofle. L'étude a aussi montré, que l'intensité de l'inhibition varie aussi en fonction du type d'HE avec l'HE de *ravensare* et donc de la composition chimique de cette dernière. Sur les fruits en conservation, l'HE de girofle semble ralentir le développement de maladies post-récolte et n'affecte pas les propriétés chimiques comme l'acidité titrable, le pH, la teneur en sucre ainsi que la couleur de la pulpe.

Ainsi, on peut dire que les deux HE malgaches testées sont toxiques pour les champignons pathogènes post-récoltes testés. Etant fongitoxique et non fongistatique, l'HE de girofle est potentiellement exploitable comme traitement alternatif après récolte des fruits. Des études plus pointues et plus approfondies sont cependant nécessaires pour développer à partir de ces HE, un fongicide biologique efficace dans la protection des mangues après la récolte. Les effets du traitement sur les qualités organoleptiques des fruits, ainsi que leur toxicité pour les consommateurs sont à rechercher en plus de la dose efficace à grande échelle, ainsi que la fréquence d'application requise pour l'utilisation du produit.

Mots-clés: huile essentielle, mangues, toxicité, champignon phytopathogène, traitement post-récolte

Introduction

En 2014, la production mondiale de mangue variait d'un pays à l'autre de 15.188.000 à 1.888.449 MT. Selon le FAO en 2012, 0 à 50% de cette production est perdue après la récolte. Les principales causes de cette perte sont surtout des manquements aux normes de qualité exigées par le marché telles les maladies post-récoltes, qui lorsqu'elles n'endommagent pas les fruits, les rendent impropres à la consommation.

Ces maladies sont engendrées par des bactéries ou champignons phytopathogènes du genre, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Botrytis*, qui contaminent les fruits au champ mais qui restent latents jusqu'au stade post-récolte où les conditions nécessaires à leur développement sont présents tels l'aération, l'humidité, la luminosité, ainsi que la présence de blessures provenant de la manutention. Les principales maladies post-récoltes des mangues sont l'anthracnose et la pourriture. A ce jour, les traitements utilisés pour lutter contre l'occurrence de ces maladies sont surtout de nature chimique et sont perçus comme présentant à long terme des retombés sur la santé et l'environnement.

Ainsi le marché demande le recours à des alternatifs biologiques qui combine à la fois, innocuité, efficacité, biodégradabilité et dans le contexte de développement durable, les produits de la biodiversité comme les huiles essentielles (HE) intéressent les chercheurs étant donnés leur concentrations en molécules ayant des propriétés toxiques pour certains champignons et certaines bactéries. En effet, de nombreuses huiles essentielles ont été rapportées comme ayant des capacités inhibitrices du développement des champignons phytopathogènes et ce travail cherche à vérifier cette théorie pour le cas de deux HE issues de la biodiversité malgache ainsi que leur possible utilisation pour protéger les mangues malgaches et réunionnaises des maladies post-récoltes.

Approche méthodologique

Deux HE ont été testées choisies :

- Une huile présentant peu de variabilité chimique, l'HE de girofle (*Eugenia caryophyllata*)
- Une huile présentant une forte variabilité chimique sur le territoire malgache, l'HE de *ravensare* (*Ravensara aromatica*) dont quatre types chimiques ont été réunis (le type methyl chavicol MC, le type methyl eugenol ME, le type limonene L et le type sabinene S).

Les HE ont d'abord été soumises à une chromatographie en phase gazeuse couplée à une spectrométrie de masse (GC-MS) pour en déterminer la composition chimique.

Ensuite, leurs capacités à inhiber la germination des spores (à travers le taux de germination des spores ou germination conidiale) et la croissance mycéienne (en mesurant le taux de croissance radiale ie le diamètre de la culture par rapport aux témoins sans huile) de deux champignons phytopathogènes, l'une issues des mangues malgaches (*Fusarium verticillioides*) et l'autre de la collection de l'Université de Louvain (*Colletotrichum asianum*) ont été évaluées.

Elles ont été, par la suite, testées d'une part, pour les mangues (*Mangifera indica L.*) malgaches (var. Diego), par rapport à leur capacité à prévenir l'apparition de lésions post-récoltes (en mesurant

la sévérité des lésions ie le nombre de lésions apparues par rapport aux témoins non traitées) et d'autre part à freiner le développement de l'anthracnose post-récoltes (en mesurant la surface moyenne des lésions sur les zones d'inoculation de *C. asianum*) sur les mangues réunionnaises (var. Cogshall).

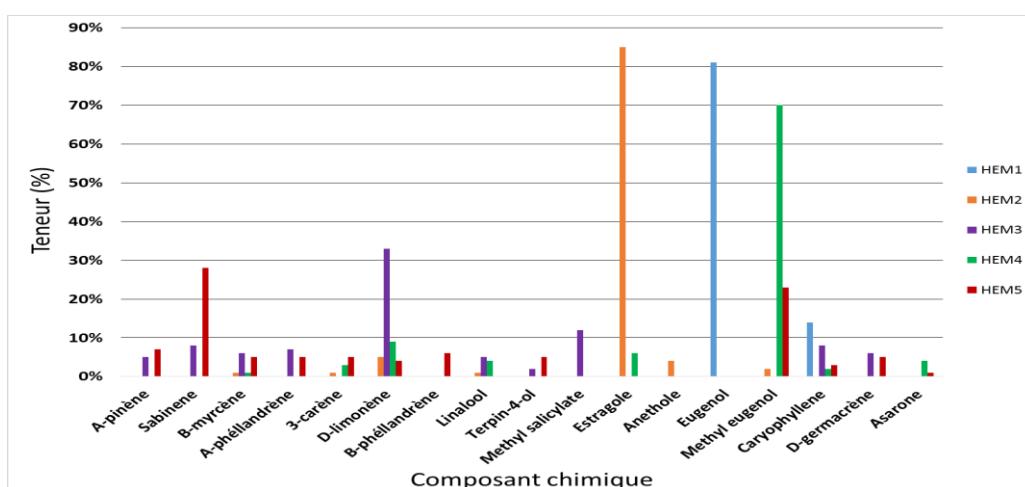
Les effets du traitement sur les propriétés chimiques de la pulpe ont été par la suite évalués par rapport à la teneur en sucres solubles (^oBrix), au pH, la couleur (^ohue).

Afin de comprendre si la fongitoxicité observée provient d'un principe actif (le composant majeur) ou de l'interaction entre les divers composants de l'HE, le composant majeur de l'HE la plus toxique a été testée par rapport aux mêmes propriétés (inhibition de la germination conidiale et croissance mycélienne, inhibition du développement des lésions obtenues sur les mangues inoculées avec *C. asianum* et altération des propriétés chimiques de la pulpe).

Résultats

Composition chimique des HE

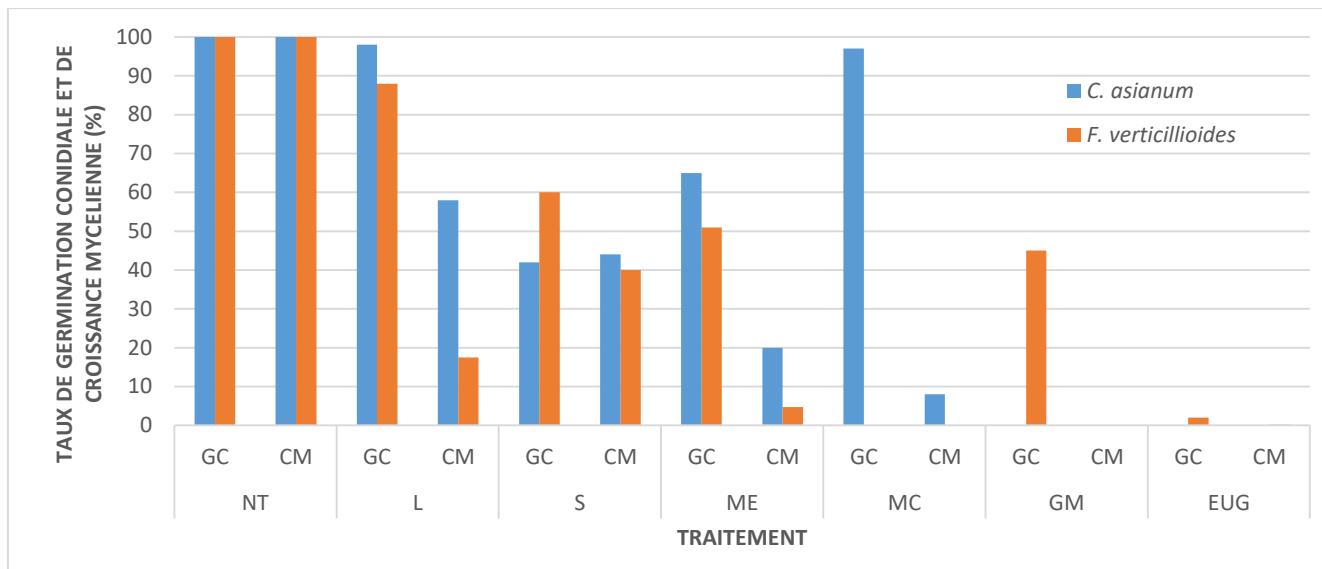
Les résultats du GC-MS (fig 1) ont montré 5HE avec 5 composants majeurs dont l'eugénol, le methyl chavicol (estragole), le methyl eugénol, le sabinene et la limonène.



- **Fig1:** composition chimique des HE testée

Effet des HE vis-à-vis des pathogènes

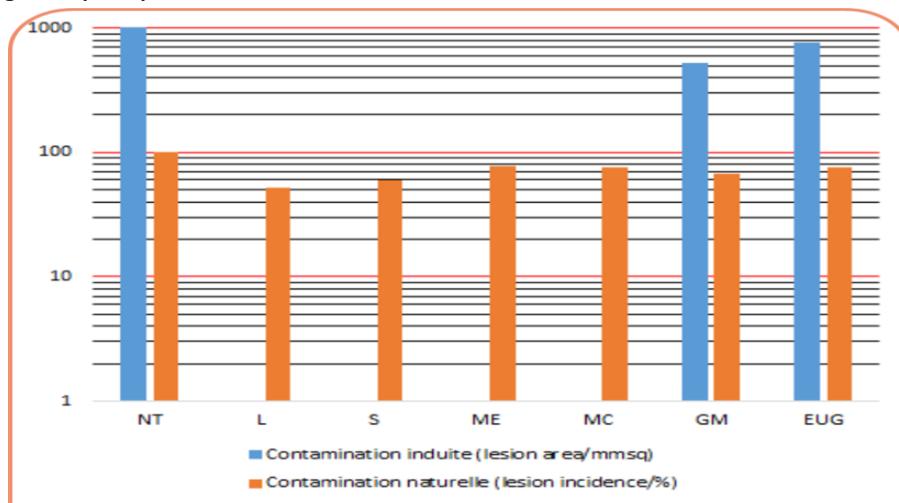
Quel que soit l'espèce de pathogène, le taux de germination conidienne et le taux de croissance mycélienne diminuent entre les témoins non traités (NT) et les divers traitements (fig 2). Ces diminutions sont maximales avec l'HE de girofle et son composant majeur (GM), l'eugénol (EUG).



- **Fig3:** Effet de 20µL d'HE de girofle et de ravensare sur le taux de germination conidienne (GC) et de croissance mycélienne (CM).

Effet des HE vis-à-vis des pathologies

Le taux de contamination naturelle (observé sur les mangues malgaches) ainsi que la surface moyenne des lésions (évaluée sur les mangues réunionnaises) diminuent entre les témoins non traités et les diverses traitements (fig 3). Cette diminution est identique avec l'HE de girofle (GM) et l'eugénol (EUG).



- **Fig3:** Effet de 500µL d'HE de girofle et de ravensare sur le taux de contamination naturelle (lesion incidence/%) et sur la surface moyenne des contaminations induites (lesion area/mm²).

Effet de l'HE de girofle sur les pulpes des mangues réunionnaises en conservation

Les paramètres indiquant les propriétés chimiques des pulpes (pH, taux de sucres solubles ou couleur) ne montrent pas de variation entre les divers traitements, que ce soit les témoins non traités (NT) ou les diverses traitements à HE (fig 4).

Traitement	pH	TTS (°Brix)	Pulp color (°h)
NT	1	6	179.15
L	1.2	2	
S	1.1	6	
ME	1.08	4	
MC	1.3	2	
GM	1.4	4	178.53

Discussions et conclusions

Les analyses *in vitro* : L'inhibition partielle ou totale de la germination conidienne et la croissance mycélienne obtenu avec les diverses HE testées montrent qu'elles ont des propriétés antifongiques, notamment contre le genre *Fusarium* et le genre *Colletotrichum*. Le fait que cette inhibition soit permanente avec l'HE de girofle montre que celle-ci est fongitoxique. Le fait que cette inhibition soit réversible avec les HE de ravensare montre que celles-ci soit plutôt fongistatique. Cette fongitotoxicité ou fongistaticité des HE a déjà été prouvée pour d'autres HE tels l'HE de cannelle et de thym (Amini et al., 2012). Comme pour l'HE de romarin, la Variation de l'intensité de cette inhibition en fonction du chemotype suggère que le type d'HE soit, la composition majeure de l'HE est déterminante pour l'intensité de la toxicité observée (Matsuzaki et al., 2013).

Les analyses *in vivo* : le ralentissement et l'inhibition du développement des lésions observés sur les mangues malgaches et réunionnaises implique les HE de girofle et de ravensare peuvent protéger les fruits des maladies post-récolte comme ce fut observé en vaporisant de l'HE de sur du riz en conservation (LaTorre et al., 2014). L'absence de changement observé au niveau du pH, du taux de sucres solubles et de la couleur des fruits confirment les résultats de Sefu et al, sur la possible utilisation de ces produits sans altération des propriétés chimiques de la pulpe (2015).

Les résultats relatives à la composition chimique des HE confirment que les HE testées sont en conformité avec celles dont la composition ont déjà publiées et que la fongitotoxicité de l'HE de girofle provient d'un principe actif qui est son composant majeur, l'eugénol (Santamarina et al., 2016).

Aussi, ce travail suggère d'étendre l'étude sur d'autres HE ou d'autres produits de la biodiversité dont la composition majeure sont analogues à ceux testés dans le cadre de cette recherche mais aussi de faire une étude plus approfondies sur la biologie des pathogènes post-récoltes des fruits malgaches ainsi que sur les pathologies post-récoltes de nos fruits et ce afin de mettre au point une lutte intégrée contre ces maladies et de rendre nos fruits plus compétitif sur le marché.

58. Le gingembre sous deux aspects : huile essentielle et microorganismes associés à activités biologiques comparables

ANDRIAMBELOSON Onja¹, RASOLOMAMPIANIANA Rado¹, RALAMBONDRAHETY Rahanira¹, ANDRIANANTENAINA Rigobert¹, RAHERIMANDIMBY Marson² et RANDRIAMIHARISOA Fidèle³

¹Laboratoire de Microbiologie de l'Environnement/ Centre National de Recherches sur l'Environnement

²Mention Biochimie Fondamentale et Appliquée, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo

³Ministère de la santé publique

Résumé

La surexploitation non réglementée des ressources végétales, pour la fabrication de phytomédicaments et d'autres produits naturels utilisés pour le maintien de la santé peuvent conduire à l'extinction d'espèces menacées et à la destruction des ressources naturelles. Ce travail de recherche a été mené dans l'objectif de préserver la biodiversité végétale, en valorisant les microorganismes associés aux plantes, au profit du développement durable. Le gingembre a été choisi comme matériel d'étude pourvu que cette plante connaisse un renouveau d'intérêt ces dernières années. Il présente de nombreuses propriétés biologiques prouvées et confirmées par son utilisation culinaire et thérapeutique depuis des millénaires, mais le rendement d'extraction en huile essentielle est relativement bas. Ce travail a permis de démontrer que les plantes établissent une relation étroite avec une grande diversité de communauté microbienne dont les Actinomycètes, microorganismes les plus prolifiques quant à la production d'antibiotiques. Ils peuvent-être associés aux plantes, en colonisant les tissus végétaux (endophytes) et la rhizosphère et présentent des activités biologiques comparables à celles de l'extrait actif de la plante. Quatre propriétés biologiques (antimicrobienne, antioxydante, anticancéreuse et antimalaria) ont été évaluées sur l'huile essentielle des rhizomes de gingembre récoltés dans deux plantations rurales de la région Itasy. Ces propriétés ont été également évaluées sur 63 souches d'Actinomycètes isolées des mêmes rhizomes ainsi que de leurs sols rhizosphériques. Les résultats ont révélé que deux isolats d'Actinomycètes (un endophage : *Streptomyces chrysomallus* et une souche tellurique: *Streptomyces sp*) ont présenté des activités biologiques fortes et similaires que celles de l'huile essentielle de gingembre. Les activités antimicrobienne, antioxydante, anticancéreuse et antimalaria de *Streptomyces sp* étaient respectivement 2 à 3 fois, 1,8 fois, 6,36 fois et 2 fois supérieures que celles de l'huile essentielle de gingembre. Le criblage chimique de l'huile essentielle et de l'extrait de *Streptomyces sp* a montré qu'ils contiennent en commun des terpènes et des composés phénoliques.

Mots-clés : Gingembre, huile essentielle, Actinomycètes, activités biologiques, endophytes, sols rhizosphériques

Introduction

Les plantes jouent un rôle vital dans tous les aspects de notre vie quotidienne, elles nous procurent de la nourriture, des fibres, des médicaments, du combustible, des abris, des vêtements et même l'air que nous respirons. De nombreuses espèces animales en dépendent aussi directement pour leur survie. Les plantes sont donc des éléments essentiels des écosystèmes et une des clés de l'équilibre et de la stabilité écologiques de la terre. Dans le monde de la thérapeutique, les plantes sont les plus accessibles que ce soit pour la phytothérapie traditionnelle, que ce soit pour l'industrie pharmaceutique. Cependant, les pratiques abusives et la surexploitation des ressources végétales pour la fabrication de phytomédicaments et d'autres produits naturels utilisés pour les soins de santé peuvent conduire à l'extinction d'espèces menacées et à la destruction des ressources naturelles. A titre d'exemple, la quantité de plantes nécessaire pour obtenir 1kg d'huile essentielle varie de quelques kilogrammes (7kg de boutons floraux de clous de girofle) à plusieurs tonnes (4t de fleurs de rosiers). Pour avoir 1g de molécule bioactive, cette quantité varie de quelques grammes (50g d'écorces de *Quinquina* pour la quinine) à quelques tonnes, selon les plantes utilisées (1t de *Catharanthus roseus* pour la vinblastine). Par conséquent, plusieurs espèces disparaissent à un rythme lent ; selon le centre de recherche botanique des Kew gardens en 2016; une espèce végétale sur cinq est menacée de disparition alors que la lettre des Museums PACA n°10 en 2004 a publié que le taux d'extinction était de 1 000 à 10 000 fois supérieur au taux naturel. Parmi les plantes médicinales en voie de disparition, l'OMS a recensé : *Panax ginseng* utilisé en cas d'affection digestive, *Catharanthus roseus* (la pervenche de Madagascar) pour le traitement de la leucémie et de la maladie de Hodgkin, *Prunus africana* utilisé pour traiter les troubles de la prostate, *Harpagophytum procumbens* pour les rhumatismes et les arthrites.

Face à cette situation, la question qui se pose est : « priver de plantes médicinales, qu'allons-nous devenir ? ». Plusieurs stratégies ont été déjà adoptées afin de lutter contre la surexploitation de certaines plantes à des fins thérapeutiques, à savoir la conservation in-situ (par protection des milieux naturels en créant des parcs ou des réserves), la conservation ex-situ (par création de banque de plantes vivantes et de graines), l'intensification de culture (cas de la pervenche de Madagascar où elle est actuellement cultivée en abondance en Espagne et aux Etats-Unis) et la domestication des plantes les plus exploitées. Du côté recherche, les travaux se sont orientés vers le développement des cultivars, la synthèse des principes actifs et plus récemment le clonage et les modifications génétiques (Organismes Génétiquement Modifiés), pour la synthèse de certaines molécules. Ce que nous présentons est une autre manière de minimiser la surexploitation des espèces végétales par la voie de la microbiologie. L'objectif de cette étude était donc de valoriser les microorganismes associés afin de préserver les plantes-hôtes.

Interaction plantes-microorganismes

Les plantes établissent une relation étroite avec une grande diversité de communauté de microorganismes. Ces derniers peuvent être associés aux plantes, en colonisant les tissus végétaux (endophytes) et la rhizosphère. Ils peuvent ainsi exercer des effets bénéfiques ou délétères sur la croissance et la santé des plantes. Parmi les microorganismes bénéfiques, nous nous intéressons aux Actinomycètes en tant que microorganismes les plus prolifiques quant à la production d'antibiotiques et de métabolites secondaires de diversité structurale très vaste et doués de potentiels d'activités biologiques très importantes pouvant être comparables à celles de l'extrait actif de la plante hôte.

Matériels et sites d'étude

Le gingembre, récolté dans deux plantations rurales (Ampamaha et Andrefanivinany) du district de Soavinandriana, Région Itasy a été pris comme matériel d'étude. C'est une plante médicinale et aromatique utilisée depuis des millénaires, il n'est pas encore menacé de disparition mais il a été choisi en raison de ses nombreuses propriétés biologiques (ce qui nous permet d'évaluer plusieurs propriétés avec les Actinomycètes isolés), son rendement d'extraction en huile essentielle relativement bas (nécessitant une quantité importante de rhizomes à récolter) et de plus, il connaît un renouveau d'intérêt ces dernières années.

Méthodes

Dans un premier temps, l'huile essentielle de gingembre a été extraite, selon la méthode d'hydrodistillation. L'huile essentielle obtenue a été ensuite soumise à 4 tests biologiques : le test d'activité antimicrobienne selon la méthode d'aromatogramme vis-à-vis de 6 germes-tests composés de 5 germes pathogènes humains (*Staphylococcus aureus* ATCC 11632, *Bacillus cereus* ATCC 13061, *Klebsiella oxytoca* ATCC 8724, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Candida albicans*) et d'un phytopathogène (*Fusarium sp.*) ; le test d'activité antioxydante par la mesure du pouvoir de

piégeage du radical libre, le test d'activité antimalaria sur la souche de *Plasmodium falciparum* Dd2 chloroquino-résistante et le test d'activité anticancéreuse sur 2 cellules cancéreuses humaines : A-2780 (ovaire), HT-20 (colon). La composition chimique de l'huile essentielle a été déterminée par Chromatographie en Phase Gazeuse.

Dans un deuxième temps, les Actinomycètes ont été isolés à partir des rhizomes et du sol rhizosphérique de gingembre selon des méthodes d'isolement spécifiques. Pour les rhizomes, la technique de dilution et la technique directe ont été utilisées. Pour le sol, 4 méthodes ont été adoptées : la sélection par l'antibiotique, le traitement thermique, le Grayson Aerosolized Sampler et la combinaison des 2 dernières méthodes. Les métabolites secondaires ont été extraits par fermentation sur milieu solide à base de glucose. Les 4 tests cités plus haut ont été appliqués aux extraits issus des isolats d'Actinomycètes obtenus. Les méthodes utilisées ont été les mêmes sauf pour le test d'activité antimicrobienne où il a été effectué selon la méthode de cylindre d'agar. Les familles chimiques des extraits d'Actinomycètes ont été déterminées selon la méthode de criblage chimique utilisée pour les plantes et les souches actives ont été identifiées par séquençage du gène ARNr 16S.

Résultats

Le rendement en huile essentielle est de l'ordre de 0,16% pour les rhizomes d'Ampamaha et de 0,20% pour les rhizomes d'Andrefanivinany.

Pour les tests d'activités biologiques, les 2 huiles essentielles ont présenté une activité antimicrobienne contre toutes les souches-tests, une activité antioxydante. Seule, l'huile essentielle des rhizomes de gingembre d'Andrefanivinany a montré une activité cytotoxique modérée sur les cellules cancéreuses de colon et une très forte activité antimalaria.

En ce qui concerne les isolats d'Actinomycètes, 63 souches d'Actinomycètes ont été isolées : 8 souches à partir des rhizomes (1 isolat pour la plantation de gingembre d'Ampamaha et 7, pour celle d'Andrefanivinany) et 55 souches, à partir du sol rhizosphérique (34 pour la plantation d'Ampamaha et 21 pour celle d'Andrefanivinany). Selon les résultats obtenus, une souche d'Actinomycètes endophytes nommée *Streptomyces chrysomallus*, après identification moléculaire et une souche tellurique : *Streptomyces sp.*, toutes les deux isolées des rhizomes et du sol rhizosphérique de la plantation de gingembre d'Andrefanivinany ont montré une activité antimicrobienne, une activité antioxydante, une très forte activité antimalaria et une forte activité anticancéreuse sur la lignée cellulaire humaine HT-20. Ces deux souches d'Actinomycètes présentent donc des activités biologiques comparables à celles de l'huile essentielle des rhizomes de gingembre d'Andrefanivinany.

Toutefois, il est important de noter qu'à titre comparatif, les activités biologiques de *Streptomyces sp.* sont plus intenses que celles de l'huile essentielle de gingembre d'Andrefanivinany. L'activité antimicrobienne de *Streptomyces sp.* exprimée par les diamètres des zones d'inhibition (*Bacillus cereus* : 38mm ; *Staphylococcus aureus* : 52,5mm ; *Candida albicans* : 33,5mm) est 2 à 3 fois supérieure à celle de l'huile essentielle de gingembre (15,5mm ; 14,5mm ; 16,5mm), l'activité antioxydante de cette souche ($IC_{50}=10,6\mu g/ml$) est 1,8 fois supérieure à celle de l'huile essentielle ($19\mu g/ml$), l'activité anticancéreuse de la souche ($IC_{50}=2,2\mu g/ml$) est 6,36 fois supérieure à celle l'huile essentielle ($14\mu g/ml$) et l'activité antimalaria ($1,25 < IC_{50} < 2,5\mu g/ml$) est 2 fois supérieure à celle de l'huile essentielle de gingembre ($2,5 < IC_{50} < 5\mu g/ml$).

Les résultats de criblage chimique de l'extrait issu de *Streptomyces sp.* ont révélé la présence de stérols insaturés, de triterpènes, de tanins, de leucoanthocyanes, de flavonoïdes et d'alcaloïdes. D'un autre côté, les résultats d'analyse par CPG de l'huile essentielle ont montré que l'huile est constituée de 60,88% de composés terpéniques et 35,40% de produits oxygénés. Ainsi, on en déduit que les composés communs pour l'huile essentielle des rhizomes d'Andrefanivinany et l'extrait de *Streptomyces sp.* isolé du sol rhizosphérique de gingembre de la plantation d'Andrefanivinany sont les terpènes et composés phénoliques. Ces deux composés ont été démontrés avoir présenté des potentiels biologiques très importants.

Conclusion

Ce travail a permis de démontrer l'activité antimalaria de l'huile essentielle de gingembre et d'isoler une souche d'Actinomycètes tellurique présentant des activités biologiques comparables à celles de la plante si ce n'étaient que les endophytes ont été toujours démontrés auparavant avoir présenté cette similarité d'activités biologiques. Cette étude n'est qu'une étude pionnière à Madagascar, mais la méthode peut être appliquée à toutes les espèces végétales à fins thérapeutiques pour leur préservation.

Ainsi, nous pouvons conclure que les études portant sur les microorganismes associés aux plantes et leurs métabolites secondaires pourraient ouvrir des larges perspectives à grands impacts

économiques et environnementaux. A titre indicatif, un gramme de sol rhizosphérique et deux pièces de rhizomes de gingembre ont été utilisés pour isoler des milliers de microorganismes dont certains sont producteurs de métabolites secondaires à activités biologiques plus intenses et similaires à celles de la plante hôte. Par ailleurs, les Actinomycètes peuvent être conservés pendant des dizaines d'années et repiqués à tout moment. Par conséquent, la production d'extraits est permanente. Nous pouvons avancer que cette méthode est profitable pour préserver la biodiversité végétale par rapport à la récolte de plusieurs kilogrammes voire des tonnes de plantes médicinales pour les processus de fabrication de médicaments ou d'autres produits de soins naturels à base de plantes.

Références bibliographiques

- Andriambeloson Onja. (2016). Sélection et caractérisation de souches d'Actinomycètes isolées à partir des rhizomes et du sol rhizosphérique de gingembre ayant des activités biologiques comparables à celles de son huile essentielle. Thèse de Doctorat, Biotechnologie. Antananarivo : Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences.
- Herivony Onja Andriambeloson, Rado Rasolomampianina, Rahainira Ralambondrahety, Rigobert Andrianantenaina, Marson Raherimandimby, Fidèle Randriamiharisoa. (2016). Biological Potentials of Ginger Associated *Streptomyces* Compared with Ginger Essential Oil. *American Journal of Life Sciences*. 4(6): 152-163.
- Andriambeloson O., Rasolomampianina R. and Raherimandimby M. (2014). Selection and characterization of bioactive actinomycetes associated with the medicinal plant Ginger (*Zingiber officinale*). *Journal of International Academic Research for Multidisciplinary*. 2 (9) : 30-45.
- La lettre des Museums de la région Provences Alpes Côtes d'Azur N°10. Automne 2004/Hiver 2005. L'avenir des plantes thérapeutiques.
- Organisation Mondiale de la Santé. Février 2004, Genève. Sécurité des patients et protection des plantes médicinales. *Centre des Médias*.
- Centre de recherche botanique des Kew Gardens. Mai 2016, Londres. L'état du monde des plantes. 84p

COMMUNICATIONS AFFICHEES

PARTIE I : ETAT ET DYNAMIQUE DE LA BIODIVERSITE

1. Propagation de *Grevillea banksii* R.Br. et impacts sur la régénération des forêts naturelles : cas de la forêt de Vohilahy Ranomafana-Est

ANDRIANANDRASANA M. Doret¹, RAVONJIMALALA Rija¹, BAOHANTA Rondro H.¹, RAZAKATIANA Tsoushima E.³; RAHERIMANDIMBY Marson³; KHASA Damase⁴; DUPONNOIS Robin², RANDRIAMBANONA Herizo¹, RAMANANKIERANA Heriniaina¹

¹ Laboratoire de Microbiologie de l'Environnement, CNRE Antananarivo, Madagascar

² Laboratoire des Symbioses Tropicales Méditerranéennes LSTM UMR CIRAD/IRD /SupAgro/UM2 USC INRA TA A-82/ J Campus International de Baillarguet 34398 Montpellier Cedex 5, France.

³ Laboratoire de Microbiologie-Biotechnologie, Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo,

⁴ Institut Biologique et Intégrative des Systèmes, Université Laval, Québec G1V0A6, Canada

Résumé

L'installation et la propagation d'espèce exotique envahissante constitue actuellement une sérieuse menace pour la biodiversité. L'objectif principal de cette étude est de décrire les mécanismes d'invasion de *G. banksii* dans son milieu d'introduction et d'évaluer sa vitesse de propagation autour du fragment de forêt naturelle de Vohilahy-Ranomafana Est.

Les facteurs favorisant la propagation de *G. banksii* ont été déterminés en mesurant le développement de la plante sur le sol dégradé et en évaluant sa capacité à dominer les plantes natives. L'évolution de la colonisation de *G. banksii* autour de la forêt de Vohilahy a été suivi en mesurant la surface occupée par l'espèce au cours du temps déterminé.

Les résultats ont montré que *G. banksii* colonise rapidement son milieu d'installation avec une vitesse exceptionnellement rapide autour du fragment forestier de Vohilahy. Des propriétés particulières de l'espèce ont été identifiées favorisant leur propagation rapide, notamment (i) sa capacité à développer des racines protéoïdes sur leur système racinaire, lui permettant de survivre dans un sol pauvre en éléments nutritifs ; (ii) les propriétés allélopathiques de ses organes qui inhibent particulièrement le développement des communautés microbiennes du sol bénéfiques pour le bon développement des plantes natives testées (*Intsia bijuga* et *Dalbergia trichocarpa*). Ces résultats permettraient de proposer différentes techniques pour lutter contre la propagation de cette plante en milieu forestier et pour améliorer la régénération des plantes natives.

Mots clés : Invasion biologique, *Grevillea banksii*, microorganismes du sol, forêt de Vohilahy

Introduction

Madagascar est connu par sa richesse en biodiversité faunistique et floristique. Actuellement, suite aux différentes pressions d'origine diverse, les espèces natives à Madagascar disparaissent petit à petit, alors que ces espèces constituent le patrimoine naturel et culturel du pays. Parmi les origines de ces pressions, figure l'installation des plantes exotiques envahissantes. Selon l'IUCN, la propagation des plantes envahissantes constitue la deuxième cause de la perte de la biodiversité après la destruction des habitats. Elles sont connues généralement par leur capacité à provoquer des changements significatifs au niveau de la structure, de la composition spécifique et du fonctionnement des écosystèmes (Raizada *et al.*, 2008). Cela se produit souvent grâce à un mécanisme très spécifique d'une espèce à une autre (c'est ce qu'on appelle communément « invasivité » d'une plante). Quelques-unes forment une interaction compétitive avec les espèces natives pour mieux se développer et former par la suite des peuplements monospécifiques (Collins et Wein, 1993 ; Hamilton *et al.*, 1999). Cette modification affecte notamment l'évolution des communautés microbiennes du sol intimement liées à la succession végétale (Ohtonen *et al.*, 1999; Bardgett *et al.*, 2005b).

L'objectif de cette étude est de déterminer les mécanismes intervenant dans l'invasivité de *G. banksii* et d'évaluer la vitesse de propagation de cette plante exotique autour du fragment forestier de Vohilahy. L'étude a été focalisée sur la potentialité de *G. banksii* (i) à développer des racines protéoïdes, caractéristiques des Proteaceae, sur le sol dégradé ; (ii) à dominer les espèces de plantes natives et (iii) à inhiber le développement des microorganismes du sol associé au développement des plantes natives.

Méthodologie

1. Propagation de *G. banksii* sur le milieu d'introduction

1.1 Suivi de la propagation de *G. banksii*

Trois parcelles recouvertes par la population de *G. banksii* se trouvant autour du fragment forestier de Vohilahy ont été choisies. Ce sont les parcelles **P1** ($S18^{\circ}57'41.2''$, $E048^{\circ}46'31.0''$ 238m), **P2** ($S18^{\circ}57'48.0''$, $E048^{\circ}45'51.3''$ 284m), et **P3** ($S18^{\circ}56'47.5''$, $E048^{\circ}46'57.5''$ 119m). L'évolution de la colonisation de *G. banksii* dans chaque parcelle a été évaluée en mesurant la surface occupée par la plante chaque année, pendant 3ans du 2014 au 2016. La mesure a été effectuée en utilisant un GPS et le résultat est exprimé en m².

1.2 Evaluation du développement de *G. banksii* sous serre

Des sols forestiers et sous pseudo-steppe ont été partagés dans des pots plastiques de 1L après tamisage, à travers 2mm de maille. Des graines pré-germées de *G. banksii* ont été par la suite repiquées à raison d'une graine par pot. Vingt-cinq répétitions ont été préparées pour chaque type de sol. Après 5 mois de culture sous serre, les biomasses de la plante par type du sol ont été mesurées et le nombre des racines protéoïdes par plantule a été évalué. Les sols ont été récupérés pour des analyses microbiologiques.

2. Impacts de l'installation de *G. banksii* sur les microorganismes du sol

2.1 Dénombrement des microorganismes du sol

Dans chaque type de sol de culture, trois groupes de microorganismes ont été dénombrés dont la flore totale cultivable du sol, la population d'Actinomycètes et la flore totale capable de solubiliser le phosphate. La population de ces trois groupes de microorganismes a été évaluée respectivement sur milieu de culture TSA (Tryptic Soy Agar), Waksman et TCP (Phosphate TriCalcique), selon la technique de suspension - dilution et d'étalement sur milieu solide d'une quantité précise de la solution de sol. Les colonies de microorganismes ont été dénombrées, après incubation à l'étuve à 30°C pendant 24, 48 et 72 h, pour la flore totale cultivable du sol, 7jours pour les actinomycètes et 48h, pour la flore solubilisatrice de phosphate.

2.2 Mesure des activités enzymatiques des microorganismes du sol

L'activité des enzymes du sol dont la phosphatase en milieu acide et en milieu alcalin qui hydrolyse le para Nitrophenyl phosphate (pNPP) et l'enzyme hydrolysant la fluorescéine diacétate (FDA), a été mesurée dans le sol de chaque traitement. Les produits d'analyse, para-Nitrophenol (pN) et fluorescéine, ont été évalués par la méthode colorimétrique au spectrophotomètre sous la longueur d'onde respectivement 400 nm et 490 nm. Les résultats sont exprimés respectivement en µg de fluorescéine/g de sol/h et en µg de pN/g de sol/h.

3. Evaluation du développement des plantes natives sur le sol sous *G. banksii*

Les effets de l'installation de *G. banksii* sur le développement des deux essences ligneuses (*D. trichocarpa* et *I. bijuga*) ont été évalués en considérant des paramètres liés au développement des plantes et aux infections des racines par des microorganismes symbiotiques du sol. Ainsi, l'évolution du développement des plantes natives pour chaque type du sol a été évaluée en mesurant leur biomasse aérienne et racinaire après 5 mois de culture sous serre. Puis, le taux de mycorhization de chaque plantule par traitement a été évalué.

4. Effets des extraits de *G. banksii* sur le rhizobium et la nodulation de *D. trichocarpa*

Des extraits des feuilles et des racines de *G. banksii* ont été préalablement préparés. L'effet des extraits a été testé sur la croissance de quelques isolats de rhizobia en utilisant la technique d'inondation. Le diamètre des zones d'inhibition a été mesuré après 24h d'incubation à 30°C.

L'impact des extraits sur la formation de nodules chez *D. trichocarpa* a été évalué in vitro dans des tubes Gibson. Il s'agit de faire un test de nodulation en utilisant l'isolat de rhizobium mais en ajoutant seulement un millilitre de l'extrait dans chaque tube. Les nodules formés ont été dénombrés après 6 semaines de culture.

Résultats et interprétation

1. Propagation de *G. banksii* autour de la forêt de Vohilahy

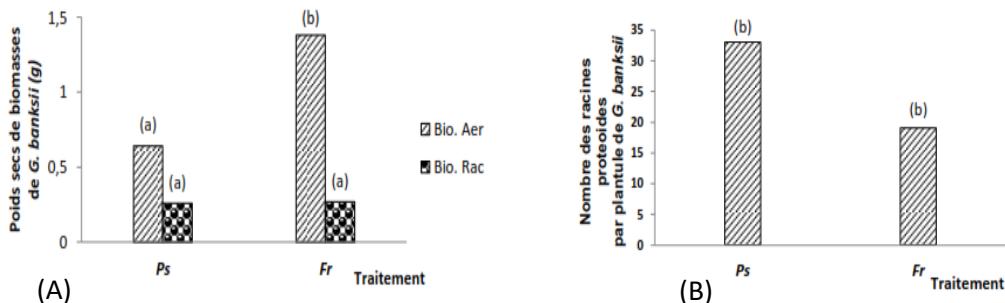
Le tableau 2 indique les surfaces colonisées par *G. banksii* lors de la mesure effectué entre les années 2014 et 2016 sur 3 parcelles d'étude. Le résultat global qui en ressort est une augmentation considérable de la surface totale recouverte par *G. banksii* soit en moyenne de 718,2 m² par an. En outre, l'évolution de l'occupation par an de *G. banksii* augmente proportionnellement à la surface envahie de départ (tableau 2).

Tableau 1. Evolution de la surface colonisée par *G. banksii*

	Surface occupée par <i>G. banksii</i> (m ²)			
	2014	2015	2016	occupation /an
Parcelle 1	20900,5	23433,9	23709,4	1404,45
Parcelle 2	7235,8	7892,6	8134,2	449,2
Parcelle 3	2914,8	3217,4	3516,6	300,9

2. Développement sous serre de *G. banksii* sur le sol dégradé

Après 4 mois de culture de *G. banksii* sous serre sur les 2 types de sol, les résultats ont montré que la partie aérienne de la plante s'est bien développée sur le sol forestier que sur le sol sous pseudo-steppe (figure 1A). Par contre, le poids sec de la biomasse racinaire a présenté des valeurs similaires pour les deux types de sol (Figure 1A). Cette situation pourrait être expliquée par le fait que les racines protéoïdes se sont bien développées chez les plantes cultivées sur le sol sous pseudo-steppe (Figure 1B). On pourra en déduire que ce type de racine se développe mieux en milieu pauvre qu'en milieu riche en éléments nutritifs.

**Figure 1.** Poids sec des biomasses (A) et nombre des racines protéoïdes (B) de *G. banksii* sur le sol sous pseudo-steppe (**Ps**) et le sol forestier (**Fr**)**3. Impacts de l'installation de *G. banksii* sur les microorganismes du sol et sur le développement des plantes natives**

Les résultats des analyses microbiologiques ont montré un faible développement de la microflore bénéfique pour les plantes natives sur les sols sous *G. banksii* et sous prairie (Tableau 2). Il en est de même pour les activités enzymatiques, ces deux types du sol présentent des activités microbiennes globales et des activités phosphatasiques plus faibles que celles enregistrées chez le sol forestier. La figure 2A, illustre bien que l'ajout d'extraits aqueux de feuilles ou de racines ou les deux à la fois dans un test de nodulation de *D. trichocarpa* a diminué significativement le nombre de nodules formés au niveau des racines par rapport au témoin. Ces extraits inhibent également la croissance de certains isolats de rhizobium associé au *D. trichocarpa* (figure 2B).

La mesure des biomasses aériennes et racinaires de *I. bijuga* et *D. trichocarpa* a montré que les deux essences natives se développent moins sur le sol sous *G. banksii* et sous prairie que sur le sol forestier (figure 4). De même, ce faible développement des plantes a été accompagné par de très faible taux de mycorhization de chaque plantule pour les deux espèces de plantes natives (figure 3).

Tableau 2. Densités et activités enzymatiques de microorganismes de sol envahi par *G. banksii*

	Activité enzymatique de microorganismes			Densité de microorganismes du sol		
	Activité globale	Phosphatase Acide	Phosphatas e Alcaline	Flore totale	Microorganisme s solubilisant le Phosphate	Actinomycè tes
Prairie	928.30a	136,42a	6,11a	5833a	1700a	233a
<i>G. banksii</i>	1288.02a	120,55a	7,46a	21567b	2000a	1500b
Forêt	1529,69b	163,013a	39,05b	225667b	4733b	1166b

Les chiffres dans la même colonne suivis d'une même lettre ne présentent pas de différence significative au seuil de probabilité 0,05, selon le test de Newman-Keuls

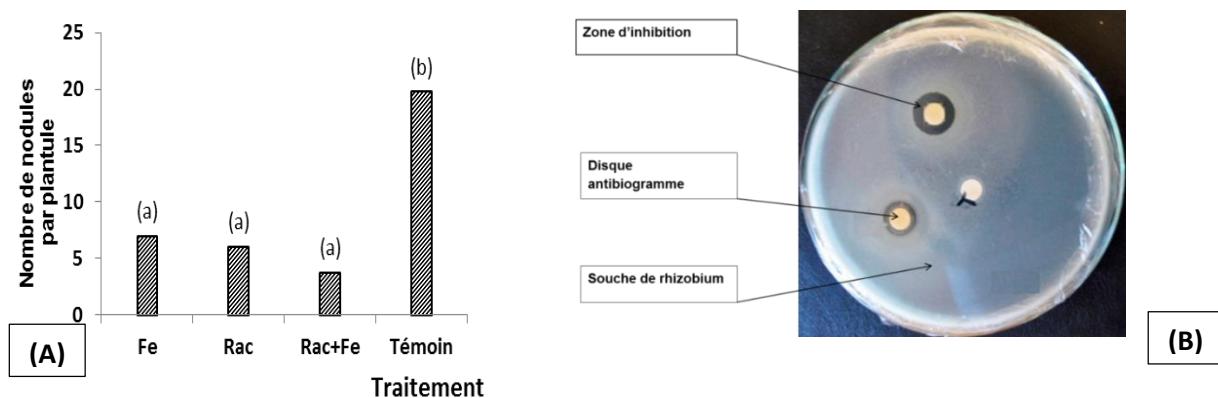


Figure 2. Impacts des extraits de feuilles (**Fe**) et de racines (**Rac**) de *G. banksii* sur la nodulation chez *D. trichocarpa* (A) et sur le développement de rhizobium (B)

Les traitements suivis d'une même lettre constituent un groupe statistiquement homogène, au seuil de probabilité 0,05, selon le test de Newman-Keuls

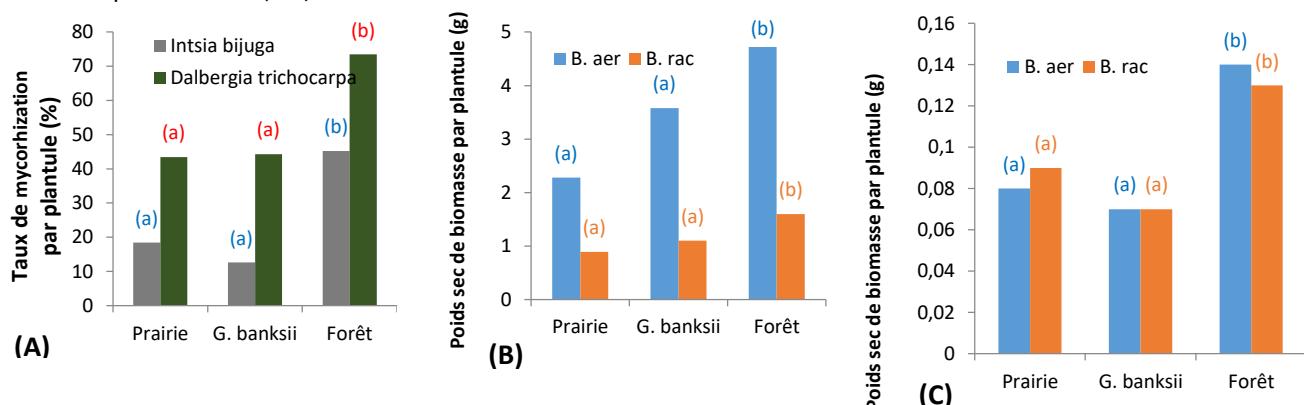


Figure 3. Taux de mycorhization (A) et poids secs des biomasses aériennes (B. aer) et racinaire (B. rac) de *I. bijuga* (B) et de *D. trichocarpa* (C) sur le sol sous *G. banksii*

Discussion et conclusion

L'invasivité d'une espèce se réfère à son potentiel invasif, c'est à dire sa capacité à se montrer envahissante, à avoir des effets négatifs sur les espèces locales. Nos résultats ont montré que les activités enzymatiques et la densité des microorganismes du sol sont affectées par l'installation de *G. banksii*. Plusieurs études ont déjà montré que les plantes exotiques envahissantes peuvent influencer l'abondance, la composition et le fonctionnement des communautés microbiennes du sol (Callaway *et al.*, 2003 ; Lorenzo *et al.*, 2010). Ces effets sont de plus en plus cités comme étant à l'origine de l'expansion des plantes invasives (Stinson *et al.*, 2006).

De plus, l'expérimentation sous serre a montré que les deux essences forestières (*I. bijuga* et *D. trichocarpa*) se développent faiblement sur le sol sous *G. banksii* par rapport au sol forestier. Plusieurs hypothèses ont été avancées pour expliquer ce phénomène d'inhibition du développement des plantes natives via l'installation des espèces invasives. L'une d'entre elles avance que l'espèce invasive, dans son milieu de propagation, peut changer les communautés microbiennes du sol (Callaway *et al.*, 2004) ; en produisant par exemple des substances allélopathiques. Plusieurs études ont suggéré que l'effet allélopathique contribue en particulier dans la capacité d'une espèce exotique à envahir les communautés végétales dans son milieu d'introduction (Vaughn et Berhow, 1999 ; Ridenour et Callaway, 2001). Nos résultats ont montré également que l'extrait aqueux de *G. banksii* inhibe la croissance de rhizobia et diminue la nodulation chez *D. trichocarpa* lors du test de nodulation in vitro. Ces résultats suggèrent que *G. banksii* influence la diversité et la structure des communautés de rhizobia au détriment des associations symbiotiques avec les plantes natives. En effet, le taux de la mycorhization sur les deux essences natives a été faible sur le sol sous *G. banksii* comparé à ceux enregistrés sur le sol forestier. Dans plusieurs cas, la forte présence des plantes invasives affecte négativement la colonisation des plantes natives par les champignons mycorhiziens dans les milieux envahis (Mummey *et al.*, 2005).

En outre, des investigations ont déjà démontré que l'installation des espèces exotiques est favorisée dans le milieu où il y a des modifications de la composition, de la structure et du fonctionnement des écosystèmes naturels ou semi-naturels (Cronk et Fuller, 1995). Nos résultats sur le suivi de l'évolution de la propagation de *G. banksii* autour de la forêt de Vohilahy Ranomafana-Est ont montré que cette espèce exotique colonise le milieu avec une vitesse exceptionnellement rapide. Des auteurs affirment que le taux de recouvrement élevé des espèces envahissantes provoque une homogénéisation des formations et une diminution de la diversité floristique (Randrianasolo, 2006). Il est démontré dans cette étude que le développement de *G. banksii* sur le milieu dégradé est marqué par la stimulation du développement des racines protéoides sur le système racinaire de la plante. Des études ont déjà expliqué que ces structures racinaires sont surtout stimulées dans les conditions de carence en éléments nutritifs (Lamont, 1971).

Bref, l'invasivité de *G. banksii* est favorisée par sa capacité à modifier les conditions du milieu d'introduction notamment la perturbation de la régénération des plantes natives. En outre, le développement de cette plante exotique sur le milieu perturbé est favorisé par la présence des racines protéoides sur leur système racinaire. Ces résultats permettraient d'identifier des stratégies pour améliorer la régénération des plantes natives.

Références

- ArBardgett R.D., Yeates G.W. and Anderson J.M. (2005b)** Patterns and determinants of soil biological diversity. In: Biological Diversity and Function in Soils (Eds. Bardgett R.D., Usher M.B. et Hopkins D.W.), Cambridge University Press. Camb. pp. 100–118.
- Batten K.M., Scow K.M., Davies K.F. and Harrison S.P. (2006)** Two invasive plants alter soil microbial community composition in serpentine grasslands. *Biol. Invasions* 8: 217230.
- Callaway R.M., Mahall B.R., Wicks C. Pankey J. and Zabinski C. (2003)** Soil fungi and the effects of an invasive forb on grasses: Neibor identity matters. *Ecology* 84(1): 129–135.
- Callaway R.M., Thelen G.C., Rodriguez A. and Holben, W.E. (2004)** Soil biota and exotic plant invasion. *Nature* 427: 731–733.
- Collins B. and Wein G.R. (1993)** Competition between native and immigrant *Polygonum* congeners. *Can. J. Bot.* 71: 939–945.
- Cronk Q.C.B. and Fuller J. L. (1995)** Plant Invaders. The Threat to Natural Ecosystems. London: Chapman et Hall.
- Hamilton J.G., Holzapfel C. and Mahall B.E. (1999)** Coexistence and interference between native perennial grass and non-native annual in California. *Oecologia* 121: 518–526.
- Lamont B. (1971)** The effect of soil nutrients on the production of proteoid roots by *Hakea* species. *Aust. J. Bot.* 20: 27–40.
- Lorenzo P. Rodriguez-Echeverria S. and Gonzalez L. (2010)** Effect of invasive *Acacia dealbata* Link on soil microorganisms as determined by PCR-DGGE. *App. Soil Ecol.* 44: 245–251.
- Mummey D.L., Rillig, M.C. and Holben W.E. (2005)** Neighboring plant influences on arbuscular mycorrhizal fungal community composition as assessed by T-RFLP analysis. *Plant Soil* 271: 83–90.
- Ohtonen R., Fritze H., Pennanen T., Jumpponen A. and Trappe J. (1999)** Ecosystem properties and microbial community changes in primary succession on a glacier forefront. *Oecologia* 119: 239–246.
- Raizada P., Raghbanshi A.S. and Singh J.S. (2008)** Impact of invasive alien plant species on soil processes: a review. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 78: 288–98.
- Randrianasolo H. E. (2006)** Etude d'une espèce envahissante dans le corridor forestier Ranomafana Andringitra Ivohibe en vue de proposition de lutte contre son invasion : cas de *Psidium cattleianum* (Sabine). Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. Département des Eaux et forêts. Antananarivo, Université d'Antananarivo: 84p.
- Ridenour W. M. and Callaway R.M. (2001)** The relative importance of allelopathy in interference: the effects of an invasive weed on a native bunchgrass. *Oecologia* 126: 444–450.
- Stinson K.A., Campbell S.A., Powell J.R., Wolfe B.E., Callaway R.M., Thelen G.C., Hallett S.G., Prati D. and Klironomos J.N. (2006)** Invasive plant suppresses the growth of native tree seedlings by disrupting belowground mutualisms. *Plos Biol.* 4: 727–731.
- Vaughn S.F. and Berhow M.A. (1999)** Allelochemicals isolated from tissues of the invasive weed garlic mustard (*Alliaria petiolata*). *J. Chem. Ecol.* 25: 2495–2504.

2. La dynamique de la population des quatre (04) espèces (*Garcinia verrucosa*, *Protorhus grandidieri*, *Rhopalocarpus similis* et *Strychnos madagascariensis*) les plus consommées de *Propithecus coronatus* de la Nouvelle Aire Protégée d'Antrema

VAVINDRAZA¹, RANARIJAONA Hery Lisy Tiana¹, ROGER Edmond², RABARISON Harison²

¹ Ecole Doctorale Ecosystèmes Naturels, Université de Mahajanga, ² Mention Biologie et Ecologie Végétales, Université d'Antananarivo,

Résumé :

La biodiversité et, par conséquent la santé des écosystèmes dépendent des interactions faune - flore. Cependant, plusieurs activités et phénomènes menacent les relations plante-animale par interférence directe de la biocénose. La meilleure mesure de conservation est l'approche par habitat, écosystème et la reconnaissance des espèces (Lazure, 2007). La présente étude concernant la dynamique de la population des quatre espèces les plus consommées de *Propithecus coronatus* de la Nouvelle Aire Protégée d'Antrema (NAP) Antrema, permettra de caractériser les paramètres qui déterminent les variabilités observées au niveau de ces espèces sur la stratégie de régénération, en vue d'une restauration écologique. Tous les individus des quatre espèces étudiés présents dans les sites d'étude ont été inventoriés, mesurés, marqués et numérotés. Pour le suivi phénologique, la méthode d'étude est basée essentiellement sur l'observation visuelle de l'état phénologique (la feuillaison, la floraison et la fructification). Les stratégies de régénération comprennent : l'évaluation du potentiel de régénération (densité et ratio juvéniles/ adultes semenciers) et l'étude de la régénération ex-situ, particulièrement la germination des 4 espèces cibles. Les pourcentages de germination obtenus pour les différents traitements ont été soumis, après transformation angulaire, à une analyse de variance suivie d'une comparaison des moyennes par test de Newman-Keuls (Dagnelie, 1977). Les résultats de notre recherche ont montré que la floraison survient pendant les périodes pluvieuses pour les quatre espèces étudiées. Pour *P. grandidieri* et *S. madagascariensis*, elle commence vers la fin de la saison des pluies. La régénération est bonne pour *Protorhus grandidieri* et *Rhopalocarpus similis* avec plus de 2 individus de régénération pour un adulte. Le début de levée de *Garcinia verrucosa*, est court, entre 5 à 10 jours après le semis ; alors que *Protorhus grandidieri*, *Rhopalocarpus similis* et *Strychnos madagascariensis* ont besoin une période assez longue, entre 14 à 60 jours après le semis pour germer. Dans notre expérience, les graines fécales induisent le taux de germination le plus élevé pour toutes les espèces testées par rapport aux témoins. Le traitement physiologique des graines passées dans le tube digestif de *Propithecus coronatus* est capable de lever l'inhibition tégumentaire ou la dormance embryonnaire et d'induire un taux de germination élevé.

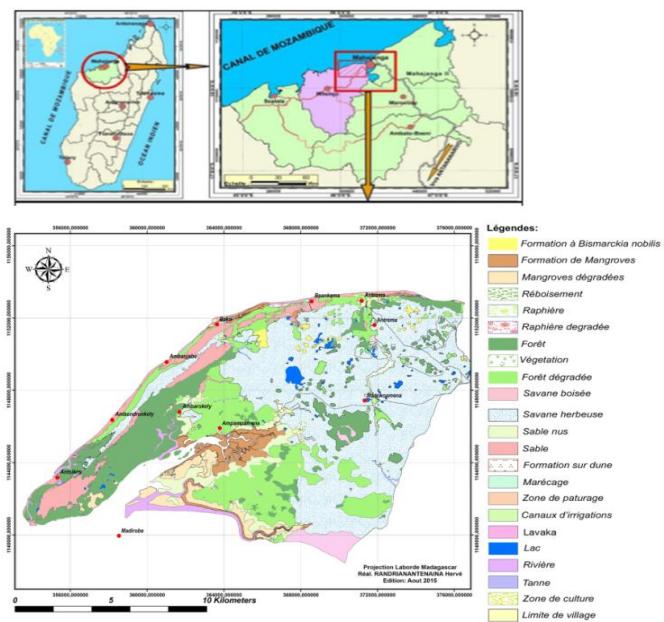
Mots clés : espèces consommées, régénération, germination, *Propithecus coronatus*, NAP Antrema,

Introduction

Madagascar figure au palmarès des cinq pays qui possèdent le plus grand nombre d'espèces animales, au même titre que le Brésil, l'Australie, la Colombie et l'Indonésie (Mittermeier, 1988). Le taux d'endémisme est supérieur à 90% pour la plupart des groupes taxonomiques (Ganzhorn et al., 2001). La flore malgache est considérée comme l'une des plus riches et des plus diversifiées du monde (Koechlin et al., 1974) et le taux d'endémicité au niveau des espèces est très élevé. De plus, du point de vue faune, Madagascar figure parmi les pays qui ont un taux d'endémicité élevé. Il occupe le troisième rang en diversité des Primates avec 97 espèces et 99 taxa (Mittermeier et al., 2010). La richesse de la biodiversité floristique est menacée à cause de l'exploitation sélective concentrée sur une étroite gamme d'espèces. Des mesures de gestion rationnelle et durable doivent être formulées pour assurer la pérennisation de ces ressources. La présente étude a été menée sur 4 espèces végétales (*Strychnos madagascariensis*, *Rhopalocarpus similis*, *Garcinia verrucosa*, *Protorhus grandidieri*) les plus utilisées par *Propithecus coronatus* comme alimentation. L'objectif principal est de connaître les impacts du passage des graines dans le tube digestif de *Propithecus coronatus* en vue d'enrichir ces espèces.

Milieu d'étude

D'une superficie de 20 620ha dont 1000ha de parc marin, la NAP d'Antrema (Site bioculturel d'Antrema) se trouve à 12 km de Katsepy, 15°42 à 15°50 de latitude sud et 46° à 46°15 de longitude est, et est délimitée au nord par le canal de Mozambique, au sud par la route de Mitsinjo et à l'est par la route qui mène au phare de Katsepy.



Carte de localisation de la NAP Antrema (Source : Image Orthophotos 2007 ; Projection Laborde Madagascar ; Réalisation : RANDRIANANTENA H., 2016)

Matériels et méthodes

Le choix des espèces de plantes à étudier est basé sur les espèces les plus consommées et les plus dispersées par *Propithecus coronatus*. En effet, *Garcinia verrucosa*, *Protorhus grandidieri*, *Rhopalocarpus similis* et *Strychnos madagascariensis* sont sélectionnées comme matériaux biologiques. Des recherches bibliographiques, des inventaires floristiques, des suivis phénologiques et une étude de stratégies de régénération (régénération *in-situ* et régénération *ex-situ*) ont été réalisés. Pour l'inventaire floristique : tous les individus des quatre espèces étudiées présents dans les sites d'étude ont été inventoriés, mesurés, marqués et numérotés. Les individus de diamètre à hauteur de poitrine, supérieur ou égal à 5 cm, considérés comme adultes, ont été recensés. Les individus de diamètre inférieur à 5 cm ou régénérés ont été comptés. La méthode d'étude phénologique est basée essentiellement sur l'observation visuelle de l'état phénologique des individus à chaque descente sur le terrain. L'étude des stratégies de régénération comprend : la caractérisation de la régénération en milieu naturel ou *in-situ*, l'étude de la régénération *ex-situ*, particulièrement la germination des quatre espèces. Les étapes suivies lors des essais de germination sont : collecte et triages des graines, préparation du substrat de germination, prétraitement des graines et semis direct des graines. Les paramètres mesurés sont le délai de germination et la durée de germination ainsi que le taux de germination.

Résultats

Le tableau I montre la succession des phases végétatives, floraison et fructification chez les quatre espèces cibles.

Tableau I. Calendrier phénologique des quatre espèces étudiées

Espèces	Mois											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Garcinia Verrucosa</i>	■	■	■	■	■							■
<i>Protorhus grandidieri</i>	■	■	■	■	■							■
<i>Rhopalocarpus Similis</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Strychnos madagascariensis</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

■ Végétative ■ Floraison ■ Fructification

Les résultats de germination ex-situ sont résumés dans le tableau II ci-après.

Tableau II : résultats de germination des 4 espèces consommées

Espèces	Délai de germination (jours)	Taux de germination (%)
<i>Garcinia verrucosa</i>	3	95
<i>Protorhus grandidieri</i>	14	80
<i>Rhopalocarpus similis</i>	28	97
<i>Strychnos madagascariensis</i>	54	77

En général, le passage des graines dans le tube digestif des animaux cibles a induit un taux de germination élevé de toutes les espèces testées (5 espèces), avec une différence moyennement significative ($p<0,008$) à hautement significative ($p<0,0001$) par rapport au témoin, selon les espèces (Tableau III).

Tableau III. Comparaison entre les taux de germination des graines fécales de *Propithecus coronatus* et les témoins

Espèces	Graines fécales	Témoins	Probabilité (p)
<i>Garcinia verrucosa</i>	95,55 ($\pm 3,8$) ^a	48,88 ($\pm 3,8$) ^b	0,0001
<i>Protorhus grandidieri</i>	80,00 ($\pm 3,8$) ^a	25,77 ($\pm 6,6$) ^b	0,008
<i>Rhopalocarpus similis</i>	97,77 ($\pm 3,1$) ^a	31,11 ($\pm 3,8$) ^b	0,001
<i>Strychnos madagascariensis</i>	77,77 ($\pm 10,1$) ^a	50,00 ($\pm 6,6$) ^b	0,007

La distribution des effectifs par classe de diamètre des quatre espèces dans les deux sites est présentée sur la Planche ci-dessous. Les histogrammes de la distribution des effectifs par classe de diamètre sont différents d'une espèce à une autre et d'un site à un autre.

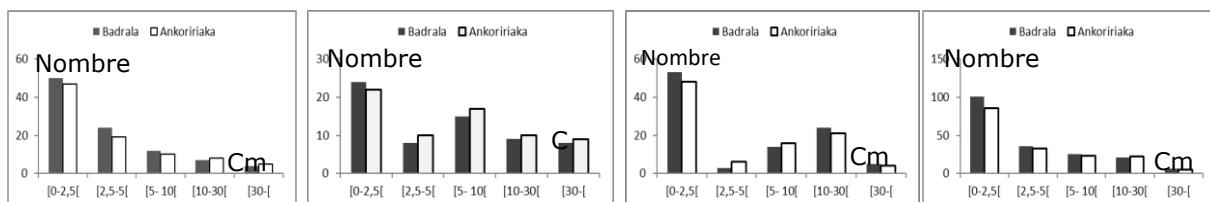


Planche : Distribution par classe de diamètre de quatre espèces étudiées

Discussions

La germination commence par le gonflement des graines, suivie de la sortie de la radicule. La croissance de l'axe hypocotylé se poursuit et engendre deux premières feuilles entre lesquelles se trouve le bourgeon apical. Le test de germination effectué a montré que *Garcinia verrucosa* présente une germination précoce, car la levée de dormance a débuté entre 5 à 10 jours après le semis. Ce sont des espèces dites récalcitrantes. Inversement, *Protorhus grandidieri*, *Rhopalocarpus similis* et *Strychnos madagascariensis* nécessitent une période assez longue (entre 14 à 60 jours après leur semis) pour germer ; elles sont des espèces orthodoxes. L'analyse des résultats de germination a montré que le début de la levée et la durée de germination dépend des caractéristiques des graines de chaque espèce de plante. Ces caractéristiques sont contrôlées par des facteurs intrinsèques (maturation morphologique et physiologique) qui affectent chaque espèce.

Conclusion

La floraison survient pendant les périodes pluvieuses pour les quatre espèces étudiées. Pour *P. grandidieri* et *S. madagascariensis*, elle commence vers la fin de la saison des pluies.

A l'échelle des deux sites, les ratios juvéniles- adultes sont élevés. La régénération est bonne pour *Protorhus grandidieri* et *Rhopalocarpus similis* avec plus de 2 individus de régénération pour un adulte. Les ratios plus élevés dans la forêt de Badrala confirment la consommation de fruit élevée par *Propithecus coronatus*.

Le début de levée de *Garcinia verrucosa*, est court, entre 5 à 10 jours après le semis ; alors que *Protorhus grandidieri*, *Rhopalocarpus similis* et *Strychnos madagascariensis* ont besoin d'une période assez longue, entre 14 à 60 jours après le semis pour germer.

Dans notre expérience, les graines fécales induisent le taux de germination le plus élevé pour toutes les espèces testées par rapport aux témoins. Le traitement physiologique des graines passées dans le tube digestif de *Propithecus coronatus* est capable de lever l'inhibition tégumentaire ou la dormance embryonnaire et d'induire un taux de germination élevé.

Références bibliographiques

- Dagnelie, P. 1977. Analyse statistique à plusieurs variables. Presses Agronomiques de Gembloux, 362p
- Ganzhorn, J. U., Lowry, P. P. II, Schatz, G. E. & S. Sommer, 2001. The biodiversity of Madagascar: one of the world's hottest hotspots on its way out. *Oryx*, Volume 35 (4): 346-348.
- Koechlin J., Guillaumet J.L Et Morat P., 1974. Flore et végétation de Madagascar. Cramer, J. Vaduz. 687p
- Lazure, L., 2007. Exploration des interactions plantes-animaux et implications en conservation. Essai présenté au Département de biologie en vue de l'obtention du grade de maître en écologie internationale. Université de Sherbrooke, Québec, Canada. 55p.
- Mittermeier, R. A., Louis, E. E. Jr. Richardson, M., Schwitzer, C., Langrand, O., Rylands, A. B., Hawkins, F., Rajaobelina, S., Ratsimbazafy, J., Rasoloarison, R., Roos, C., Kappeler, P. M. & J. Mackinnon, 2010. Lemurs of Madagascar- third Edition. Tropical Field Guide Series, Conservation International, Washington, D.C., 767p.
- Mittermeier, R. A., 1988. Primate diversity and the tropical forest: case studies from Brazil and Madagascar and the importance of the Megadiversity countries. Papers from the 1st National Forum on Biodiversity, September 1986, Washington, DC, pp 145-154.

3. Identification des sites potentiels pour la reproduction et de nidification des oiseaux d'eau de l'Aire Protégée Complexe Mahavavy Kinkony

Jorlin Tsaralaza TSIAVAHANAHARY¹, Vololomboahangy RANDRIANJAFY¹, Rado Hanitriniaina ANDRIAMASIMANANA², Solofoson RANDRIANJATOVO² et Clarice NIRINA²

¹École doctorale « Écosystèmes Naturels » (E.D.E.N.), Université de Mahajanga

²Asity Madagascar

Résumé

L'Aire Protégée Complexe Mahavavy-Kinkony (AP CMK) est l'une des 84 ZICO⁵⁵ à Madagascar. Elle abrite plusieurs espèces endémiques, avec 6 endémiques à l'Ouest de Madagascar. Cependant, la zone côtière de ladite AP CMK est incluse dans un bloc pétrolier (n° 2002) et les bassins versants du lac Kinkony font partie des sites où des permis miniers ont été octroyés. L'objectif de cette étude est de constituer une base de données scientifiques pour la future négociation avec les secteurs miniers et pétroliers, visant la viabilité des oiseaux d'eau, pour une meilleure cohabitation entre conservation et développement. L'approche est de collecter le maximum d'informations sur la reproduction des oiseaux d'eau dans l'AP CMK, cartographier les sites de reproduction en superposition avec des images de futures zones d'exploitation. Au total, quarante et une (41) espèces d'oiseaux d'eau nicheuses ont été recensées dans l'AP CMK. Or, 23 espèces (60%) nidifient dans le lac Kinkony, 22 espèces (51%) pour les petits lacs périphériques et 10 espèces (25%) utilisent les zones côtières. Huit (08) espèces sur les 09 endémiques et menacées s'y reproduisent également. L'exploitation illicite des mangroves et l'exploitation minière observée en amont du lac Kinkony ont perturbé fortement ces zones de reproduction. Des observations et des suivis réguliers intenses sont jugés primordiaux dans toutes les zones de reproduction pour assurer la survie de la communauté des nicheurs et surtout les espèces endémiques menacées.

Mots- clés : Oiseaux d'eau, reproduction, zones humides, Aire Protégée, conservation, développement.

Introduction

Il est largement reconnu que l'Aire Protégée Complexe Mahavavy-Kinkony (AP CMK) est une Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux d'eau (ZICO) à Madagascar. Elle abrite la totalité des oiseaux d'eau endémiques de l'Ouest de Madagascar (TSIAVAHANAHARY et al, 2015). Cependant, des pressions d'origine anthropiques et les catastrophes naturelles impactent cette zone.

Objectifs

- Identifier les espèces nicheuses et la période de reproduction par espèce,
- Cartographier les sites potentiels de nidification et de reproduction,

⁵⁵ Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux

- Evaluer les pressions qui pourront menacer leur survie surtout leurs zones de reproduction.

Zone d'étude

Localisé dans le District de Mitsinjo, Région Boeny, dans la partie Ouest de Madagascar, le CMK se trouve entre $45^{\circ} 28'$ et $45^{\circ} 56'$ de longitude Est et entre $15^{\circ} 46'$ et $16^{\circ} 12'$ de latitude Sud. Avec une altitude qui varie entre 7 m et 140 m et une superficie totale de 302 400 ha (Asity, 2013). L'Aire Protégée est caractérisée par sa grande envergure, sa mixture d'écosystème qui abrite une richesse spécifique très élevée. C'est un site d'accueil des oiseaux migrateurs et une zone de reproduction des espèces nicheuses.

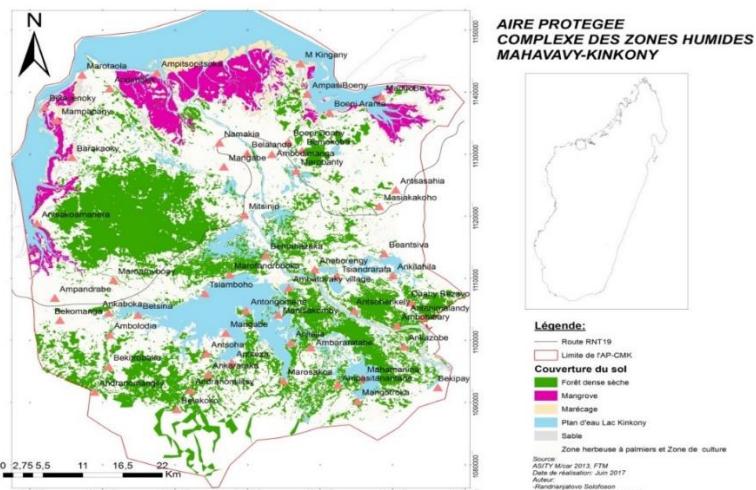


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

Cinquante-huit (58) sites de suivi des oiseaux d'eau sont regroupées en 05 régions dont : (i) **la Baie de Boeny**, (ii) **le Delta de Mahavavy** et ses mangroves, (iii) **la Baie de Marambitsy**, (iv) **le Lac Kinkony** et ses environs, (v) et enfin **les divers Lacs périphériques** reparties dans ces 04 régions précédentes.

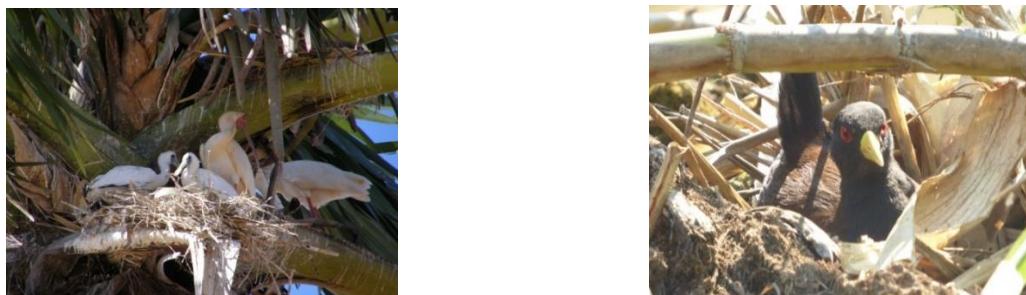


Figure 2 : Nids de *Platalea alba* et *Amaurornis olivieri* (cliché de TSIAVAHANANAHARY T.J. 2015)

Méthodologie

Il s'agit de :

- Recenser et identifier les diverses espèces nicheuses de ce complexe zones humides.
- Utiliser toutes les techniques telles que l'observation directe, l'écoute, le suivi et comptage des nids, ainsi que la capture, adoptées par les ornithologues entre autres Bibby et al. (2000), et Triplet (2009, 2012), afin d'obtenir le maximum de données.
- Délimiter les zones de reproduction à partir de l'identification des sites, en notant les types de menaces,
- Cartographier les données collectées en utilisant de logiciel Arc Gis 10.1

Résultats et commentaires

Quatre-vingt-huit (88) espèces comprenant au moins 53.457 individus regroupés dans 48 genres et 19 familles recensés entre octobre 2012 et mai 2017.

- Quarante et une (41) espèces nicheuses regroupées en 31 genres et 14 familles
- Huit (08) espèces sur les 09 endémiques et menacées de l'île s'y nidifient également.

La répartition des zones de reproduction des oiseaux d'eau dans l'Aire Protégée se résume dans les cartes suivantes :

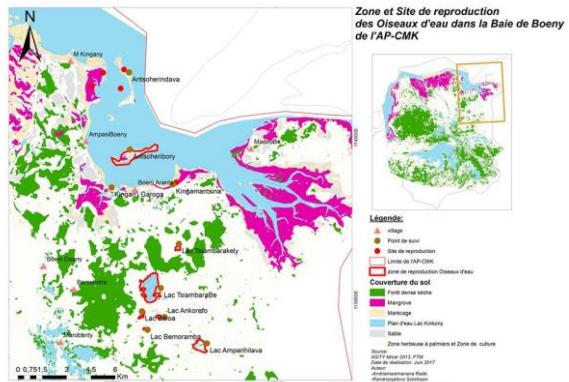


Figure 3: Répartition des zones de reproduction dans la Baie de Boeny

Les espèces nicheuses caractéristiques de la baie de Boeny sont : *Charadrius thoracicus* (VU), et les limicoles. Les lacs périphériques sont les zones de reproduction de *Tachybaptus pelzelnii* (VU), et *Ardeola idea* (EN), *Thalassornis leuconotus*, les colonies des Anatidae et Rallidae.

Le delta Mahavavy est caractérisé par les espèces nicheuses entre autres *Haliaeetus vociferoides* (CR), *Anas bernieri* (EN), *Charadrius thoracicus* (VU), *Ardea humbloti* (EN) et les colonies des espèces de la famille Ardeidae et Phalacrocoracidae.

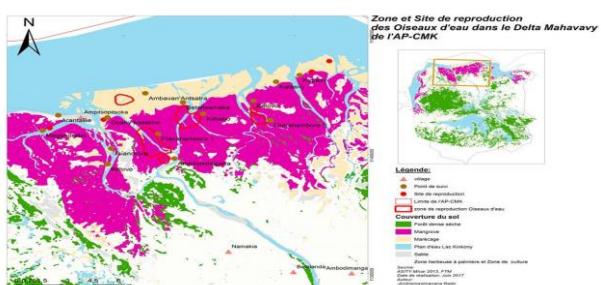


Figure 4: Répartition des zones de reproduction dans le Delta

Cette région est caractérisée par la nidification des colonies des espèces de la famille Anatidae et de Rallidae, les colonies de *Threskiornis bernieri* (EN). Ainsi, les espèces de *Tachybaptus pelzelnii* (VU) sont très remarquables au sein des lacs périphériques.

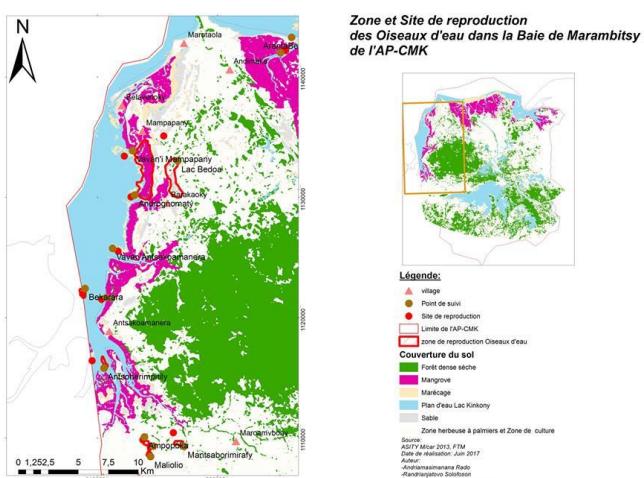


Figure 5. Répartition des zones de reproduction dans la Baie de Marambitsy

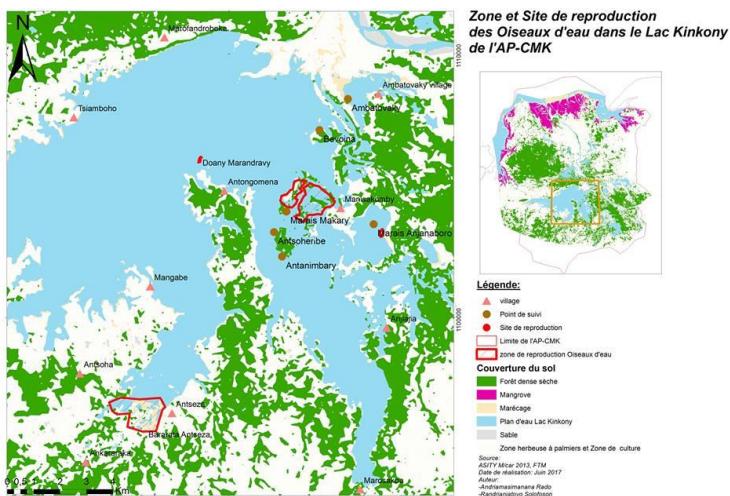


Figure 6: Répartition des zones de reproduction dans le lac Kinkony

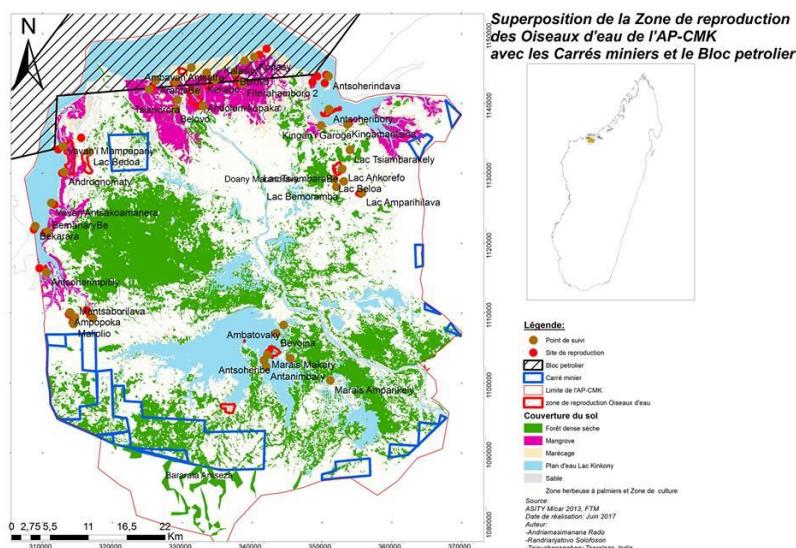


Figure 7 : Position des permis miniers et le bloc pétrolier dans l'AP CMK

D'après cette figure, les zones côtières telles que la Baie de Marambitsy, Delta Mahavavy et une partie de la Baie de Boeny sont incluses dans le Bloc pétrolier. Ainsi les zones des carrés miniers se trouvent à la limite de l'Aire protégée, les bassins versants du grand lac Kinkony et les lacs périphériques environnants. Presque tous les habitats naturels des oiseaux d'eau ainsi que leurs zones de reproduction sont en danger.

Discussions

La présence de nombreuses espèces nicheuses et/ou endémiques menacées est due à la présence de la vaste zone intertidale et de nombreux plans d'eau plus bénéfique pour le nourrissage et la reproduction de ces nombreuses espèces. D'où la haute importance du CMK dans le maintien de la survie des populations d'oiseaux d'eau.

Cependant, on a observée l'exploitation illicite des mangroves et l'exploitation minière en amont du lac Kinkony. De plus, les zones côtières sont incluses dans le bloc pétrolier d'où il constitue une menace directe pour les mangroves. Les bassins versants du lac Kinkony et les lacs périphériques (habitats et zones de reproduction des oiseaux d'eau) sont compris dans les carrés miniers, d'où la survie des oiseaux d'eau est fortement exposée à la menace.

Le lac Kinkony est la seule zone de reproduction de l'espèce clé du CMK : *Amaurornis olivieri* (EN), ensuite la reproduction de *Actophilornis albucha*, *Charadrius pecuarius*, les espèces regroupées dans les familles des Ardeidae, Rallidae et Anatidae sont bien observée dans ces régions.

Il est primordial d'effectuer des suivis réguliers et intenses dans toutes les zones de reproduction pour assurer la survie de la communauté des nicheurs et surtout les espèces menacées.

Bibliographie

- Asity Madagascar 2013: Plan d'aménagement et gestion de l'AP CMK
- IBibby C. J., ND.Burgess, D. Hill A. & S. Mustoe (2000). *Bird Census Techniques*. Academic Press Inc, London.
- Langrand O. (1995). *Guide des Oiseaux de Madagascar*. Delachaux et Niestlé. Paris.
- Project ZICOMA (2001). Madagascar. In Fishpool L.D.C. et M.I. Evans. *Important Bird Areas in Africa and associated islands. Priority sites for conservation*, BirdLife Conservation, Series No. 11, Birdlife International, United Kingdom, pp. 489-537.
- Rabenandrasana M. (2004). Évaluation écologique et identification des sites potentiels pour la conservation de la biodiversité des zones humides du complexe Mahavavy/Kinkony (Province de Majunga).
- Triplet P. (2009). Dénombrer les oiseaux coloniaux. In Triplet P. (ed). *Manuel de gestion des aires protégées d'Afrique francophone*. Awely, Paris. pp : 721- 726
- Triplet P. (ed) (2012) *Manuel d'étude et de gestion des oiseaux et de leurs habitats en zones côtières*. Syndicat Mixte Baie de Somme, Forum des Marais atlantiques. 775 p.
- Tsiavahananahary T, Jorlin, Randrianjafy V, Rado Andriamasimana, 2015: importance de l'AP CMK Pour la conservation d'Amaurornis olivieri, JJC.2015 (Antananarivo)
- Tsiavahananahary T, Jorlin, Randrianjafy V, 2014, Suivi écologique des oiseaux d'eau du CMK (Saison sèche et humide) Rapport technique Asity Madagascar,
- Wetlands International (2006). *Waterbird Population Estimates – Fourth Edition*. The Netherlands.

4. Ethnoécologie et Régénération des Palmiers de l'ouest de Madagascar : Cas d'analalava, Antrema et Antsanitia

Sylvana TOMBOANONA¹, Hery Lisy Tiana Ranarijaona¹

Ecole Doctorale Ecosystèmes Naturels (EDEN), Université de Mahajanga

Résumé

Le présent travail réalisé dans la partie Ouest de Madagascar, plus précisément à Antsingilava, Antrema et Antsanitia, est axé sur l'ethnoécologie et la régénération des palmiers. Les objectifs sont de connaître la situation actuelle des palmiers, dans leur habitat naturel, face aux pressions anthropiques ainsi que leurs régénéérations naturelles il s'agit aussi de faire le suivi du dynamisme de croissance, par la conservation *ex-situ*, d'une espèce endémique, *Tahina spectabilis*, menacée d'extinction selon UICN, dans le parc Reniala Mahajanga. Un inventaire, suivi d'une étude écologique des palmiers dans les 3 sites d'études, a été effectué, afin d'obtenir les listes floristiques et connaitre le dynamisme de croissance des espèces. Des enquêtes ethnoécologiques auprès de la population locale et la méthode écologique classique suivies de traitements statistiques des données (AFC et ACM avec le logiciel R) ont été étudiés. Au total 4 espèces d'Arecales y ont été recensées : *Tahina spectabilis* J.Dransfield. & Rakotoarinivo, *Bismarckia nobilis* Silver, *Dypsis madagascariensis* Beentje, J.Dransf et *Hyphaene coriacea* Gaertn. Au total, 99 espèces ont été recensées dans les 3 sites, réparties en 52 espèces végétales à Antsahanifera, 37 espèces à Antrema et 27 espèces à Antsanitia sont associées aux espèces cibles. En outre, parmi elles, 19 espèces ont des valeurs médicinales. Suivant les paramètres écologiques du milieu, ces espèces de palmiers se répartissent différemment d'un site à l'autre. Les 3 sites ont une capacité de régénération différente, respectivement de 500% à 1800% pour *Tahina spectabilis* (régénération élevée, grâce un chevauchement de plantules, près d'un pied); de 1055% à 5089% pour *Bismarckia nobilis*. Par contre *Hyphaene coriacea* dans les deux derniers sites présente un taux de régénération moyenne entre 135% à 500%. Par ailleurs, l'utilisation des palmiers est une source de revenu pour la population locale et mérite une gestion et comptabilité durable. Des recommandations ont été avancées sur la gestion durable des palmiers dans leur habitat naturel et aussi sur la conservation *ex-situ*.

Mots-clés : Palmiers, ethnoécologie, régénération, *in-situ*, *ex-situ*, *Tahina spectabilis*.

Introduction

Les palmiers ou la famille des ARECACEAE comprend près de 2400 espèces (Fernandez-Palacios & Morici 2004, Thomas et al. 2005), plus de 2500 espèces (Watson et Dallwitz, 1987), à 2375 espèces selon Govaerts & Dransfield (2005), dans le monde. Plus de la moitié des genres de palmiers ne contiennent que cinq espèces ou moins. Il n'est donc pas surprenant de trouver un très fort endémisme dans cette famille (Tomlinson 1979, Uhl & Dransfield 1987, Dubois et al. 1999 et Albano, 2002).

Par ailleurs, Madagascar est parmi les îles les plus riches en palmiers dans le monde (Rakotoarinivo, 2013). Elle compte 184 espèces de palmiers, (Dransfield & Beentje 1995, Govaerts & Dransfield 2005, Rakotoarinivo, 2008) à 192 espèces (IUCN, 2012). Selon le même auteur en 2013, 195 espèces de palmiers existent à Madagascar dont 192 endémiques. La paléoprécipitation est le déterminant majeur de la richesse spécifique en palmiers à Madagascar (Rakotoarinivo et al., 2013). En ce qui concerne les valeurs des palmiers, les communautés locales pauvres et les propriétaires des hôtels sont les premiers utilisateurs de palmiers, ils s'en servent surtout pour la construction (feuilles de *Bismarckia nobilis*) et comme plantes ornementales. Cependant, leur écosystème est souvent converti en terrain agricole.

Par ailleurs, l'importante richesse floristique que possède Madagascar ainsi que les fortes pressions qui lui pèsent, la justifient comme étant une zone prioritaire pour toute action sur la conservation de la biodiversité. Nous pouvons constater que, de 2008 à 2012, une dégradation importante de la famille des Arecaceae est palpable : de 65 espèces en 2008 (selon Rakotoarinivo) à 83 espèces en danger critique d'extinction en 2012 (selon l'IUCN). Récemment, selon Rakotoarinivo et al., (2014), 83 % des 192 espèces endémiques sont menacées. Conséquence du fort taux d'endémisme des palmiers, certaines espèces sont menacées ; les espèces endémiques étant présentes seulement sur de petites régions, en général des îles, une simple modification du biotope peut entraîner un dérèglement important de l'écosystème et causer la disparition des espèces (Sannier, 2010). En outre, l'intensification des pressions anthropiques depuis quelques décennies a, toutefois, rendu les Palmiers de Madagascar, vulnérables. Plusieurs espèces ne sont plus représentées que par des populations très restreintes et certaines pourraient disparaître au niveau local (Rakotoarinivo, 2008). En outre, *Tahina spectabilis* est classée menacée d'extinction selon l'IUCN, car elle ne représente qu'avec seulement 30 palmiers adultes dans la nature (IUCN, 2012). La cause en est les feux de brousse, la conversion de son écosystème en terrain agricole, entraînant une fragmentation de l'écosystème naturel. En outre, *Tahina spectabilis* ne fleurit qu'au bout de 50 ans à 100 ans, c'est est une plante monocarpique qui meurt après la floraison (d'où le nom commun *suicid palm*). *Bismarckia nobilis* et *Hyphaene coriacea* sont localisées à Antrema et Antsanitia. Leurs distributions sont restreintes dans ces sites. Ces 2 espèces sont largement utilisées par la population.

Matériels et méthodes d'étude

Site d'étude

L'étude a été faite dans la partie Nord-Ouest de Madagascar, proprement dite, dans les savanes d'Antsingilava Analalava (de la région Sofia), d'Antrema et d'Antsanitia (de la région Boeny). *Tahina spectabilis* a été repérée dans une savane fragmentée, munie de petits canyons ou tsingy, appelée Antsingilava, située dans le fokontany Antsahanifera. Elle se situe entre 14°45.03' à 14°45' de latitude Sud et 47°25.89' à 47°25.93' de longitude Est, s'étend sur une superficie de 3991ha et est géré par les Communautés locales de Base Vitazara. Elle appartient à la commune rurale Antonibe, le district d'Analalava, la région Sofia, dans l'ex-province de Mahajanga. Elle est délimitée à l'ouest par la baie de Narinda, au nord par la baie de Moramba et à l'Est par le canal de Mozambique.

Localisée à une latitude S 15°42' à 15°50' et de longitude E 46° à 46°15' (Gautier et al, 1999), la Station Forestière d'Antrema (SFA) appartient au fokontany Antrema, commune rurale de Katsepy, sous-préfecture de Mitsinjo, dans la région Boeny qui se trouve dans la province de Mahajanga. Antrema est limité au Nord et à l'Ouest par le canal de Mozambique, au sud par la route secondaire menant vers Mitsinjo et à l'Est par la route secondaire conduisant à l'eiffel vers le Nord.

Le site Antsanitia se trouve dans la Région Boeny sur le littoral Nord-Ouest de Madagascar. Il se situe entre 15° 33' à 15° 34' de latitude Sud et 46° 25' à 46° 26' de longitude de l'Est. Il se trouve à 11km de l'aéroport Amborovy (Andriamanantena, 2015). Il appartient au district de Mahajanga II, région Boeny, commune rurale de Belobaka.

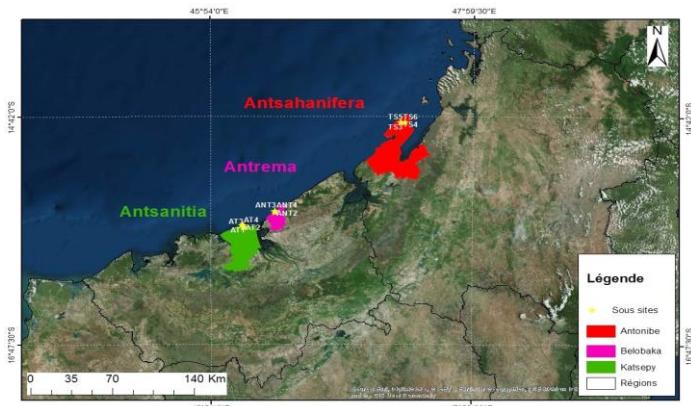


Figure 1 : Carte de la localisation des 3 sites d'étude

Méthode d'étude

Des articles scientifiques et des ouvrages ont été consultés dans plusieurs centres de documentations et aussi à l'internet.

Quatorze relevés (R1 à R14) écologiques dans les 3 sites ont été faits pour étudier les groupements végétaux. Pour chaque type de groupement végétal, la méthode de relevé adopté est le transect de Duvigneaud sur une superficie de 1ha. Des transects subdivisés en placettes de 20 m x 50 m de superficie ont été réalisés. Au cours des relevés, 4 espèces de palmiers ont fait l'objet de l'étude, toutes les espèces végétales ont été recensées ; les stades de croissance des espèces cibles ont été notés : à l'état plantule, ou jeune (hauteur du tronc entre 0,50 m et 4 m) et adulte (hauteur du tronc supérieure à 4 m). Afin de savoir les espèces végétales associées, un Point Quadrat Commun (QCP) a été réalisé dans les sous sites, à partir d'un individu adulte. Des fosses pédologiques de 1 m ont été réalisées dans chaque sous site afin de déterminer les caractéristiques du substrat dans le site d'étude. Des enquêtes ethnoécologiques ont été réalisées dans chaque site, afin de savoir les différentes utilisations des palmiers par la population, leur perception de la conservation, leur connaissance des espèces cibles, et leurs activités sociales et économiques ainsi que les menaces qui leurs pèsent. La régénération naturelle a été analysée, en tenant compte de l'état phénologique de l'espèce considérée, du mode de dispersion des diaspores, du taux de régénération et de la structure de la population. Pour la conservation ex-situ, 120 graines ont fait l'objet de germination dont 12 individus sont vivants et font l'objet de suivi dans le parc Reniala. Pour le suivi de croissance, le nombre des feuilles vivantes et leur taille (pétiole +largeur et longueur du limbe) ont été prélevés à chaque fin du mois de l'année. Pour analyser toutes les données collectées, le logiciel Excel, Arc GIS et le logiciel R ont été utilisé.

Résultats

Au total, quatre espèces d'Arecaceae ont été recensées dans les zones d'étude, on peut citer : *Tahina spectabilis* J.Dransfield. & Rakotoarinivo, *Bismarckia nobilis* Silver, *Dypsis madagascariensis* Beentje, J.Dransf et *Hyphaene coriacea* Gaernt. L'espèce *Tahina spectabilis* ne se rencontre que dans la formation karstique d'Antsingilava ; d'ailleurs, elle est la seule espèce présente dans le site d'étude, trois espèces de palmiers sont présentes dans la savane boisée d'Antrema : *Bismarckia nobilis* Silver, *Hyphaene coriacea* Gaernt et *Dypsis madagascariensis* Beentje,&J.Dransf , et deux espèces de palmiers dans la savane boisée d'Antsanitia : *Hyphaene coriacea* et *Bismarckia nobilis*. Deux espèces sont communes des sites d'Antrema et Antsanitia : il s'agit de *Hyphaene coriacea* et *Bismarckia nobilis*. *Dypsis madagascariensis* ne se trouve qu'Antrema.

La population utilise les palmiers dans la filière construction, médicinales, artisanales et aussi ornementales. Au total, 99 espèces ont été recensées dans les 3 sites et réparties en 52 espèces végétales à Antsahanifera (Analalava), 37 espèces à Antrema et 27 espèces à Antsanitia sont associées aux espèces cibles; et en plus, parmi elles, 19 espèces parmi les 99 ont des valeurs médicinales. Suivant les paramètres écologiques du milieu, ces espèces de palmiers se répartissent différemment d'un site à l'autre. Les 3 sites ont une capacité de régénération différente respectivement de 500% à 1800% pour *Tahina spectabilis*; de 1055% à 5089% pour *Bismarckia nobilis*. Par contre *Hyphaene coriacea* dans les deux derniers sites présente un taux de régénération moyenne entre 135% à 500%. Pour la conservation ex-situ dans le Parc Reniala, le dynamisme de croissance de *Tahina spectabilis* a été constaté car la longueur et la largeur des feuilles augmentent. D'après l'AFC, La matrice M1 est composée de 13 sous sites et 4 espèces de palmiers d'où Il y a la répartition des 13 sous sites en 3 groupes , les sous sites d'Analalava sont isolés sur le côté négatif

de l'axe 1 dont l'inertie est égale à 20,47%. Ce sont des formations herbeuses ou savane dont le substrat est marécageux, c'est-à-dire avec un sol de nature hydromorphe. La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) justifie l'Analyse Factorielle des Correspondances car les trois groupes de sous sites ont été identifiées et que les facteurs à l'origine des différences floristiques sont les gradients d'humidité, la pression anthropique et les substrats.

Discussion

La fragmentation de l'habitat est considérée comme la principale cause de l'extinction globale des êtres vivants. Les 3 sites des savanes ont subi des pressions anthropiques importantes. *Tahina spectabilis*, *Bismarckia nobilis* sont les espèces les plus menacées par la surexploitation et la déforestation. L'espèce *Tahina spectabilis* est classée « en extinction », selon IUCN, elle ne fleurit qu'au bout de 50 ans à 100 ans. C'est une plante monocarpique, par sa biologie elle meurt après la floraison. Elle n'est pas exploitée par la population locale mais les menaces concernent surtout les feux de brousse et la conversion de son écosystème en terrain agricole

La régénération de *Tahina spectabilis* est faible à cause de sa biologie, même si l'exploitation faite par la population sur les espèces *Bismarckia nobilis* est forte, la régénération est bonne car la population locale utilise les bourgeons et les feuilles mais elle n'abat plus le tronc. La régénération est moyenne sur les 2 espèces *Hyphaene coriacea* et *Dypsis madagascariensis*. L'Analyse Factorielle de Correspondance (AFC) montre la correspondance entre les palmiers et les sites d'études suivant les facteurs écologiques qui interviennent dans la répartition. La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) est formée par 2 grandes divisions et qui se divise en 3 groupes. Les 12 plantules vivantes dans le parc Reniala ont fait l'objet de suivi et le dynamisme de croissance a été constaté car la longueur et largeur augmentent.

Conclusion

Quatre espèces de palmiers (*Tahina spectabilis* J.Dransfield. & Rakotoarinivo, *Bismarckia nobilis* Silver, *Dypsis madagascariensis* Beentje & J.Dransfield et *Hyphaene coriacea* Gaernt) ont été rencontrés dans les 3 sites d'études, *Tahina spectabilis* n'existe que seulement à Analalava. Au total, 99 espèces ont été recensées dans les 3 sites et réparties en 52 espèces végétales à Antsahanifera, 37 espèces à Antrema et 27 espèces à Antsanitia sont associées aux espèces cibles; et en outre, parmi elles, 19 espèces ont des valeurs médicinales. Les hommes détruisent la biodiversité avec un rythme très alarmant. La plupart des habitats naturels de ces palmiers est converti totalement en terrain de culture. *Tahina spectabilis* survit grâce aux canyons qui ne peuvent pas exploitées par l'homme, mais aussi grâce à la tradition sakalava. Mais la régénération de l'espèce en question est inquiétante car il ne reste que 4 individus adultes, 17 jeunes et 34 plantules dont 18 issues d'un seul semencier. Ces dernières ont très peu de chance d'atteindre le stade jeune, vu les pressions anthropiques et le changement climatique. En plus, les adultes qui vont fleurir dans le futur mouriront juste après leur floraison. En outre, la conservation ex situ est la meilleure solution sûre pour augmenter davantage la taille de la population de *Tahina spectabilis*. Arecaceae. Les palmiers ont une place importante dans la vie de la population, car elle utilise les palmiers dans les matières medicinales, ornementales, constructions et surtout artisanales. Par ailleurs, l'utilisation des palmiers est une source de revenu pour la population locale et mérite une gestion et comptabilité durable.

Références bibliographiques

- Albano, P., 2002. La connaissance des Palmiers : culture et utilisation. Aix-en-Provence: Edisud.
- Dransfield, J. et Beentje, H., 1995 a. The Palms of Madagascar. Kew Publishing, Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, Surrey, U.K. μ
- Dubois R, Charrie N, Beaufils J-B. 1999. Les Palmiers; Dinausaures du règne végétal aujourd'hui seigneurs menacés. Hommes et Plantes 29:33-39.
- Fernandez- Palacios JM, Morici C. ,2004. *Palmeras e islas: la insularidad en una de las familias masdiversas del reino vegetal*. In: eds. Asociacionespagnola de ecología terrestre (AEET) - Cabildo Insular de la Palma. 81-122.
- Gautier, L., Chatelain, C. et R. Spichiger, 1994. Presentation of a relevé method for vegetation studies based on fine-scale satellite imagerie. XIIIth AETFAT Congress, Malawi, pp 1339 – 1350
- Govaerts, R et Dransfield, J., 2005. World checklist of palms, Kew, 223p.
- Rakotoarinivo, M. Blach-Overgaard, A., Baker W.J., J. Dransfield, J. Moat, J.C.Rakotoarinivo M., Dransfield J., Bachman S.P., Moat J. & Baker W.J., 2014. Comprehensive Red List Assessment Reveals Exceptionally High Extinction Risk to Madagascar Palms. Plos One 9(7): e103684.doi:10.1371/journal.pone.0103684

Rakotoarinivo, M. Blach-Overgaard, A., Baker W.J., J. Dransfield, J. Moat, J.C. Svanning., 2013. Paleoprecipitation is a major determinant of palm species richness patterns across Madagascar: a tropical biodiversity hotspot. Proceedings of the Royal Society of London B/ Biological Sciences.Vol.280. N°1757, the Royal Society.

Rakotoarinivo, M ., 2008 b. Analyse de la distribution et de la conservation des palmiers(ARECACEAE) de Madagascar par l'utilisation du système d'information géographique. Thèse doctorat Université d'Antananarivo .289 pages.

Sannier, J.2010.Diversité et évolution de la microsporogenèse chez les palmiers(Arecaceae) en relation avec la détermination du type apertural. Thèse de doctorat Université de Paris XI.254 pages.

Thomas et al., 2005.Molecular phylogeny of the palm genus Chamaedoreae, based on the low-copy nuclear genes PRK and RPB2.

Tomlinson Pb., 1979.Systematics and Ecology of the Palmae. Annual Review of Ecology and Systematics10:85-107.

Watson et Dallwitz., 1987.Automated taxonomic descriptions. In <Prospects in systematic>, pp.292-304.

5. Des plantes endémiques de Madagascar inhibent l'expression des facteurs de virulence de *Rhodococcus fascians* et *Pseudomonas aeruginosa*

Tsiry RASAMIRAVAKA^{1,2}, Blandine Andrianarisoa¹, Mondher El Jaziri²

¹Laboratoire de Biotechnologie-Microbiologie, Université d'Antananarivo, ²Laboratoire de Biotechnologie Végétale, Université Libre de Bruxelles

1. Introduction :

Madagascar regorge de plantes endémiques dont certaines sont utilisées traditionnellement contre diverses maladies infectieuses. Durant ces cinq dernières années, les travaux menés sur les molécules isolées de plantes endémiques de notre pays révèlent des activités biologiques très intéressantes. Ces composés présentent la particularité d'inhiber l'expression des facteurs de virulence des bactéries ainsi que la formation du biofilm sans avoir d'effet létal. La découverte de tels composés ouvrent des perspectives intéressantes et une alternative prometteuse dans la lutte contre les infections bactériennes. En effet, ces molécules pourraient renforcer notre arsenal de molécules antibactériennes pour répondre à la problématique de la résistance aux antibiotiques. Trois de ces composés (catéchine, perberbine et coumarate de l'aldéhyde-oléanolique) sont présentés brièvement avec leurs activités respectives.

2. Quelques définitions

2.1. Quorum sensing

Quorum sensing bactérien est un mécanisme de communication inter-espèce basée sur la perception de la densité bactérienne dans un environnement leur permettant de coordonner l'expression de certains gènes dont la plupart sont des gènes de facteur de virulence (toxine, élastase, protéase...) et impliqués dans la formation de biofilm.

2.2. Biofilm

Les bactéries ont la capacité de se développer en communautés multicellulaires bactériennes adhérentes, entre elles et à une surface, et fréquemment incluses dans une matrice de polymères exocellulaires, adhésive et protectrice contre les agressions extérieures : il s'agit du biofilm. Cette propriété protectrice du biofilm représente un véritable obstacle dans la lutte contre les infections bactériennes.

3. Composés naturels issus de plantes malgache :

3.1. La catéchine [1]

La catéchine de la famille des flavonoïdes a été isolée de l'écorce de *Combretum albiflorum* (Tul.). Cette plante endémique est localisée dans le sud de Madagascar. La famille des Combretaceae est utilisée dans la médecine traditionnelle pour le traitement des infections bactériennes, de la fièvre, des diarrhées et des pneumonies. Cette molécule inhibe l'expression des facteurs de virulence de *Pseudomonas aeruginosa* (pyocyanine, élastase), en interférant avec le mécanisme de Quorum sensing de la bactérie. Elle inhibe également la production de biofilm, sans avoir d'effet sur la croissance bactérienne.

3.2. La perbegine [2]:

Un nouveau flavonoïde, la perbergine a été isolée de l'écorce de *Dalbergia pervillei* (Vatke). *Dalbergia pervillei* est endémique de l'ouest de Madagascar. Cette molécule inhibe spécifiquement un gène régulateur (AttR) de *Rhodococcus fascians*. Ce gène est indispensable à la bactérie pour devenir pathogène. Cette nouvelle molécule n'a pas d'effet sur la croissance de *Rhodococcus fascians*.

3.3. La coumarate de l'aldéhyde oléanolique [3, 4]:

La coumarate de l'aldéhyde-oléanolique a été isolée de l'écorce de *Dalbergia trichocarpa* (Baker) qui est endémique de l'ouest de Madagascar, depuis Analalava au nord jusqu'à Morondava au sud. En médecine traditionnelle, une infusion d'écorce est utilisée pour traiter la diarrhée, une décoction de feuilles pour traiter les douleurs rhumatismales, et la gomme pour traiter la laryngite. Cette molécule inhibe l'expression des facteurs de virulence de *Pseudomonas aeruginosa* (pyocyanine, élastase, protéase) en interférant avec le mécanisme de Quorum sensing de la bactérie. Elle perturbe également la production de biofilm sans avoir d'effet sur la croissance bactérienne.

4. Conclusion

La biodiversité floristique de Madagascar laisse penser que beaucoup de composés naturels restent encore à découvrir. Grâce à une étroite collaboration avec l'Université Libre de Bruxelles, via un financement ARES-CCD (commission universitaire pour le développement), Madagascar dispose actuellement de laboratoire capable de cibler des extraits de plantes malgaches à la recherche de composés naturels possédant ces activités inhibitrices innovantes et d'en isoler les composés bioactifs.

Références bibliographiques

- Vandeputte, et al., 2010 Identification of catechin as one of the flavonoids from *Combretum albiflorum* bark extract that reduces the production of quorum-sensing-controlled virulence factors in *Pseudomonas aeruginosa* PAO1. *Appl Environ Microbiol* 76, 243-253.
- Rajaonson et al., 2011 Virulence quenching with a prenylated isoflavanone renders the Malagasy legume *Dalbergia pervillei* resistant to *Rhodococcus fascians* *Environmental Microbiology* Volume 13, Issue 5, pages 1236-1252.
- Rasamiravaka et al., 2013 Endemic Malagasy *Dalbergia* species inhibit quorum sensing in *Pseudomonas aeruginosa* PAO1. *Microbiology*. 159(Pt 5):924-938.
- Rasamiravaka et al., 2015 *Pseudomonas aeruginosa* biofilm formation and persistence, along with the production of quorum sensing-dependent virulence factors, are disrupted by a triterpenoid coumarate ester isolated from *Dalbergia trichocarpa*, a tropical legume. *PLoS ONE* 10(7): e0132791.

6. Cyathea et leur rôle dans la régénération forestière malagasy : cas de la Réserve Spéciale d'Ambohitantely

Christian .Chérie TOTONDABESA¹, H.L.T.RANARIJAONA²

¹⁻²Ecole Doctorale Ecosystèmes Naturels, Université de Mahajanga

Résumé

Les fougères arborescentes Malgaches ou *Cyathea* représentent un fort endémisme à Madagascar, avec 51 espèces endémiques sur les 54 présentes. Ce sont des espèces indicatrices du milieu et exigent un équilibre écologique. Par ailleurs, elles sont fortement menacées par l'exploitation pour la fabrication des pots en fangeons, mais aussi par la dégradation forestière, alors qu'elles ont une croissance très lente, demandant 130 ans pour avoir un pied adulte. L'étude que nous avons faite dans la Réserve Spéciale d'Ambohitantely, dans le District Ankazobe à Antananarivo, a pour objectif d'examiner le rôle des *Cyathea* malgache sur la régénération naturelle des espèces forestières. Il va permettre d'expliquer, en partie, la richesse spécifique des forêts malgaches, ainsi que les menaces causées par la disparition de *Cyathea*, due à la forte pression anthropique. L'étude préliminaire a permis de choisir les 3 types de formations (faiblement anthropisée, moyennement anthropisée et fortement anthropisée), les quadrats de 100 m² aux endroits où il y a des fougères arborescentes. Nous avons noté, pour chaque type de formation, les coordonnées géographiques, altitudes, pourcentages de recouvrement des individus et la méthode de Gauthier, pour la stratification verticale. La richesse spécifique des plantules, en fonction du milieu, nous montre que les plantules sur le sol sont plus nombreuses que les épiphytes, à cause de la dimension de tronc, selon les espèces. La richesse spécifique des quadrats, en fonction du nombre de *Cyathea*, nous explique que la richesse spécifique d'un milieu dépend du nombre des fougères arborescentes existantes. Le quadrat Q6 est riche en espèces terrestres et en épiphytes. *Cyathea boiviniformis* possèdent plus

d'espèces épiphytes que les espèces *Cyathea remotifolia*. Le taux de recouvrement global sur le milieu MIII est plus élevé que celui des 2 autres milieux. Il est très important d'insister sur les efforts faits pour la préservation de cette forêt d'Ambohitantely pour endiguer ces menaces et en particulier leur lutte contre les incendies.

Mots clés : Régénération forestières, Fougères arborescentes, *Cyathea*, Ambohitantely, anthropiques

I - Introduction

Madagascar est connu pour la richesse de sa biodiversité. D'après l'étude écologique, 12000 espèces végétales sont recensées à Madagascar, dont 9704 espèces, soit 88% sont endémiques (Myers et al. 2000). La flore ptéridologique à Madagascar représente 590 espèces et variétés dont 45% sont endémiques (Rakotondrainibe, 2003 a, b). Actuellement, 55 taxons de *Cyathea* ont été recensés dans notre pays (40 espèces et 15 variétés), 51 sont endémiques. Parmi ces taxons 11 espèces et 12 variétés ont été décrites très récemment (Janssen et Rakotondrainibe, 2008).

Rappelons qu'à Madagascar, les fougères arborescentes sont très exploitées. La dureté de leur tronc est un des caractères qui permet leur exploitation en tant que poteau et pour la construction. La disposition esthétique des cordons vasculaires à l'intérieur du tronc permet une utilisation décorative (pied de lampadaire par exemple). Ensuite, à la base du tronc, les racines adventives très fibreuses, enchevêtrées et épaisses, servent à la fabrication des « pots fangeons ». Ainsi, dans certains villages comme à Ranomafana – Ifanadiana, le revenu d'une grande partie de la population repose sur la vente de pots-fangeons(Ranarijaona,1994).

Cependant, les fougères arborescentes sont connues pour participer à la restauration ou régénération naturelle d'espèces forestières (Rivières et al. 2008). A Hawaï par exemple les fougères arborescentes participeraient à la restauration des forêts naturelles (Mueller-Dombois, 2005).

Tous ces travaux nous ont incités à examiner le rôle des *Cyathea* malgaches, dans le maintien de la biodiversité. Notre première étude concernait d'abord sur la forêt d'Ambohitantely, ensuite d'autres formations forestières malgaches. Cette forêt est soumise à une exploitation forte des fougères arborescentes. Or, les *Cyathea* jouent potentiellement un rôle de support majeur pour certaines espèces vasculaires (Rakotondrainibe, 1979) en procurant des micro-habitats favorables à la régénération d'espèces indigènes.

Selon Derroire en 2007, l'île de la Réunion (Iles Mascareignes, Océan Indien) a une forte pression d'espèces exotiques et les études montrent que les espèces épiphytes sur les troncs des plantes ligneuses sont moins importantes que sur les stipes des fougères arborescentes. Cadet et Figier(1985) ont montré que les nombreuses plantules de la plante vasculaire observées sur des troncs des Cyatheaceae sont des espèces indigènes.

Ce travail veut démontrer le rôle d'une fougère arborescente à croissance lente, sur la régénération naturelle des espèces indigènes forestières. Il va permettre d'expliquer, en partie, la richesse spécifique des forêts malgaches, ainsi que les menaces causées par la disparition de *Cyathea*, due à la forte pression anthropique.

II – Matériels et méthodes

Nous avons utilisé des méthodes classiques de transect, avec 100 m² x 2, sur les deux différentes formations aux endroits où il y a des fougères arborescentes. L'inventaire des fougères arborescentes ainsi que l'inventaire des toutes les plantules sur le stipe des *Cyathea* et terrestres sont effectués. Les échantillons prélevés sont conservés et déterminés à l'Herbarium National du Département de Botanique de Tsimbazaza-Antananarivo. Les coordonnées géographiques, l'altitude, l'orientation, la pente et le recouvrement ont été notés. La méthode de Gauthier (1994) a été adoptée pour l'étude de stratification verticale. La fosse pédologique à chaque quadrat a été effectuée pour les caractéristiques du substrat.

III – Résultats

Deux espèces de fougères arborescentes ont été inventoriées : *Cyathea remotifolia* Bonap et *Cyathea boiviniformis* Janssen & Rakotondrainibe

III – 1 – Richesse spécifique en fonction du milieu

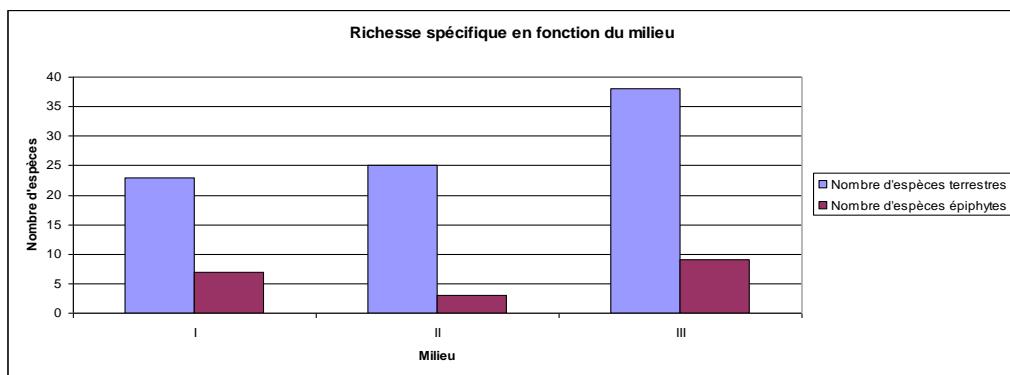


Figure 1 : Richesse spécifique des plantules en fonction du milieu

Les plantules sur sol sont plus nombreuses que les plantes épiphytes. Dans le milieu III, le taux s'élève jusqu'à 38, avec un taux d'épiphyte de 9. Dans le milieu II, le nombre d'espèces terrestres est de 25, et un nombre d'espèces épiphytes de 3. Et le milieu I a 23 espèces terrestres et 7 espèces épiphytes.

III – 2 – Richesse spécifique en fonction des nombres de fougères arborescentes

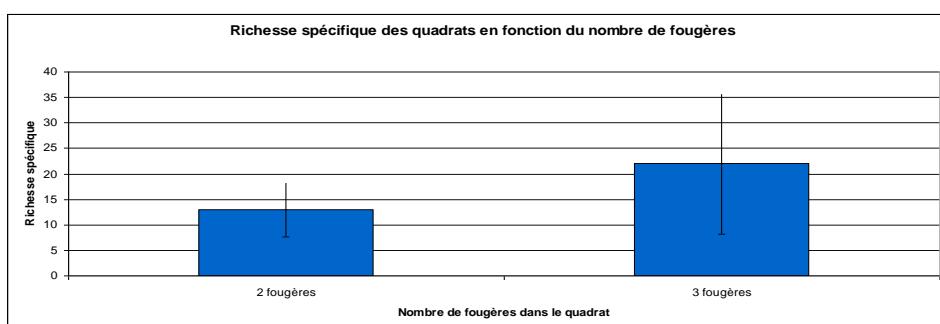


Figure 2 : Richesse spécifique des quadrats en fonction du nombre de fougères arborescentes

Les nombres des plantules dans chaque quadrat ne sont pas les mêmes. La richesse spécifique d'un milieu dépend du nombre des fougères arborescentes qui existent dans ce milieu. Dans les milieux qui ont 3 pieds de fougères, la richesse spécifique a un taux beaucoup plus élevé que dans les endroits où il n'y a que 2 pieds de fougères arborescentes. Le nombre d'observations est trop faible pour faire un test statistique.

III – 3 – Observation de nombre d'espèces terrestres par rapport au nombre d'espèces épiphytes

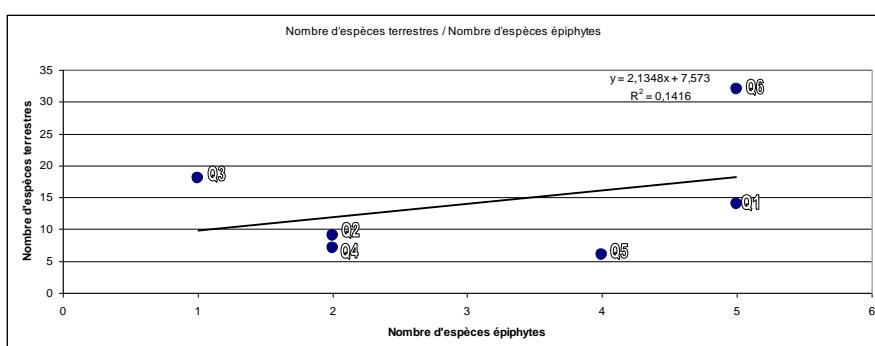


Figure 3 : Nombre d'espèces terrestres par rapport au nombre des espèces épiphytes

Ce graphe représente le nombre d'espèces terrestres par rapport au nombre d'espèces épiphytes.

- La Zone I qui est représentée par le quadrat Q1, qui a un faible nombre d'espèces terrestres tandis qu'il compte parmi ceux qui comptent le plus d'espèces épiphytes.

Tandis que le quadrat Q2 a des nombres faibles d'espèces terrestres et d'espèces épiphytes.

- La Zone II, Q3 a une valeur moyenne d'espèce terrestre, mais un très faible nombre d'espèces épiphytes. Alors que Q4 est faible en espèces terrestres. Et il a le même nombre d'espèces épiphytes que celle de quadrat Q2.

- La Zone III, Q5 a une valeur très faible d'espèce terrestre par rapport aux autres quadrats ; alors qu'il a beaucoup d'espèces épiphytes. Tandis que le quadrat Q6 est riche en espèces terrestres, et également en espèces épiphytes.

III – 4 - Caractéristiques du milieu d'étude :

Tableau : Caractéristiques du milieu d'étude à Ambohitantely

Paramètres des relevés	Reserve Spéciale d'Ambohitantely
Localisation à Madagascar	Centre 18° 10' S/47° 17' Est - à 100 km au Nord-Ouest d'Antananarivo sur la région de Tampoketsa Ankazobe
Superficie (ha)	1600
Altitude (m)	1300 – 1650
Climat	Type tropical humide à subhumide: -Pluviosité moyenne annuelle : 1823 mm - T° moyenne annuelle : 21,7°C
Géologie	<i>Quatre types de sols:</i> - sols rouges ou jaune ferralitiques, acides, utilisables au reboisement ; - sols de versants : latéritiques pouvant être cultivés ; - sols de bas de pente : colluvions plus ou moins sableuses pouvant être cultivés, - sols de bas – fonds : sols variés, plus ou moins alluvionnaires, hydromorphes.
Hydrographie	Site traversé par 2 fleuves : Betsiboka et Ikopa ; et avec des cours d'eau pérennes
Flore	Formation forestière d'altitude à Weinmannia et Tambourissa
Cadre humain	Exploitation de bois d'œuvre, fabrication de charbons
Pressions humaines	*Forte exploitation ancienne en Cyathea (il y a plus de 30 ans) * exploitation illicite en bois d'œuvre * Fréquent passage du feu

IV – Discussion

Au niveau de l'abondance des espèces recensées, dans 600 m², c'est-à-dire 6 quadrats de 10 m x 10 m, beaucoup des espèces des angiospermes forestières utilisent les stipes de *Cyathea* pour les vivre au stade juvénile. Après un certain stade, elles peuvent s'enraciner au sol et poursuivre leur vie de façon plus autonome (Rivière et al. 2008).

Les richesses spécifiques des milieux sont représentées par des nombres importants d'espèces de plantes terrestres. Les espèces épiphytes sont beaucoup moins nombreuses sûrement à cause de l'insuffisance au nombre de supports (*Cyathea*). Dans la troisième zone ou Milieu MIII, on observe beaucoup plus d'épiphytes que dans les deux autres milieux. En particulier, dans le milieu MII₁, on n'a pas d'espèces épiphytes sur le tronc des fougères arborescentes. De même, les espèces terrestres du milieu MIII sont beaucoup plus nombreuses que dans les deux autres milieux.

Sur le plan de Recouvrement Global, le taux de recouvrement sur le milieu MIII est plus élevé que celui des 2 autres milieux.

Trois espèces des fougères arborescentes ont été recensées par France Rakotondrainibe en 1989 : *Cyathea remotifolia*, *Cyathea boiviniformis* et *Cyathea decrescens*. Mais pendant notre mission, nous n'avons recensé que 2 espèces *Cyathea remotifolia* et *Cyathea boiviniformis*. Une répartition très inégale existant. Les espèces sont très rares avec une très faible abondance le long des cours d'eau. Aucun individu n'a été recensé sur les plateaux et les mi-versants. Pour les fougères arborescentes à la Réserve Spéciale d'Ambohitantely, la régénération est inquiétante surtout du fait que leur croissance est lente.

Conclusion

Les deux espèces de *Cyathea* recensées dans la Réserve Spéciale d'Ambohitantely interviennent certainement dans la régénération forestière, car elles hébergent 19 espèces des plantules. Le Cyatheaceae d'Ambohitantely est en danger car elle vit en très faible abondance (15 individus seulement dans une superficie de 600 m²). Les espèces recensées sur les stipes de *Cyathea* sont exclusivement épiphytes sauf *Elaphoglossum sp* et *Mapouria parkeri*. Les pressions existant autour de cette forêt sont également des menaces pour la vie des fougères arborescentes, comme les exploitations anciennes des *Cyathea* dans cette région et l'effet des feux. Il est remarquable de voir les efforts faits par l'organisme de la préservation de cette forêt d'Ambohitantely pour endiguer ces menaces et en particulier leur lutte contre les incendies.

Références

- Langrand, O. La réserve spéciale d'Ambohitantely. In Goodman S. Paysages naturels et biodiversité de Madagascar. MNHN. 537-545.
- Rakotondrainibe, F. Contribution à la connaissance de la flore ptéridologique de Madagascar. Thèse de Doctorat en Sciences. Université des Sciences et Techniques de Lille Flandres Artois. France
- Rakotondrainibe F., 1985. Les Pteridophytes d'une foret d'altitude à Madagascar (Reserve d'Ambohitantely): Etude floristique et repartition.Bulletin du MNHN, Paris, 4^{eme} serie,7, Section B,Adasonia,num 4:415-427.
- Rivière J. 2008, Rôle des fougères arborescentes dans l'installation des plantes à fleurs en forêt tropicale humide de montagne à la Réunion.Revue écol.(Terre Vie), vol. 63.
- RAKOTONDRAINIBE F., 1989. Contribution a la connaissance de la flore pteridologique de Madagascar. Etude floristique, biologique, phytogéographique et écologique des fougères de la forêt d'Ambohitantely. Thèse Docteur en Sciences-Université des Sciences en techniques de Lille Flandre.340p.
- RANARIJAONA HeryLisyTiana A, 1994 – L'exploitation des fougères arborescentes (CYATHEACEES) du Parc National de Ranomafana. Taxonomie et biologie des espèces. Mémoire de DEA, Université d'Antananarivo : 83 pp.
- MUELLER-DOMBOIS,D.(2005). – A sylvicultural approach to restoration of native Hawaiian rainforests. *Lyonia*,8:61-65.
- CADET,T& FIGIER,J.(1985).- Réserve naturelle de Mare Longue(Saint-Philippe, Réunion). Etude floristique et écologique. Rapport technique. Université de la Réunion.

7. Interaction interspécifique du Martin triste et des oiseaux urbains d'Antananarivo, Madagascar

Lalatiana Odile RANDRIAMIHARISOA¹, Hajanirina RAKOTOMANANA ¹, Simplice RAZAFINDRANAIKO¹, Bien Aimé ROVANIAINA¹, Laza Harifetra ANDRIANANDRIANINA¹, et Lucienne WILMÉ²

¹ Mention Zoologie et Biodiversité Animale, Faculté des Sciences et Environnement, Université d'Antananarivo, Antananarivo 101

² Word Resources Institute, & Missouri Botanical Garden

Résumé

CONTEXTE. Les oiseaux les plus préoccupants pour la conservation sont souvent ceux qui sont associés à la forêt intacte. La modification des habitats et l'introduction des espèces envahissantes peuvent contribuer au déclin de la biodiversité, notamment celle des espèces autochtones et peuvent également détériorer l'économie et la santé humaine. Par ailleurs, l'expansion de ces espèces envahissantes est favorisée par certaines activités humaines comme l'urbanisation, l'exploitation forestière, l'agriculture et le pâturage qui profitent aux espèces ubiquistes que sont généralement les espèces envahissantes allochtones. À Madagascar, quatre espèces d'oiseaux ont été introduites dont le Martin triste (*Acridotheres tristis*), l'une, parmi la centaine, des pires espèces invasives dans le monde. Depuis des décennies, cette espèce a pu coloniser toute l'île, y compris Antananarivo. Ce succès envahisseur pourrait ainsi menacer la biodiversité aviaire ou les autres espèces de l'île.

MÉTHODE. Pour identifier les menaces, cette étude a considéré l'interaction interspécifique du Martin triste avec les autres espèces d'oiseaux rencontrées dans les Parcs Zoologique et Botanique de Tsimbazaza et de Tsarasaotra, ainsi qu'aux alentours du nid du Martin triste observé. Les interactions ont été compilées par la méthode d'observation directe au niveau du nid du Martin triste pendant la

période de reproduction et lors de la rentrée du Martin triste dans les dortoirs de septembre 2015 à mars 2017.

RÉSULTATS. Un nombre de 123 interactions a été enregistré dans les deux sites (0,01 événements/h dans les quatre nids observés et 4,5 événements/h dans les deux dortoirs). Cinq espèces interagissent le plus fréquemment avec le Martin triste près de son nid (*Falco newtoni*, *F. zoniventris*, *Foudia madagascariensis*, *Lonchura nana* et *Columbia livia*) et trois espèces, au dortoir (*Nycticorax nycticorax*, *Egretta dimorpha* et *Bulbucus ibis*). Le nombre et la fréquence des interactions entre les espèces sont significativement différentes et de façon aléatoire. Dans la majorité des cas, une cohabitation entre les espèces est observée dans les deux sites, mais une compétition a été observée pour l'accès aux sites de nidification et de dortoir, avec des agressions et des déplacements. Un comportement de défense du Martin triste et de vigilance des autres espèces ont été également rencontrés.

CONCLUSION. Si les interactions entre le Martin triste et les espèces aviaires autochtones sont encore occasionnelles, elles correspondent à des mécanismes concurrentiels et compétitifs, probablement liés à un manque d'espace favorable pour accueillir des dortoirs. Le risque d'effet de masse du Martin triste pourrait menacer les autres espèces dans les parcs si des mesures appropriées ne sont pas prises.

Mots-clés (6 au maximum) : Martin triste, *Acridotheres tristis*, oiseaux urbains, Tsimbazaza, Tsarasaotra, Madagascar

Introduction

Depuis des décennies, la conservation des espèces d'oiseaux endémiques a été le sujet de nombreuses recherches, particulièrement lorsque ces espèces subissent de fortes pressions et menaces, plus particulièrement au niveau de leur habitat (Haslem & Bennett 2008). Les activités humaines qui sont globalement les principales menaces qui pèsent sur les oiseaux endémiques, modifient les habitats (Chace & Walsh 2006) et permettent aux espèces ubiquistes de s'introduire et de coloniser les habitats modifiés (Sala et al. 2000). Selon Holzapfel et ses collaborateurs (2006), la modification des habitats naturels et l'introduction d'espèces allochtones envahissantes peuvent contribuer au déclin de la biodiversité, notamment celle des espèces autochtones et peuvent également détériorer l'économie et la santé humaine (ex. Lowe et al. 2011). À Madagascar, quatre espèces d'oiseaux ont été introduites dont le Martin triste (*Acridotheres tristis*), l'une, parmi 100 des pires espèces invasives dans le monde (Lowe et al. 2000). Il a été introduit pour éliminer les criquets qui s'attaquent aux cultures (Milon 1951, Decary 1962, Langrand 1990). Le Martin triste est un oiseau envahisseur des habitats urbanisés (Van Rensburg et al. 2009, Lowe et al. 2011) et son introduction dans un écosystème peut avoir des effets néfastes sur l'environnement (Mack et al 2000, Clavero & García-Berthou 2005) et notamment sur les communautés autochtones (Orchan et al. 2012).

Depuis 1875 jusqu'à ce jour, le Martin triste a pu coloniser toute l'île y compris Antananarivo (Randriamiharoa & Rakotomanana 2017). Ce succès envahisseur pourrait ainsi menacer la biodiversité aviaire ou les autres espèces de l'île. Cette espèce peut représenter un concurrent important pour d'autres espèces d'oiseaux (Goodman & Hawkins 2008) qui se trouvent dans la même niche écologique qu'elle, tant pour l'accès aux ressources alimentaires, que pour l'accès aux cavités pour la nidification ou encore l'accès aux aires de repos ou des dortoirs, sans oublier que le Martin triste est un oiseau au comportement agressif envers les autres espèces (Lowe et al. 2011). Ainsi, le Martin triste est largement considéré comme un ennemi majeur car il est introduit, abondant, remarquable dans les endroits où les gens vivent, niche dans les toits des maisons, forme des agrégats de dortoir bruyant et abrite des acariens (Thomas 2004).

Malgré cela, cette espèce n'a jamais fait l'objet d'une étude particulière à Madagascar, alors qu'elle peut constituer une catastrophe écologique non négligeable si des mesures appropriées n'étaient pas prises (Raherilalao & Goodman 2011). Par ailleurs, les interactions interspécifiques entre le Martin triste et les autres espèces d'une communauté aviaire sont encore bien mal comprises et peu documentées (Di Santo et al. 2016). La recherche approfondie portant sur ces interactions est inexistantes pour Madagascar. Cette étude se propose donc d'analyser et de discuter des interactions interspécifiques de l'espèce envahissante et des espèces autochtones, à la fois au niveau des nids du Martin triste et dans ses aires de repos. L'étude a porté sur (i) l'identification des espèces d'oiseaux qui ont le plus d'interactions avec le Martin triste, (ii) l'analyse des comportements des espèces qui interagissent et (iii) l'identification des types d'interaction afin d'évaluer l'impact futur de l'espèce envahissante sur les espèces autochtones.

Méthodologie.

Le travail a principalement été mené à Antananarivo, entre $18^{\circ} 54' 44''$ S et $47^{\circ} 31' 18''$ E, à l'altitude moyenne de 1 276 m, dans deux sites d'études connus pour héberger des dortoirs du Martin triste :

- 1- Tsarasaotra et ses alentours, avec un centroïde à $18^{\circ} 52' S$ et $47^{\circ} 32' E$. Il s'agit du premier jardin privé à avoir été classé site Ramsar le 9 mai 2005 (Dodman & Diagane 2003). Le parc s'étend sur 27 hectares et est ceint d'un *tamboho* qui est un mur traditionnel en terre. Le parc héberge 14 espèces et sous espèces d'oiseaux d'eau endémiques, et il constitue ainsi un site d'observation pour l'avifaune. Il se situe à quatre kilomètres du centre-ville, en bordure des quartiers d'Alarobia, Soavimasoandro, Mahatony et Morarano. Il est couvert de zones boisées avec des arbustes et des arbres comme *Pinus sp.*, *Cryptocarya sp.*, *Syzygium cuminii* et *Melia sp.*; de zones herbeuses composées de Graminées, de *Cyperus sp.* et *Juncus sp.* et de zones de cultures de cressons ainsi que de zones bâties.
- 2- Parc Zoologique et Botanique de Tsimbazaza et ses alentours, avec un centroïde à $18^{\circ} 55' 43.89''$ S et $47^{\circ} 31' 32.66''$ E. Le parc, fondé en 1925, est proche du centre de la ville, mais il constitue un endroit boisé préservé des activités urbaines en s'étendant sur une superficie de 7 hectares. C'est un lieu de distraction, ainsi qu'un endroit de conservation de certaines espèces de la faune et de la flore de Madagascar. Il est couvert de zones boisées avec des arbustes et des arbres principalement des *Ficus spp.*, *Cryptocarya sp.* et *Melia sp.* et des zones bâties (Figure 1).

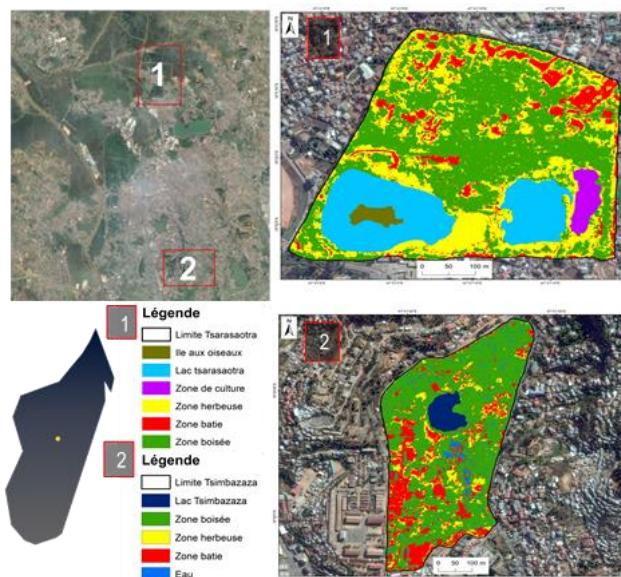


Figure 1 : Sites d'étude (1 : Tsarasaotra et 2 : Parc Zoologique et Botanique de Tsimbazaza)

Les dortoirs du Martin triste ont été rencontrés dans ces deux parcs qui représentent des sites exceptionnels au milieu d'un environnement de plus en plus urbanisé. Ils sont connus depuis des années pour héberger des oiseaux d'eau et constituent un lieu de reproduction pour les hérons et de refuge pour les canards.

Dans chacun des deux sites, deux nids ont été suivis. Les interactions ont été collectées par la méthode d'observation directe (O'Dea et al. 2004) avec des jumelles binoculaires (10X40) et un télescope (20X spotting digiscope), au niveau du nid du Martin triste, pendant la période de reproduction et lors de la rentrée du Martin triste dans les dortoirs de septembre 2015 à mars 2017. Pour que les oiseaux ne soient pas effrayés par la présence de l'observateur, toutes les observations ont été faites à une distance comprise entre 10 et 20 m (Di Santo et al. 2016), car il s'agissait d'oiseaux urbains, donc exposés aux activités humaines et qui sont connus pour ne pas être perturbés par les personnes passant à quelques mètres d'eux (South & Pruett-Jones 2000).

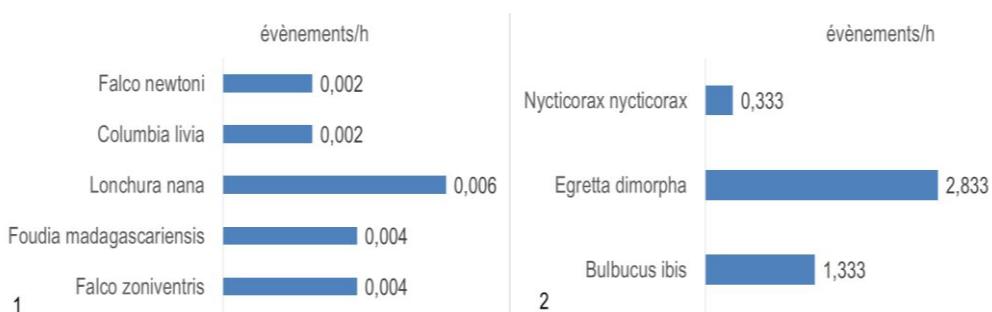
L'interaction a été définie comme un événement qui inclut un contact direct entre les individus et présente une réponse comportementale des deux individus (Di Santo et al. 2016). Cette étude n'a considéré que les interactions concernant le Martin triste avec des individus d'une autre espèce, plus particulièrement des espèces d'oiseaux. L'interaction comportementale entre les individus a été notée et enregistrée durant l'observation et catégorisée en deux classes : (i) comportement du Martin triste avec une autre espèce et (ii) comportement d'une espèce vis-à-vis du Martin triste pendant l'interaction.

Afin de tester si l'interaction est différente entre les espèces rencontrées au niveau du nid ou au dortoir, le nombre et la fréquence des interactions entre les espèces ont été comparés par le test de variance ANOVA. Les analyses statistiques ont été traitées à l'aide du logiciel SPSS 20.0 et des macros de Microsoft office Excel.

Résultats

Cinq espèces d'oiseaux interagissent le plus fréquemment avec le Martin triste à proximité de son nid. Il s'agit de *Falco newtoni*, *F. zoniventris*, *Foudia madagascariensis*, *Lonchura nana* et *Columbia livia*. Trois espèces interagissent le plus fréquemment avec le Martin triste au dortoir, à savoir *Nycticorax nycticorax*, *Egretta dimorpha* et *Bulbucus ibis*. Un nombre de 123 interactions, dont 15 interactions au niveau du nid et 108 dans le dortoir, a été enregistré dans les deux sites, ce qui représente 0,01 événement par heure au niveau des quatre nids observés et 4,5 événements par heure dans les deux dortoirs (Figure 2). Le test ANOVA a montré que le nombre et la fréquence des interactions entre les espèces sont significativement différentes et de façon aléatoire (ANOVA : $F = 9,460$, $p < 0,05$).

Figure 2 : Fréquence des événements d'interaction du Martin triste avec les autres espèces aviennes au niveau (1) du nid et (2) du dortoir.



Observation du nid

Les nids observés sont situés au niveau de toits d'habitation ; l'interaction observée au niveau de ces nids se manifestait lorsqu'une autre espèce s'approchait et se plaçait aux alentours de l'ouverture du nid du Martin triste ou lorsqu'une espèce partageait le même espace de nidification que le Martin triste, comme dans le cas de *Lonchura nana*. Une telle rencontre entraînait systématiquement un comportement du Martin triste à l'égard de cette espèce.

Le comportement du Martin triste est le plus agressif à l'égard de *Falco newtoni*, *F. zoniventris*, et *Columbia livia*, ce qui est certainement expliqué par le fait que l'observation a été réalisée au cours de la période de reproduction du Martin triste et il défendait son nid. Le comportement est accompagné de cris et le Martin triste ne cessait de voler au-dessus de l'intrus. Par contre, un comportement passif, voir une absence de réaction a été observé pour *Foudia madagascariensis* et *Lonchura nana* qui étaient à proximité du nid, plus particulièrement pour *Lonchura nana*, qui nichait sous le même toit que le Martin triste et aucun comportement agressif n'a été observé. (Tableau 1).

Tableau 1 : Pourcentage de fréquence d'interaction comportementale du Martin triste envers les autres espèces.

Comportement du Martin triste envers les autres	Dortoir	Nid	Espèces concernées
Agressivité (attaque et cris)	0,05%		<i>Falco zoniventris</i> , <i>Columbia livia</i> , <i>Falco newtoni</i>
Passif	2,70%	0,07%	<i>Foudia madagascariensis</i> , <i>Columbia livia</i> , <i>Lonchura nana</i> , <i>Bulbucus ibis</i> , <i>Egretta dimorpha</i> , <i>Nycticorax nycticorax</i>
Changement de place	1,08%		<i>Bulbucus ibis</i> , <i>Egretta dimorpha</i> , <i>Nycticorax nycticorax</i>
Fuite	0,39%		<i>Bulbucus ibis</i> , <i>Egretta dimorpha</i> , <i>Nycticorax nycticorax</i>

Face à l'agression du Martin triste, *Falco newtoni*, *F. zoniventris* et *Columbia livia* s'écartaient doucement, changeaient un peu de côté et lorsque l'attaque s'intensifiait, les espèces quittaient le toit et prenaient la fuite. *Foudia madagascariensis* et *Lonchura nana* montraient des comportements plus passifs. Le Martin triste pouvait laisser ces espèces s'approcher de son nid et attendre qu'elles repartent sans montrer un comportement de chasse ou agressif (Tableau 2).

Observation dans le dortoir

Au niveau du dortoir, l'interaction se manifestait lorsque le Martin triste arrivait sur les arbres où d'autres espèces nichaient et se reposaient. Durant ces événements, chaque espèce avait un comportement propre. Le Martin triste était passif, il se posait généralement sur des branches d'arbres qui étaient en-dessous de celles où se trouvaient les autres espèces comme *Bubulcus ibis*, *Egretta dimorpha* ou *Nycticorax nycticorax*, ce qui n'empêchait pas des attaques occasionnelles de ces dernières espèces lorsque le Martin triste s'aventurait trop près du nid de ces dernières ; dans la majorité des cas, le Martin triste changeait de place ou prenait la fuite (Tableau 1).

Par contre, un comportement de vigilance a été observé chez ces espèces durant l'arrivée du Martin triste. Parfois, un comportement de chasse a été enregistré lorsque le Martin triste se plaçait trop près du nid des *Egretta dimorpha* et *Bubulcus ibis* et même un comportement d'agression du *Nycticorax nycticorax*. Dans la majorité des événements, les autres espèces avaient également un comportement passif à l'égard du Martin triste, elles ne bougeaient pas, ne changeaient pas de place et ne manifestait aucune réaction lorsque le Martin triste se posait (Tableau 2).

Tableau 2 : Pourcentage de fréquence de l'interaction comportementale des autres espèces envers le Martin triste

Espèces concernées	Comportement des autres espèces envers le Martin triste	Dortoir	Nid
<i>Falco zoniventris</i>	Fuite		0,02%
<i>Falco newtoni</i>	prendre la fuite		0,02%
<i>Foudia madagascariensis</i>	passif		0,02%
<i>Lonchura nana</i>	passif		0,04%
<i>Columbia livia</i>	passif		0,01%
	prendre la fuite		0,01%
<i>Bubulcus ibis</i>	Changement de place	0,23%	
	Attaque	0,23%	
	Passif	0,19%	
	Vigilance	0,58%	
<i>Egretta dimorpha</i>	Attaque (chasse)	0,08%	
	Passif	2,55%	
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Attaque (chasse)	0,15%	
	Passif	0,15%	

Trois types d'interaction ont été rencontrés durant cette étude : la cohabitation, la compétition et la concurrence (Figure 3). Ces trois interactions se définissent à partir du comportement de chaque individu de chaque espèce. La cohabitation est caractérisée par un comportement passif des deux individus, avec une présence simultanée des espèces qui se positionnent librement sur un espace donné. La compétition est définie par un comportement agressif entre les individus des deux espèces qui défendent une ressource. Au cours de cette étude, la compétition a été observée pour l'espace et les emplacements de repos au dortoir, et elle a aussi été observée pour les sites de nidification. Un comportement agressif peut également être observé lorsqu'un oiseau protège son nid comme lorsque le Martin triste agresse *Falco zoniventris* et *Bubulcus ibis* lorsque ces derniers s'approchent de son nid. La concurrence est surtout observée au dortoir, lorsque les oiseaux recherchent des emplacements pour dormir en intimidant d'autres espèces sans qu'il y ait pour autant d'agressions ou d'attaques visibles mais de manière passive - le premier arrivé étant alors le premier servi. Dans la majorité des cas, une cohabitation entre les espèces a été observée dans les deux dortoirs, mais

une compétition a été observée pour l'accès aux sites de nidification, avec des agressions et des déplacements.

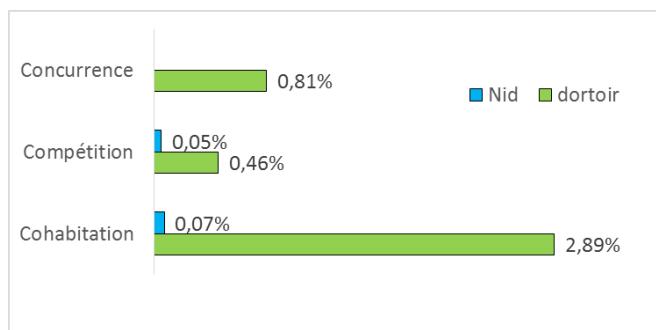


Figure 3 : Pourcentage de la fréquence de l'interaction des espèces au niveau du nid et du dortoir.

Discussion

Cette étude a permis de montrer les interactions interspécifiques du Martin triste à l'égard d'espèces autochtones de Madagascar, observations qui confirment les résultats obtenus ailleurs par Parsons et al. (2006) et Lowe et al. (2011). Cependant, cette étude ne fournit pas suffisamment d'informations qui permettraient de conclure que le Martin triste aurait un impact significatif sur la faune autochtone. L'interaction observée au niveau du nid et celle du dortoir se manifestait au niveau de l'utilisation de la ressource spatiale. Il est remarqué que la visite du nid par une espèce autochtone est de façon aléatoire car ceci dépend fortement du milieu et entourage de l'emplacement du nid. Un des nids suivis à Tsarasaotra était situé près de terres agricoles qui constituent un milieu favorable pour plusieurs espèces d'oiseaux dans un espace périurbain. Plusieurs espèces qui visitaient le nid du Martin triste ont été observées ; une espèce a même partagé le même toit que le martin triste pour y installer son nid. Par contre, les nids de Tsimbazaza qui se trouvent en pleine ville n'ont été visités que par *Columbia livia*. Malgré la réputation du Martin triste d'être une espèce envahissante et agressive (Haythorpe et al. 2012), cette étude a montré que l'espèce peut cohabiter avec d'autres espèces urbaines et périurbaines sur un même espace. Le comportement agressif est considéré comme une défense à l'égard d'espèces de grande taille, en réponse à la concurrence pour la ressource spatiale lorsque les sites de nidification du martin triste sont concernés. D'autres études ont montré que le succès de colonisation du Martin triste peut être en partie attribué aux stratégies comportementales adoptées lors de la compétition pour les ressources (Haythorpe et al. 2012). Par ailleurs, le comportement de vigilance observé chez les espèces autochtones pourrait être considéré comme une réponse au dérangement occasionné par la présence du Martin triste en réponse à la concurrence et la compétition pour la ressource spatiale dans les dortoirs. La croissance et l'expansion du Martin triste pourraient donc avoir un effet négatif pour les espèces autochtones, plus particulièrement au niveau du dortoir (Cant et al. 2006).

Remerciements

Nous remercions toute l'équipe du parc privé de Tsarasaotra et celle du Parc Zoologique et Botanique qui nous a permis de réaliser cette étude. Un spécial remerciement pour Monsieur Jules Félix Emmanuel Randriamiharoa et Madame Odile Hajanirina Rakotomalala, pour leurs aides durant la collecte des données et de toujours nous apporter leur aide et support.

Références

- Cant, M.A., Llop, J. B., Field, J. 2006. Individual variation in social aggression and the probability of inheritance: theory and a field test. *The American Naturalist*, 167(6): 837–852. <https://doi.org/10.1086/503445>
- Chace, J.F., Walsh, J.J. 2006. Urban effects on native avifauna: a review. *Landscape and urban planning*, 74(1): 46–69. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.08.007>
- Clavero, M., García-Berthou, E. 2005. Invasive species are a leading cause of animal extinctions. *Trends in Ecology and Evolution*, 20(3): pp.110–110. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2005.01.003>
- Decary, R. 1962. Sur des introductions imprudentes d'animaux aux Mascareignes et à Madagascar. *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle*, 5: 404–407.
- Di Santo, M., Battisti, C., Bologna, M.A. 2017. Interspecific interactions in nesting and feeding urban sites among introduced Monk Parakeet (*Myiopsitta monachus*) and syntopic bird species.

- Ethology Ecology & Evolution, 29(2): 138–148.
<http://dx.doi.org/10.1080/03949370.2015.1119761>
- Dodman T., Diagane H. C. 2003. Les dénombrements d’Oiseaux d’Eau en Afrique, 1999, 2000, 2001 et 2003. Impression Saint – Paul, Dakar, Sénégal. 367pp.
- Goodman, S. M., Hawkins, A. F. A. 2008. Les oiseaux. Dans Paysages Naturels et Biodiversité de Madagascar, S. M. Goodman (Ed.): 383–434. Muséum national d’Histoire naturelle, Paris.
- Haslem, A., Bennett, A.F. 2008. Countryside elements and the conservation of birds in agricultural environments. Agriculture, Ecosystems & Environment, 125(1): 191–203.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.01.001>
- Haythorpe, K.M., Sulikowski, D., Burke, D. 2012. Relative levels of food aggression displayed by Common Mynas when foraging with other bird species in suburbia. Emu, 112(2): 129–136.
<https://doi.org/10.1071/MU11046>
- Holzapfel, C.L.A.U.S., Levin, N.O.A.M., Hatzofe, O.H.A.D., Kark, S.A.L.I.T. 2006. Colonisation of the Middle East by the invasive Common Myna *Acridotheres tristis* L., with special reference to Israel. Sandgrouse, 28(1), p.44.
- Langrand, O. 1990. Guide to the Birds of Madagascar. Yale University Press, New Haven & London. 364 pp.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., De Poorter, M. 2000. 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database. The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), 12pp.
- Lowe, K.A., Taylor, C.E., Major, R.E. 2011. Do Common Mynas significantly compete with native birds in urban environments?. Journal of Ornithology, 152(4): 909–921.
- Mack, R.N., Simberloff, D., Mark Lonsdale, W., Evans, H., Clout, M., Bazzaz, F.A. 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. Ecological applications, 10(3): 689–710. [http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[0689:BICEGC\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[0689:BICEGC]2.0.CO;2)
- Milon, P. 1951. Sur la distribution du Martin à Madagascar. Le Naturaliste Malgache, 3: 67–73.
- O'Dea, N., Watson, J.E., Whittaker, R.J. 2004. Rapid assessment in conservation research: a critique of avifaunal assessment techniques illustrated by Ecuadorian and Madagascan case study data. Diversity and Distributions, 10(1): 55–63. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1472-4642.2004.00050.x>
- Orchan, Y., Chiron, F., Shwartz, A., Kark, S. 2013. The complex interaction network among multiple invasive bird species in a cavity-nesting community. Biological Invasions, 15(2): 429–445. <http://dx.doi.org/10.1007/s10530-012-0298-6>
- Parsons, H., Major, R.E., French, K. 2006. Species interactions and habitat associations of birds inhabiting urban areas of Sydney, Australia. Austral Ecology, 31(2): 217–227. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1442-9993.2006.01584.x>
- Raherilalao, M. J. & Goodman, S. M. 2011. Histoire naturelle des familles et sous-familles endémiques d’oiseaux de Madagascar, Association Vahatra. Antananarivo.
- Randriamiharoisa, L. O. & Rakotomanana, H. 2017 (In press). Analysis of wetland uses by Common Mynas (*Acridotheres tristis*) at urban environment of Antananarivo, Madagascar. Madagascar Conservation & Development.
- Sala, O.E., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemans, R. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. Science, 287(5459): 1770–1774. <http://dx.doi.org/10.1126/science.287.5459.1770>
- South, J.M., Pruett-Jones, S. 2000. Patterns of flock size, diet, and vigilance of naturalized Monk Parakeets in Hyde Park, Chicago. The Condor, 102(4): 848–854. [https://doi.org/10.1650/0010-5422\(2000\)102\[0848:POFSDA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1650/0010-5422(2000)102[0848:POFSDA]2.0.CO;2)
- Thomas A (2004) Myna Fightback. ABC Science 8 Apr 2004. www.abc.net.au/science/articles/2004/04/08/2044900.htm. Téléchargé le 4 juin 2017.
- Van Rensburg, B.J., Peacock, D.S., Robertson, M.P. 2009. Biotic homogenization and alien bird species along an urban gradient in South Africa. Landscape and Urban Planning, 92(3): 233–241. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.05.002>

8. Caractérisation écologique des habitats et régénération naturelle de *Leptolaena multiflora* (Sarcolaenaceae), espèce menacée au sein de l'exploitation minière d'Ambatovy , en vue de sa conservation

* **Théo Gloriat Mamisitraka DINAHARILALA**, * Nivohanintsoa RAMANAMPAMONJY née RAVONIARISON El,

*Laboratoire de Physiologie Végétale, unité : Régénération des Plantes et Micropropagation, Mention de Biologie et Ecologie Végétale, Domaine Sciences et Technologie, Université d'Antananarivo
Résumé

Leptolaena multiflora est une espèce endémique de Madagascar. Elle est classée comme espèce en danger (EN), selon les critères de l'IUCN par la perte de son habitat naturel et l'exploitation de son bois. Cette espèce a été inventoriée dans la forêt dense humide sempervirente du site d'exploitation minière d'Ambatovy. Elle est menacée par les activités de la mine. Afin de parvenir à sa conservation et d'assurer sa pérennité, l'étude écologique de ces habitats s'avère indispensable.

Pour avoir une bonne connaissance sur la régénération naturelle et la distribution spatiale de *Leptolaena multiflora*, des relevés mixtes surface-ligne de la végétation, une méthode de Quadrat Centré en un Point (QCP) et une étude pédologique, ont été entrepris.

La distribution de *Leptolaena multiflora* dans le site minier d'Ambatovy est conditionnée entre autres par les facteurs du milieu. Les pieds semenciers se trouvent en abondance dans les formations à situation topographique haut-versant, avec une altitude de 1120m et dans des forêts azonales d'arbres sclérophylles. C'est une formation particulière qui s'installe sur une croûte de cuirasse consolidée, caractérisée par une végétation arbustive dense et rabougrie, dont le sol a une texture sable limoneux. Le pH du sol est moyennement acide de pH= 5,9, le rapport C/N est trop fort atteignant 17,3 indiquant une vitesse de décomposition de matière organique assez faible. Les éléments échangeables y sont très pauvres. Selon l'échelle de Rhothe (1964), *Leptolaena multiflora* a une régénération moyenne, avec un taux de régénération de 182,7%.

Mots-clés : écologie, forêts azonales, *Leptolaena multiflora*, pédologie, régénération naturelle

Introduction

Madagascar est remarquable par sa biodiversité exceptionnelle et par son taux d'endémisme élevé. Il a été classé comme zone de mégadiversité (Myers et al., 2000). 12 000 espèces et 210 familles ont été inventoriées (Rakotozafy et al., 1987) dont 7 familles sont considérées comme totalement endémiques : Asteropeiaceae, Didymelaceae, Kaliphoraceae, Melanophyllaceae, Physenaceae, Sarcolaenaceae, et Sphaerosepalaceae (Schatz, 2001).

Toutefois, la diminution inexorable des surfaces forestières face à la forte croissance démographique menace gravement cette diversité biologique. La forêt disparaît à un rythme annuel de 200 000 à 400 000 ha (ONE, 1992) et l'homme est le principal responsable par ses activités agro-pastorales (tavy, feu de brousse) et par son exploitation forestière et minière (Brand et Zurbuchen, 1994).

Ayant constaté les problèmes qui pèsent sur la biodiversité de la forêt dense humide sempervirente d'Ambatovy, le projet minier a établi des programmes de gestion de la biodiversité, comme la création d'une zone de conservation et d'une zone de compensation, afin d'éviter toute perte nette. Par ailleurs, un programme de réhabilitation, de préservation et de micropropagation des espèces en danger y ont été mis en œuvre (Dickinson et Berner, 2010).

Leptolaena multiflora, appartient à la famille de Sarcolaenaceae, une de sept familles endémiques malgache (Schatz, 2001). Elle est inscrite dans la liste rouge de l'IUCN. Selon les critères de l'IUCN, *Leptolaena multiflora* est classée comme espèce en danger (EN). Elle est confrontée à un risque d'extinction à l'état sauvage, à court terme (Hong-Wa, 2003). Le bois est très employé pour la construction d'habitations et des traverses de chemin de fer, la production de charbon. D'un autre côté, *Leptolaena multiflora* est utilisée comme plante médicinale contre la jaunisse et l'anémie.

Face à ces problèmes d'extinction, des recherches devront être entreprises pour mettre au point des différentes stratégies de conservation des ressources génétiques de cette espèce. Les objectifs de notre recherche étaient d'analyser les exigences écologiques et d'étudier la régénération naturelle de *Leptolaena multiflora*, afin de parvenir à sa conservation.

Méthodes d'étude

Relevé mixte surface-ligne de végétation

a- Relevé linéaire

Le but de cette étude est d'obtenir le profil structural de la végétation.

Le profil structural est obtenu à partir de la méthode de GAUTIER 1994. Une chevillière de 50m est tendue horizontalement. A chaque mètre, un échenilloir gradué est dressé verticalement. La hauteur de contact entre le piquet et la partie vivante des végétaux est notée de manière précise jusqu'à 4m. Au-delà de cette valeur, les hauteurs de contact sont estimées. Cet échenilloir est déplacé tous les mètres le long de la chevillière. Pour chaque contact, les hauteurs de contact sont relevées.

b- Relevé en surface

Cette méthode complète la précédente en fournissant une série de paramètres structuraux souvent utilisés en foresterie. Ce sont la distribution des individus, la densité du peuplement et la régénération naturelle (ROTHE, 1964).

Une parcelle de 0,1 ha, centrée sur la ligne médiane de chaque relevé linéaire est montée (Braun Blanquet, 1964). Elle est matérialisée par des flagues plantés aux angles de carrés juxtaposés de 10 m de côté placés de part et d'autre de la ligne de relevé linéaire. A l'intérieur de chaque quadrat ainsi formé, tous les individus de *Leptolaena multiflora* ont été recensés, dont le diamètre à la hauteur de poitrine (DHP), la hauteur maximale, la hauteur fût sont mesurés et notés.

Etude de la flore associée

La détermination de la flore associée permet de connaître les espèces végétales qui vivent en association avec l'espèce cible. Les espèces végétales associées à l'espèce étudiée sont une bonne indicatrice de l'habitat de l'espèce.

Les quadrats ont pour centre un pied de *Leptolaena multiflora* semencier ($DHP \geq 3,5\text{cm}$). Deux lignes perpendiculaires passant par l'espèce cible divisent la zone d'étude en quatre quadrants. Les troncs d'arbre associés à l'espèce cible ayant un DHP supérieur ou égal à 10cm dans chaque quadrant sont mesurés. Noter la distance par rapport à la cible.

Etude pédologique

Cette étude a pour objectif de décrire la nature du substrat sur lequel *Leptolaena multiflora* s'implante.

Pour être statistiquement représentatif et pour la fiabilité des résultats, cinq prélèvements de sol par parcelle (0,1 ha) ont été effectués. Les cinq prélèvements récoltés à une profondeur située entre 0 et 20cm (sol rhizosphérique) sont mélangés ensemble le plus uniformément possible. Ensuite, 700g du mélange ont été prise comme échantillon.

Résultats

Physionomie de la végétation

L'habitat de *Leptolaena multiflora* présente une formation plus ou moins intacte avec une voûte forestière discontinue. La hauteur des arbres ne dépasse pas 12m (Figure 1).

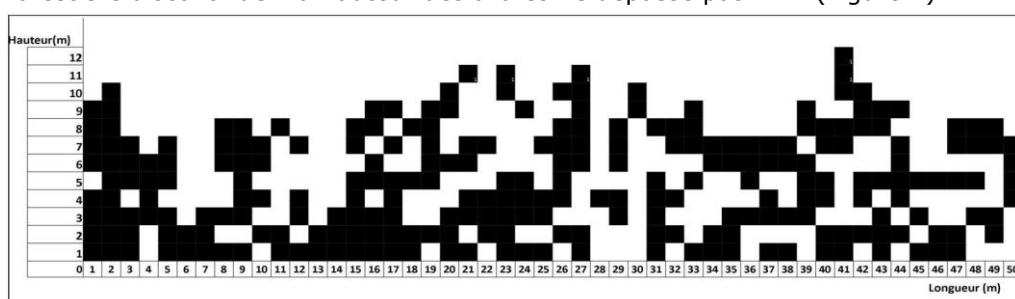


Figure 1 : Profil structural de l'habitat de *Leptolaena multiflora*

Densité et régénération naturelle

La figure 2 résume la densité et le taux de régénération de *Leptolaena multiflora* dans les différentes stations topographique. La densité et le taux de régénération varient selon la station topographique. *Leptolaena multiflora* a une densité très élevée (197ind/ha) et une régénération moyenne (182.3%) dans le haut-versant.

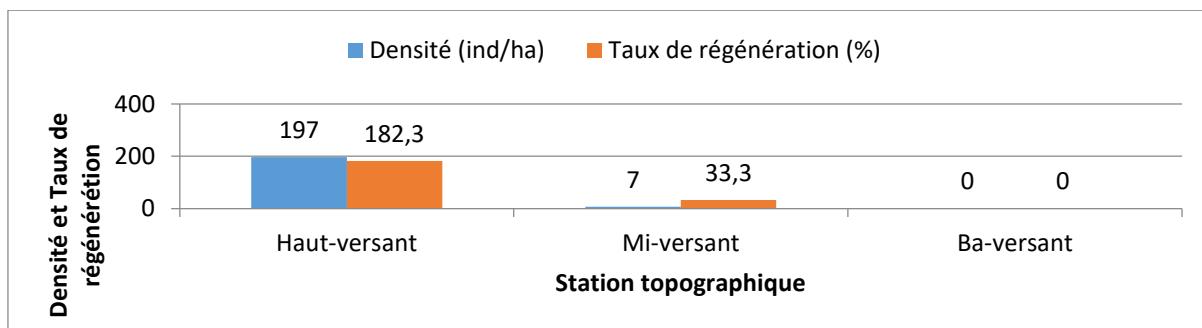


Figure 2: Densité et taux de régénération naturelle de *Leptolaena multiflora* suivant la situation topographique

Espèces associées

Les espèces *Croton trichotomus*, *Asteropeia micraster*, *Brachylaena merana*, *Tina striata*, *Schefflera repanda*, *Uapaca bojeri*, *Sarcolaena grandiflora* et *Micronychia tarantana* figurent parmi les espèces les plus associées à la cible car leurs fréquences d'association sont supérieures à 5% (Tableau 1).

Tableau 1 : Liste des espèces associées au *Leptolaena multiflora*

Taxa	Nom vernaculaire	Fréquences (%)
<i>Croton trichotomus</i>	Fotsiavadika	6,6
<i>Asteropeia micraster</i>	Manoka	15,4
<i>Brachylaena merana</i>	Merampamelona	5,1
<i>Tina striata</i>	Ramainday	5,1
<i>Schefflera repanda</i>	Voantsilana	6,6
<i>Uapaca bojeri</i>	Voapaka	20,6
<i>Sarcolaena grandiflora</i>	Vondrozana	5,9
<i>Micronychia tarantana</i>	Voretra	5,1

Pédologie de l'habitat

Leptolaena multiflora s'implante sur une croûte de cuirasse ferrallitique dont le sol est caractérisé par un pH moyennement acide (pH= 5,9), une vitesse de minéralisation des matières organiques (C/N=5.9) et un Capacité d'Echange Cationique faible. La granulométrie est sable limoneux.

Conclusion

La présente étude a été axée sur l'habitat et la régénération naturelle de *Leptolaena multiflora* dans le site d'exploitation minière d'Ambatovy. Il s'agit d'étudier l'écologie, de déterminer la densité et le taux de régénération naturelle de *Leptolaena multiflora*.

Au terme de nos travaux, il ressort que *Leptolaena multiflora* est abondante dans une formation de type azonale, qui s'installe sur une croûte de cuirasse ferrallitique de haut-versant.

Références bibliographiques

- Brand, J. et Zurbuchen, J., 1994. La déforestation et le changement du couvert végétal. Cahiers Terre-Tany, 6 : 59 – 67.
- Braun blanquet, J., 1964. La phytosociologie. Spunnger, Vienne, 3^{ème} édition. 865 pp.
- Brower, E.J., Zar, H.J. et Von Ende, C.N. 1990. Fields and laboratory Methods for General
- Dickinson, S., Berner, 2010. Ambatovy project: Mining in a challenging biodiversity, exploration, and conservation of the natural habitats associated
- Ecology. Wm. C. Brown Publishers. Dubuque. 3e édition, 288p.
- Gautier, L., Chatelain, C. et Spichiger. R. 1994. Présentation of a relevé method for vegetation studies based on high-resolution satellite imagery. 1339-1350.
- Hong-Wa, C., 2003. Description, distribution, écologie, utilisation et risques d'extinction des espèces du genre *Leptolaena* Thouars *sensu stricto* (Sarcolaenaceae, famille endémique malgache). Mém. DEA en Ecologie Végétale, Département de Biologie et Ecologie Végétales, Univ. Antananarivo. 60p.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A. R. et Kent, J., 2000. Biodiversity hotspots for Conservation priorities. Nature, 403 : 853 – 858.
- ONE (Office National pour l'Environnement), 1992. Rapport national sur l'environnement et le développement. ONE, Antananarivo.

- Rakotozafy , A., Dorr, L. et Gentry, A., 1987. Conservation des plantes à Madagascar et importance internationale de la flore malgache. In Priorités en matière de conservation des espèces à Madagascar, document occasionnel de la Commission de la Sauvegarde des Espèces de l'IUCN : 127 – 130.
- Rothe, P. L., 1964. Régénération naturelle en forêt tropicale. Le *Dipterocarpus drey* (Dau) sur le versant Cambridgien du golfe de Siam. Bois et forêt de tropiques, Madagascar.
- Rollet, B., 1983. La régénération naturelle dans les trouées. Un processus général de la dynamique des forêts tropicales humides. Bois et forêt des tropiques 202 : 19 – 34.
- Rothe, P.L., 1964. Régénération naturelle en forêt tropicale: le *Dipterocarpus dyeri* (Dau) sur le versant cambodgien du Golf du Siam. Bois et forêt de tropiques, 8: 386-397.
- Schatz, G. E., 2001. Generic Tree Flora of Madagascar. Royal Botanic Garden et Missouri Botanical Garden.
- IUCN, 2001. Catégories de l'IUCN pour les Listes Rouges. IUCN, Gland. 31p.

9. Survie de l'espèce *Lemur catta* dans la mangrove, Cas de l'aire protégée tsinjoriake, sud-ouest de Madagascar

YOUSSOUF JACKY I.A., RASAOVOLOOLONJANA HARY M.F.H.

Département des Sciences Biologiques. Université de Toliara.

Mots-clés: Aire protégée, *Lemur catta*, mangrove, Tsinjoriake, survie

CONTEXTE

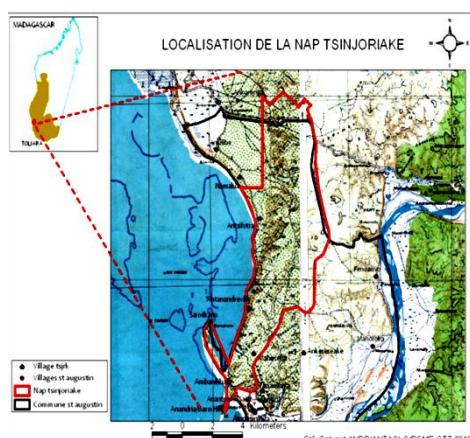
Ayant une superficie de 5.990 ha, l'Aire Protégée Tsinjoriake se trouve juste à 16km au Sud de la ville de Toliara, Chef-lieu de la Région Sud-Ouest de Madagascar (fig :1). Elle s'étend du nord au sud, de la colline d'Andatabo jusqu'au village de Saint Augustin (RAHARINIRINA, 2009). Le climat y est sec et la végétation, dont le fourré épineux, la forêt galerie et la mangrove, présente des plantes et espèces animales particulières ayant une adaptation biologique à l'aridité de la région.

Parmi la richesse faunistique et floristique adaptée aux conditions climatique sévères et aux aléas cycloniques caractéristique de l'Aire Protégée Tsinjoriake, *Lemur catta* utilise en même temps les forêts sèches et la mangrove [Scott et autres 2008], ce qui est un phénomène rare pour les lémuriens diurne. D'où le choix de la présente recherche qui a pour objectif principal de préserver l'espèce avec son habitat et explorer la richesse biologique du plateau calcaire Mahafaly.

OBJECTIFS SPECIFIQUES DE LA RECHERCHE

Elle vise 4 objectifs spécifiques dont : (1) l'inventaire et la détermination de la structure des groupes de *Lemur catta* dans la zone ; (2) la délimitation de leur territoire et l'identification de l'habitat occupé par les groupes cibles ; (3) l'inventaire des plantes nourritures et l'étude de la disponibilité de celles-ci ; et enfin (4) l'évaluation des pressions et menaces qui pèsent sur l'espèce.

Figure 1 : Carte et localisation de l'Aire Protégée Tsinjoriake.



METHODOLOGIE

Le suivi des lémuriens a été réalisé par des comptages directes, à travers deux approches méthodologiques dont : (1) le scanning et (2) le focal sampling. Une fois, la structure des groupes cibles, identifiée à travers la deuxième méthode, trois individus sont observés chaque jour pour l'observation quantitative et qualitative des nourritures.

Les caractéristiques des habitats sont déterminées à partir des inventaires floristiques dans des

placettes de 20X50m et des mensurations du diamètre (DHP) et de la hauteur des plantes (+ 5cm de DHP).

Des interviews auprès de personnes ressources ont été entamées, en adoptant la Méthode Accélérée de Recherche Participative (MARP), pour avoir les informations sur les pressions et menaces sur *Lemur catta*.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Effectif et structure des groupes de *Lemur catta*

Durant les inventaires, 04 groupes de *Lemur catta*, composés de 2 à 5 individus seulement ont été observés dans les sites. Sur la totalité des individus recensés (14), 6 sont adultes (3 ans et plus) et 08 jeunes (1-3 ans moins), dont 7 femelles et 7 mâles. Ces chiffres sont au-dessous de la normale car l'espèce vit habituellement en groupe multimâle ou multifémelle, d'environ 11 à 17 animaux (SUSSMAN, 1991; SAUTHERS, 1993).

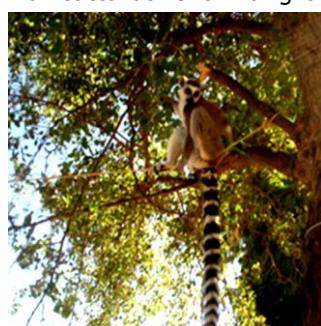
Tableau 1 : Répartition des individus *Lemur catta* par groupe, sexe et âge dans les 4 sites d'observation.

Localités	Groupe	Effectif	Sexe		Ages		
			mâle	femelle	Petit	Jeune (1-3 ans)	Adulte (+3ans)
Mangrove et Forêt galerie	1	2	1	1	0	0	2
Forêt sèche d'Antsifotse	2	3	1	2	0	1	2
Grotte Binakely	3	4	2	2	0	4	0
Grotte Binabe	4	5	3	2	0	3	2
Total		14	7	7	0	8	6

Territoires et habitat occupé par *Lemur catta*

Dans l'Aire Protégée Tsinjoriaké, l'espèce *Lemur catta* occupe différents endroits dont la mangrove, le fourré épineux et la grotte. Ces lieux présentent diverses compositions floristiques et structure de la couverture végétale. Le fourré épineux est composé des plantes ayant une crassulescence (*Kalanchoe grandidieri*), une microphyllie (*Bauhinia grandidieri*), une caducifolie (*Gyrocarpus americanus* et *Grewia microcarpa*), une pachycaulie (*Adansonia rubrostipa* et *Cyphostema laza parvifolia*), une aphyllie (*Euphorbia tirucallii*), et une spinescence (*Mimosa volubilis*). Quelques espèces résistantes au feu comme *Mimosa sp.*, *Poupartia caffra* et *Dicraeopetalum mahafaliense* y sont notées. Pourtant, la végétation présente une dominance en espèce de la famille d'Euphorbiaceae et de Burseraceae. La mangrove s'étale sur les atterrissages intertidaux marins ou fluviaux, périodiquement submergées par la marée saline. Elle est composée de 05 espèces de palétuvier parmi les 11 rencontrées à Madagascar dont *Rhizophora mucronata*, *Sonneratia alba*, *Avicenia marina*, *Ceriops tagal* et *Bruiguera gymnorhiza*.

Figure 2 : *Lemur catta* dans la mangrove Antsifotse.

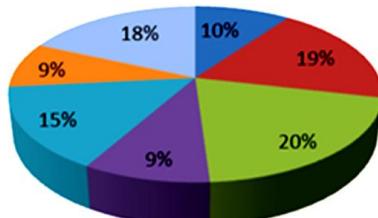


Plantes nourritures et l'étude de la disponibilité de ressource alimentaire

Dans la région, 20% des activités journalières de *Lemur catta* (fig : 3) sont allouées à l'alimentation. L'espèce se nourrit principalement des produits végétaux : feuilles, tiges, fleurs et graines. Au Total, 36 espèces issues de 24 familles des plantes sont inventoriées être consommées par les *Lemur catta* dans l'Aire Protégée Tsinjoriaké dont l'espèce *Tamarindus indica* (Kily) et le *Ficus marmorata* (Nonoky) sont leurs repas préférés.

Figure 3 : Activités journalière de *Lemur catta*

■ Bain de soleil ■ Déplacement ■ Alimentation ■ Jouer
 ■ Repos ■ Toilette ■ Fuite



Pressions et menaces qui pèsent sur l'espèce.

Dans la région, les lémuriens sont chassés par d'autres espèces animales carnivores (*Fossa* et *felis sp*), en plus des rapaces. Ils sont aussi victimes des actions anthropiques des villageois environnants (pêcheur, éleveur et agriculteur) par : la collecte des produits forestiers, la chasse et le coupe des arbres pour le charbon, surtout au période de soudure.

CONCLUSION

Comparer aux inventaires effectués dans la région en 2008, aux autres aires de conservation du Sud-Ouest de Madagascar (Bezà Mahafaly, Tsimanampetsotse), l'effectif de *Lemur catta* dans l'Aire Protégée Tsingoriaké présente une grande baisse, avec 14 individus au total. Pourtant, l'espèce utilise un vaste territoire avec différents types d'habitat (Mangrove, fourrée épineuse et grotte), dans lesquels elle exploite 24 familles de plantes pour source alimentaire. Malgré tout, l'espèce est victime des menaces écologiques (climat aride, prédateurs et autres espèces compétitrices) d'un côté et des pressions anthropiques (collecte et chasse) de l'autre. Leur survie est critique dans la Région.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- RAHARINIRINA N., 2009. *Contribution à élaboration de modèles de restauration de la formation végétale de l'Aire Protégée Communautaire: Andatabo- Saint Augustin*. Mémoire de DEA en Biodiversité et Environnement, Faculté des Sciences, Université de Toliara, 98p.
- SAUTHER M., 1993. *Resource competition in wild populations of ringtailed lemurs (Lemur catta): implications for female dominance*, 135–152p in *Lemur social systems and their ecological basis* (P. M. Kappeler and J. U. Ganzhorn). Plenum Press, New York.
- SUSSMAN R., 1991. *Demography and social organization of freeranging Lemur catta in the Beza Mahafaly Reserve, Madagascar*. American Journal of Physical Anthropology 84:43–58.

10. Etude de modélisation numérique es qualité des ressources en eau de deux communes de la région du Vakinankaratra : Ambohibary Sambaina et Antsirabe I

RAMBOAZANAKA M. ; Randrianja R. ; Andriamboavonjy M.R.

EAD Géosciences, Matériaux Minéraux et Organiques et Gemmes
 Ecole Doctorale Ingénierie et Géosciences,

Résumé

Cette étude fait état de l'importance des ressources en eau, des contraintes qui pèsent sur elles et de la nécessité de concevoir des méthodologies pour connaître les milieux aquifères, en termes de qualité, de réserve et de contraintes hydrogéologiques, en particulier la contamination et la pollution. L'objectif consiste à effectuer la modélisation numérique d'un bassin hydrogéologique de l'aquifère et l'analyse de l'aspect sur les contaminations hydrogéologiques dans les communes de Ambohibary Sambaina et Antsirabe I.

L'étude hydrologique de la commune d'Ambohibary Sambaina laisse apparaître une forte potentialité hydrologique, avec des bilans hydriques excédentaires dans la zone d'étude. Des levés géophysiques dans la commune d'Antsirabe I ont permis de constater qu'il y a une extension des polluants selon la valeur de la résistivité et les coupes géoélectriques de chargeabilité. Une cartographie a permis de

classer et de représenter le secteur pollué et non pollué selon la conductivité électrique (minéralisation), la turbidité, les teneurs en Fe, NO₃, NO₂, sulfate. Des outils numériques importants pour la gestion intégrée de la ressource en eau.

Mots-clés : ressource en eau, pollution, hydrogéologique, hydrochimique, géoélectrique, gestion durable.

Introduction

L'eau constitue une ressource vitale pour l'homme, les productions agricoles et les écosystèmes. Mais depuis quarante ans, les observations alertent sur sa pérennité face à des usages multiples (alimentation, énergie, agriculture, industrie,...), qui pourrait être exacerbée par de grands changements globaux : croissance démographique, changement climatique, urbanisation, etc. La connaissance des milieux aquifères permet de connaître l'importance des ressources en eau, et des contaminations hydrogéologiques. Cette étude consiste à concevoir un outil numérique de gestion durable de la ressource en eau d'un réservoir volcanique et à caractériser les qualités des ressources en eau aux contaminations émanant des activités anthropiques dans les communes d'Ambohibary Sambaina et d'Antsirabe I.

Monographie générale du Vakinankaratra

La zone d'étude, les Communes d'Ambohibary Sambaina et Antsirabe I, est localisée à environ 160 km au Sud d'Antananarivo (Figure 1) dans la Région de Vakinankaratra. La Commune rurale d'Ambohibary dans le district d'Antsirabe II sur la RN 7 s'étend entre 47°07' de longitude Est et à 19°47' de latitude Sud. La commune de Antsirabe I est située à une altitude moyenne de 1 540 m. C'est la Commune la plus vaste et la plus développée du Vakinankaratra (CCCM, 2006)

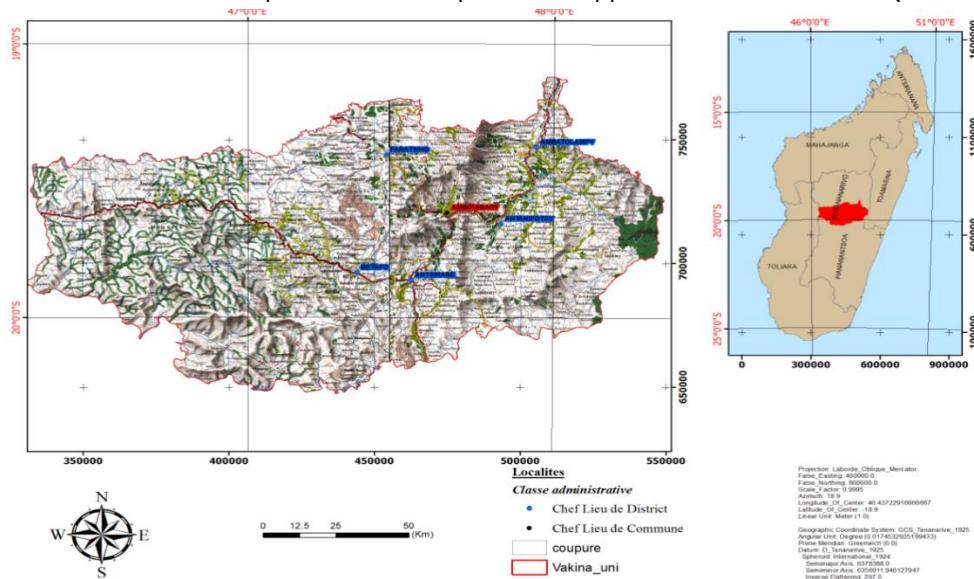


Figure 1 : Localisation et carte topographique de la zone

Le relief de cette région se distingue par une altitude plus élevée et elle est dominée par des sols volcaniques comprenant plusieurs bassins aménagés dont Ambohibary Sambaina. D'importantes coulées de basaltes et d'Ankaratrites occupent presque toute la superficie de la zone. Les sédiments lacustres qui bordent la cuvette d'Ambohibary sont intercalés dans la série volcanique, des sédiments anciens pliocènes et des sédiments pléistocènes dont l'épaisseur totale a dû dépasser 200 m (RABEARISOA H, 2009). L'érosion en a enlevé la plus grande partie.

La Région de Vakinankaratra fait partie du régime climatique tropical d'altitude supérieure à 900 m (Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche, 2003). Elle est caractérisée par une température moyenne annuelle inférieure ou égale à 20°C et la moyenne des pluies annuelles serait à titre indicatif, de 1 505,9 mm en 109 jours. Le réseau hydrographique y semble dense et assez hiérarchisé (RAKOTONDRAIBE M. , 2010). En matière de pédologie, la Région est marquée par la dominance des sols ferrallitiques et des sols alluvionnaires.

Méthodologie

L'étude du bassin versant d'Ambohibary Sambaina et l'étude hydrochimique de la Commune d'Antsirabe I permettent d'obtenir des modèles numériques et cartographiques, lesquels pourront faciliter le suivi de la ressource en eau et son approvisionnement. Après une étude préalable de la

monographie de la zone, différentes approches ont été adoptées pour l'élaboration de ces modèles numériques :

- hydroclimatiques basées sur les bilans hydrique et hydrogéologique permettant de définir les ressources en eau ;
- hydrogéologiques permettant d'identifier les roches aquifères, la structure et le fonctionnement du système aquifère. Le SIG a été utilisé pour les études cartographiques géologiques et morpho-tectonique des points d'eau de la zone d'étude ;
- Prospection géophysique électrique basée sur la résistivité des terrains pour caractériser les variations de certains paramètres physiques des terrains du sous-sol, afin d'obtenir des informations géologiques sur leur nature et leurs propriétés ;
- hydrochimique permettant de connaître les données physico-chimiques de l'eau et de détecter les traces de la pollution ou de contamination des eaux souterraines. Le logiciel Aquachem a été utilisé pour la modélisation de faciès et pour décrire le type d'eau dans la région d'Antsirabe I et ses arrondissements;

Le calcul des eaux infiltrées se base sur la formule de N.A.Plotnikov et le bilan hydrologique de Thorntwaite, qui intègre le coefficient de ruissellement variant avec la couverture végétale.

$$Q = 1000 * I * S \text{ [m}^3/\text{mois]}$$

Q : quantité d'eau infiltrées dans la nappe par mois, en m³ ;

I : précipitation infiltrée pour un mois, en mm ;

S : surface de la région d'alimentation en km².

Résultats et discussions

- Elaboration d'un modèle numérique pour l'estimation des réserves en eau : cas du bassin versant d'Ambohibary Sambaina

Le réseau de drainage de la plaine d'Ambohibary est constitué de plusieurs sous-réseaux de drains et de rivières enverguant vers un exutoire commun à l'aval : la rivière d'Ilempona. L'estimation des réserves en eau étant basée sur les données hydro-climatiques et les caractéristiques des bassins versants (RAMANANTSIALONINA A.S., 2007).

A partir de l'observation des cours d'eau existants, trois bassins versants ont été répertoriés, à savoir les bassins d'Ilempona, Amboropotsy et Trimoanala. La détermination des caractéristiques de ces bassins nous a permis d'estimer à partir de l'eau précipitée la quantité d'eau infiltrée, celle qui ruisselle et celle qui s'évapore.

L'estimation des débits des eaux de surface a été obtenue par la moyenne des résultats obtenus par la méthode CTGREF en appliquant les coefficients de répartition d'ALDEGHERI sur les apports quinquennaux annuels des rivières et sur les apports moyens mensuels, et les résultats obtenus par la méthode des Stations de Référence basée sur le prélèvement du débit spécifique de la rivière la plus proche du site. L'apport garanti par l'eau de surface dans la Commune est donc estimé à 2 441 335 234,16 m³/an

L'estimation des débits de ressources en eau souterraine souterraines dans la Commune est effectuée par la formule de N.A.PLOTNIKOV qui détermine la quantité de précipitations infiltrées dans la nappe. Cette quantité de pluies infiltrées s'obtient par le bilan hydrologique de THORNTWAITE des bassins versants hydrogéologiques de la Commune et est estimée à 1 079 577 824, 02 m³/an.

Tableau 1: Quantité de précipitations infiltrées dans la nappe

Bassin versant	Longueur (km)	Largeur(Km)	Apports souterraines (m ³ /an)
Ilempona	42,5067808	3,2391887	349 035 691,64
Amboropotsy	40,9720678	3,05099454	307 316 768,26
Trimanoala	25,8978016	3,15725076	423 225 364,12
TOTAL			1 079 577 824,02

La Commune d'Ambohibary Sambaina dispose donc d'une forte potentialité hydrologique selon l'étude des apports et présente des bilans hydriques excédentaires.

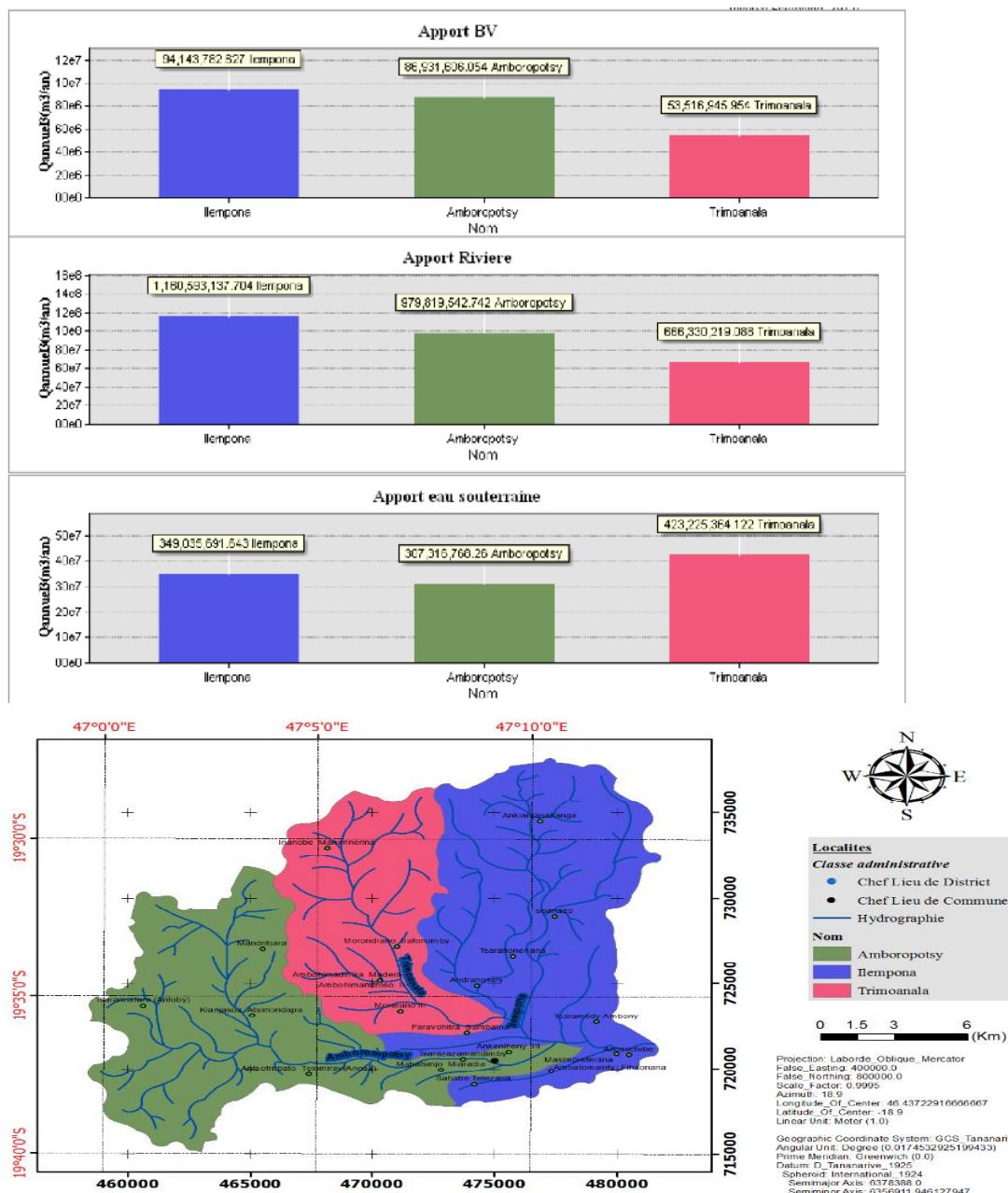


Figure 2 : Apports totaux des SBV, rivières et souterraines en m^3/an

- Modélisation numérique par AQUACHEM de la qualité des ressources en eau dans la Commune d'Antsirabe I

Des levés géophysiques dans la commune d'Antsirabe I ont permis de constater qu'il y a une extension des polluants surtout dans les zones qui sont à proximité des usines industrielles selon la valeur de la résistivité et les coupes géoélectriques de chargeabilité. La contamination du sous-sol est avancée au voisinage immédiat des canaux d'évacuation. Elle se répande latéralement mais aussi en profondeur.

L'utilisation du logiciel AquaChem et du SIG (ArcGis) a permis de représenter chaque échantillon d'eau sur les diagrammes de Piper et de Schoëller et de cartographier la plaine afin de tirer des conclusions sur la qualité physico-chimique des eaux. Ces diagrammes ont permis de reconnaître le faciès, de voir l'évolution de l'eau passant d'un faciès à un autre, l'origine et le degré de minéralisation de l'eau souterraine de la zone d'étude.

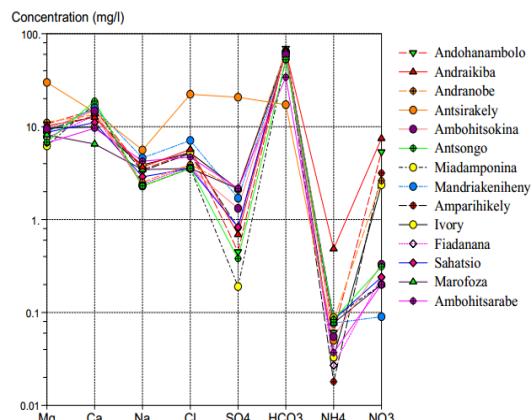


Figure 3 : Diagramme de Schoëller des échantillons

La comparaison des différents types chimiques des échantillons (degré de minéralisation) et le classement ou groupement des faciès des eaux ont permis de distinguer le facies bicarbonaté calcique et magnésien (dominant dans la zone) et le facies chloruré/magnésien (très peu représenté).

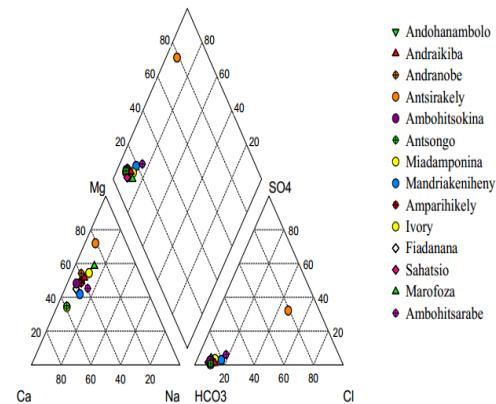


Figure 4 : Diagramme de Piper de tous les échantillons

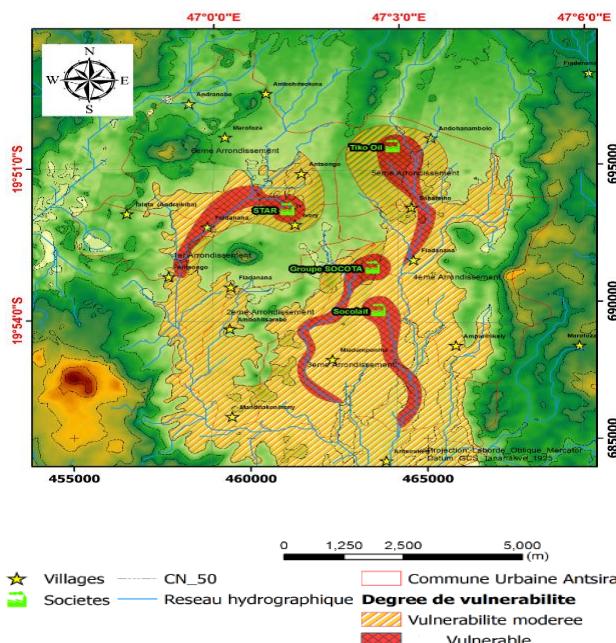


Figure 5 : Carte de vulnérabilité à la pollution de la ville d'Antsirabe I

Une cartographie a permis de classer et de représenter le secteur pollué et non pollué selon la conductivité électrique (minéralisation), la turbidité, les teneurs en Fe, NO₃, NO₂, sulfate. Les éléments chimiques qui polluent certains points d'eau de la ville sont le HCO₃ et le nitrate.

Conclusion et perspectives

Ce travail consiste à confirmer et à mettre en œuvre une méthodologie de caractérisation par la combinaison de l'hydrochimie, la géologie et la géomorphologie pour la connaissance des milieux aquifères de certaines zones de la région de Vakinankaratra. Ainsi la conception de méthodologies permettant d'améliorer les connaissances sur le fonctionnement hydrogéologique et l'approvisionnement des ressources en eau des systèmes volcaniques d'une part et de caractériser ses qualités aux contaminations émanant des activités anthropiques, et en corollaire, à aider les gestionnaires à prendre les mesures de protection adéquates.

Différentes améliorations du modèle sont envisageables pour affiner le modèle et d'en améliorer la représentativité à l'échelle locale pour préciser les estimations effectuées : le calage du module de bilan hydrique en surface pourrait être amélioré, pris en compte de la fluctuation des cotes en rivière, qui influe les échanges entre les aquifères et les cours d'eau et des calculs d'incertitudes. Faire une étude de potabilité et normalité des eaux de la zone d'étude en considérant les paramètres microbiologiques et chimiques comme les teneurs en minéraux lourds (Plomb, Chrome,...). Et enfin, les résultats peuvent impulser les gestionnaires à de nouvelles politiques novatrices pour protéger les réserves aquifères et, pour le développement durable.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLER L., et al. (1987): DRASTIC: A standardized system for evaluating groundwater pollution using hydrological settings. Prepared by the National water Well Association for the USEPA Office of Research and Development, Ada, USA, p38-57.
- ANDRIAMANAMPISOANILAINA M. (2011): Etude de l'évolution de la vulnérabilité de la plaine d'Antsirabe aux effets de la pollution industrielle, Mémoire Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA), ESPA, Département Mines, Université d'Antananarivo, 128p.
- AVERLANT S. et al (2006): Rapport d'environnement juin 2006, Ouvrir un robinet, un geste simple..., quels systèmes derrière? Quelles évolutions futures? Ecole Nationale Supérieure des Mines Saint-Étienne (2006), 46p.
- BEMOUSSA A. (2012): Impact de l'activité agricole sur la qualité des eaux souterraines à travers le sous bassin de la Tafna, Mémoire de Magister, Université Abou Dekr Belkaid, Faculté de Technologie, 156p.
- BONTOUX J. (1993): Introduction à l'étude des eaux douces. Eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. Qualité & Santé. 2ème édition. Editions CEBEDOC, 169 p.
- CASTANY G. (1982): Hydrogéologie, Principes et méthodes, Dunod, Paris, 236p.
- CCCM (Cabinet Conseil et Consulting de Madagascar) (2006): Plan communal de développement de la Commune d'Antsirabe, 76p.
- GUIGUES J. (1952): Etudes géologique des feuilles Antsirabe-Ambatolampy, 111p.
- JEAN HERIVELO R. (2005): Les 8 zones hydrogéologiques et les principales nappes aquifères de Madagascar, 20p.
- LECOMTE P. (1998): Traitement des sols et des eaux souterraines contaminés, TEC et DOC-Lavoisier, 2ème édition, 204 p.
- LOKE, M. H., BARKER, R. D. (1996): Rapid least squares inversion of apparent resistivity pseudosection by a quasi-Newton method. Geophysical prospecting.
- MATEI D. ET PASCU R. (1974): Pollution et protection de l'atmosphère, édition Eyrolles Paris, 208p.
- Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche. (2003): UPDR (Unité de Politique de Développement Rural) : Monographie de la Région Vakinankaratra, 106p
- MOHAMED O.S.O.K. (2004): Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie et étude en laboratoire du comportement de deux pesticides. Mémoire pour obtenir de grade de Docteur de l'Université des Limoges, 128p.
- MORETTE A. (1964): Précis d'Hydrologie, Librairie de l'Académie de Médecine 120, Boulevard Saint-Germain, Paris-VIè, 519p.
- PROJET CORUS (2007): Rapport final sur la Prospection électrique et électromagnétique appliquées aux problèmes de pollution des ressources en eaux potables posés par les déchets industriels et ménagers dans la ville d'Antananarivo et de ses environs, 106p.
- RABEARISOA H. (2009) : Etude de la vulnérabilité de la plaine d'Antsirabe aux effets de la pollution industrielle, Mémoire Diplômé d'Etudes Approfondies (DEA), ESPA, Spécialité Génie minéral, Université d'Antananarivo, 90p.

- RAKOTONDRAFABE F. (2007): Etude de la vulnérabilité des ressources en eau aux changements climatiques, modélisation par logiciel WEAP 21: cas du bassin versant de Morondava, Sud-ouest de Madagascar, Mémoire Diplômé d'Etudes Approfondies (DEA), ESPA, Spécialité Génie minéral, Univ. d'Antananarivo, 84p.
- RAKOTONDRAFABE M. (2010): Apport de l'hydrochimie dans l'étude de vulnérabilité des ressources en eau de la plaine d'Antananarivo, Mémoire Diplôme de Maîtrise en Science et Techniques en géophysique appliquée, Option eau et environnement, Université d'Antananarivo, 88p.
- RAMANTSIALONINA A. S.(2007): Etude de la vulnérabilité des zones dans les bassins versants de l'Alaotra face aux aléas, Mémoire Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA), IOGA, Spécialité géophysique, Université d'Antananarivo, 96p.
- RANDRIANATOANDRO T. L. (2007): Incidences des effluents industrielles textiles sur la riziculture dans les plaines de Betsimitatatra, Mémoire Diplôme Doctorat en chimie, Spécialité chimie de l'environnement, Université d'Antananarivo, 127p.
- RANDRIANILAINA H. (2009): Modélisation des données hydrochimiques de la Région Menabe avec AquaChem, Mémoire Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA), ESPA, Département Mines, Université d'Antananarivo, 187p.
- RAZAFINDRAKOTO Boni. (2004): Imagerie et modélisations géophysiques et hydrochimique du sous-sol de la Région du Menabe : application à la recherche Hydrogéologique, Mémoire Diplôme Doctorat en Géophysique, IOGA, Université d'Antananarivo, 382p.
- RAZAFITSIFERANA T. (2007): Analyse physico-chimique de l'eau du lac Ampombolava de Nosy-Be, Mémoire Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA), Spécialité chimie minérale Université d'Antananarivo, 64p.
- République Française, Ministère de la Coopération (2002): Mémento de l'agronomie, Edition Quae, 1691p.
- SOVANO V. G. (2002): Contribution au traitement des eaux usées de la ville d'Antsirabe. Mémoire d'Ingénierat, ESPA, Spécialité Génie Chimique, Université d'Antananarivo, 85p.
- VOARISOA (1996): Les risques pollutions industrielles et les outils de mise en œuvre pour atténuer ses conséquences sur l'environnement, 73p.
- Wateraid à Madagascar (2004): Politique de la qualité de l'eau à Madagascar, 22p.
- YATRABI A, et NEJMEDDINE A.: Fractionnement et mobilité des métaux lourds dans un sol en amont des eaux usées de tanneries, Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 13, n° 3, 2000, p. 203-212.
- ZEBROWSKI-CI. RATSIMBAZAFY (1976): Notice explicative N°83, Feuille d'Antsirabe N°49, Carte pédologique de Madagascar, à 1/100000, 104p.

DEUXIEME PARTIE : GESTION DURABLE DE LA BIODIVERSITE

11. Stratégie et plan d'action nationaux pour la biodiversité 2015-2016

Rabarison R. H., Randriamahaleo S. I., Andriambelo F. M., Randrianasolo H. L., 2016. *Ministère de l'Environnement, de l'Ecologie et des Forêt*

CONTEXTE

Madagascar abrite environ 5 % de la biodiversité mondiale avec une forte endémicité. L'économie du pays en général, repose sur les espèces faunistiques et floristiques qui constituent les matières premières pour ses activités de production.

Les fonctions écologiques et les services des écosystèmes, qui garantissent le bien-être et le développement socio-économique de la population humaine, sont menacés par la déforestation, la dégradation des habitats naturels, les érosions terrestres et côtières, la diminution accélérée des ressources naturelles et la disparition de certaines espèces endémiques.

Concernant la faune, celle-ci a toujours été menacée par la combinaison des pressions humaines, le changement climatique, la dégradation et la conversion des forêts en terres agricoles, la chasse illégale et le trafic international. En outre, le nombre des mammifères, oiseaux, reptiles, amphibiens et poissons a diminué considérablement, il en est de même pour les lémuriens.

Les causes et conséquences de la perte en biodiversité sont multiples, et dans la plupart des cas, elles sont liées à des activités de développement ayant impacts négatifs sur la biodiversité, telles que: l'agriculture sur brûlis, les pressions de pâturage, la collecte de bois d'énergie et charbon, les exploitations minières et autres exploitations illégales et/ou abusives des ressources naturelles. La protection des habitats des ressources halieutiques et marines connaît également des difficultés liées à la disponibilité et l'application de textes réglementant les activités autour de ce secteur.

L'impact du changement climatique, tel que le blanchiment des coraux, l'érosion des plages et des écosystèmes côtiers, la surexploitation des ressources aquatiques, marines et côtières entraînent la dégradation de ces écosystèmes.

Par ailleurs, l'apparition des exploitations minières et des hydrocarbures à grande échelle, menace fortement l'intégrité des différents écosystèmes et la viabilité de certaines espèces. Sans aucun doute, ces projets peuvent apporter d'importants changements sur la structure de l'économie, mais ils engendrent des impacts négatifs sur l'environnement et la biodiversité. Par conséquent, la grande île se doit d'allier développement économique et préservation de l'environnement, une condition sine qua non pour un développement durable.

D'autant plus, l'administration en charge de la biodiversité manque considérablement de ressources financières pour mener à bien sa mission, restreignant sa fonction régaliennne.

L'élaboration de la présente SPANB a effectivement tenu compte des échanges inter et multidisciplinaires, la consultation des acteurs et parties prenantes régionaux, les analyses et observations des enjeux liées aux problématiques et opportunités recueillies sur la conservation de la biodiversité et la gestion des ressources naturelles. Elle se fixe comme objectif de ralentir ou même d'enrayer la perte en biodiversité et la fragmentation des habitats, de motiver et de responsabiliser les acteurs et les parties prenantes, notamment les bénéficiaires des biens et des services environnementaux.

Enjeux pour Madagascar

Ce document SPANB décrit les enjeux stratégiques liés aux contraintes et opportunités relatives aux différents aspects politiques, administratifs, techniques, biologiques et écologiques, socio-économiques, juridiques, gouvernance environnementale y compris le mécanisme de financement des programmes d'activités sur la conservation de la biodiversité.

La SPANB, programmée pour 2015 à 2025, s'est focalisée sur 5 buts stratégiques tournant autour des points suivants :

- La conscientisation sur la valeur de la biodiversité, les causes de son appauvrissement et les conséquences de sa destruction sur le plan écologique, économique et culturel
- La réduction au maximum des pressions directes exercées sur la diversité biologique en s'attaquant aux principales causes et ce par le développement de stratégies diverses.

- Le besoin d'amélioration et de valorisation de l'état de la diversité biologique par la sauvegarde des écosystèmes, des espèces et de la diversité génétique
- Le renforcement des avantages tirés de la diversité biologique pour tous et des services fournis par les écosystèmes dans le cadre de la gestion durable de la biodiversité
- L'amélioration du cadre juridique et institutionnel et l'intégration du capital naturel dans la planification

Effectivement, l'objectif de l'élaboration de la SPANB est de développer un cadre solide pour l'intégration des questions relatives à la biodiversité dans les politiques, les projets, les activités des différents départements ministériels. Elle orientera les prise de décision des secteurs de production dont: l'agriculture, la pêche, la foresterie, le tourisme et la mine.

La complexité des enjeux identifiés a conduit à la nécessité l'implication et la participation d'acteurs, depuis la conception de la SPANB jusqu'à son adoption, à ne citer que les institutions gouvernementales, la société civile, les organisations du secteur privé, les organismes de recherches et les collectivités œuvrant dans le domaine de la biodiversité et des ressources naturelles.

Il s'avère donc nécessaire de :

- Prioriser et étendre les efforts de conservation
- Mettre en évidence une adéquation des situations écologiques de la biodiversité à la Stratégie de gestion mise en œuvre et le développement économique,
- Améliorer l'implication et la participation à la conception et à l'adoption de la Stratégie et Plan d'Actions Nationaux sur la Biodiversité,

Approche méthodologique

La mise à jour de cette SPANB a tenu compte des éléments d'informations importants et prioritaires sur la biodiversité et le développement durable mentionnés dans les différents documents stratégiques. Divers échanges entre différents acteurs des domaines de conservation et de développement ont été également effectués. Ainsi, l'approche méthodologique de la révision résulte des interventions mutuelles des nombreux responsables techniques et présente plusieurs étapes :

Une première Etape de formation et mise en place des équipes techniques

Identification et formation des équipes techniques provenant des différents secteurs répartis en trois groupes thématiques (Biodiversité : Taxonomiques et Ecosystèmes; Sectorielles ; Transversales). L'implication des experts nationaux, du comité technique et d'un groupe consultatif de travail constituant le Comité de Pilotage.

Une seconde Etape 2, visant à effectuer un état des lieux, sur la base d'analyse théorique et de consultations des parties prenantes, à différentes échelles régionales et nationales.

Une « **approche collaborative et participative des acteurs et parties prenantes** » (locaux, régionaux, nationaux et internationaux) a été menée, selon leurs expertises œuvrant dans les domaines de l'Environnement, de la biodiversité et des ressources naturelles (terrestres, marins et côtiers)

La troisième étape a consisté à la compilation des informations et à la rédaction du document

Buts et Objectifs stratégiques nationaux sur la gestion durable de la Biodiversité à Madagascar : 2015 - 2025

But stratégique A : Gérer les causes sous-jacentes de l'appauvrissement de la diversité biologique en intégrant la diversité biologique dans l'ensemble du gouvernement et de la société : 4 Objectifs stratégiques

- Sensibilisation sur la valeur et les mesures de conservation et d'utilisation durable
- Intégration de la valeur de la biodiversité dans les plans de développement et de lutte contre la pauvreté (Gestion communautaire-proximité)
- Incitations positives à la conservation et l'utilisation durable de la Biodiversité
- Production et consommation durable liées à la gestion durable des ressources naturelles

But stratégique B : Réduire les pressions directes exercées sur la diversité biologique et encourager l'utilisation durable : 6 Objectifs stratégiques

- Gestion pour la réduction de la destruction des habitats

- Gestion rationnelle et récolte durable en matière de pêche
- Aquaculture, Agriculture et Sylviculture durables
- Réduction de la pollution
- Gestion des espèces envahissantes
- Pressions réduites sur les écosystèmes marines et côtiers vulnérables

But stratégique C : Améliorer l'état de la diversité biologique en sauvegardant les écosystèmes, les espèces et la diversité génétique : 3 Objectifs stratégiques

- Aires protégées
- Conservation des espèces menacées
- Maintien de la diversité génétique des espèces

But stratégique D : Renforcer les avantages retirés pour tous de la diversité biologique et des services fournis par les écosystèmes : 3 Objectifs stratégiques

- Conservation des écosystèmes et des services essentiels
- Conservation et restauration des écosystèmes (CC+CNULD)
- Mise en œuvre du protocole de Nagoya (APA)

But stratégique E : Renforcer la mise en œuvre au moyen d'une planification participative, de la gestion des connaissances et du renforcement des capacités : 4 Objectifs stratégiques

- Mise en œuvre de la SPANB : Intégration de la stratégie dans la planification sectorielle
- Respect des connaissances traditionnelles
- Gestion des connaissances sur la Biodiversité
- Mobilisation des ressources financières et mécanisme de financement

Chacun de ces 20 objectifs présentés dans cette Stratégie est décliné en Plan d'actions, accompagné de justificatif, d'échéancier, de responsables et des partenaires techniques et/ou financiers éventuels.

Mécanismes de mise en œuvre

Il s'agit, plus que jamais, d'entretenir et de raffermir les liens et les synergies entre toutes les parties prenantes pour une vision commune sur la diminution de la perte en biodiversité malagasy. La mise en place d'un ensemble de réformes structurantes, ainsi que la réalisation immédiate d'actions et de mesures urgentes et à impacts rapides, sont également évoquées. Le Comité National de Coordination de la Biodiversité (CNCB) et ses unités régionales, vont permettre à un grand nombre de personnes issues de différents secteurs et domaines d'intervention, de se concerter et de participer aux prises de décisions sur la mise en œuvre de la SPANB et des actions de chaque secteur concernant la biodiversité.

Parallèlement, les autres secteurs, dont les actions touchent la biodiversité, sont aussi incités à entreprendre des démarches pour aligner leurs stratégies avec le Plan stratégique pour la biodiversité 2015-2025, pour Madagascar et les Objectifs d'Aichi, en s'ouvrant, par exemple, à des mécanismes de financement innovants pour la biodiversité, dont la réforme fiscale environnementale, les paiements pour les services éco systémiques (PSE), les compensations pour la biodiversité et les marchés pour les produits verts.

En outre, le Clearing House Mechanism (CHM), site web dynamique d'échange, favorise la gestion effective des informations et des communications sur l'environnement et sur la biodiversité.

Par ailleurs, le mécanisme de financement est basé sur des mobilisations nationales et internationales et appuyées en grande partie par les partenaires internationaux et ses agences d'exécution, ainsi que par les coopérations multilatérales et bilatérales. Beaucoup de coopérations sont ainsi à développer pour une participation significative et une augmentation des financements pour la gestion de la biodiversité.

La première tentative d'estimation de la mise en œuvre de la présente Stratégie et Plan d'Actions Nationaux sur la Biodiversité s'élève à 203.20 Millions USD jusqu'en 2025.

CONCLUSION

En tant que pays Hotspot et à mégadiversité biologique, Madagascar se propose de lancer un grand défi pour mettre en œuvre de façon effective les divers plans d'action stratégiques établis, afin d'inverser toutes formes d'incitations ou pratiques négatives et inappropriées à la pérennisation de la biodiversité et au développement durable et d'atteindre les 20 objectifs d'Aichi en 2020. Le document national SPANB parvient aux constats et synthèses ci-après, tout en tenant compte des outils législatifs, de la politique environnementale et de la planification stratégique sur la biodiversité du pays :

Les écosystèmes et les paysages naturels de Madagascar, abritant des espèces sauvages constituant des endroits récréatifs, touristiques et riches en biens environnementaux et services écosystémiques pour le développement durable, offrent pour le pays des importances écologiques, des opportunités économiques et des spécificités sociales et culturelles ;

Parmi ses grands écosystèmes, les écosystèmes marins et côtiers, d'eau douce continentale, de forêts tropicales continentales et les habitats semi-arides sont les plus vulnérables par l'exploitation irrationnelle et anarchique de la biodiversité et des ressources naturelles entraînant le déclin et la perte de la biodiversité d'une part et d'autre part la dégradation des ressources naturelles dans l'ensemble de bassins versants de Madagascar y compris les systèmes hydrologique et édaphique et la désertification. Par conséquent, il ne reste actuellement qu'environ 15% du territoire national qui sont couverts par des écosystèmes relativement naturels ;

L'approche adoptée pour la conservation de la biodiversité et la gestion des ressources naturelles à Madagascar implique une participation concertée et collaborative entre tous les acteurs et parties prenantes en coordination avec l'appui des bailleurs de fonds internationaux et dirigé et coordonné par le Ministère chargé de la Biodiversité. Ce qui faciliterait le développement des outils de gestion permettant de conserver la biodiversité tout en appuyant le développement socio-économique. Des partenariats stratégiques intersectoriels et interinstitutionnels qui rassemblent tous les acteurs sont ainsi à mettre en place à l'échelle nationale et régionale, d'où le mécanisme et structure institutionnelle de la mise en œuvre de la présente SPANB proposé plus haut.

C'est ainsi que, faire comprendre les valeurs de la biodiversité aux décideurs et planificateurs serait un défi incontournable, si on veut une stratégie réussie qui doit faire face à la complexité des enjeux de conservation de la biodiversité y compris les différents aspects de pressions et menaces.

L'élaboration de la SPANB a effectivement tenu compte des échanges inter et multidisciplinaires, la consultation des acteurs et parties prenantes régionaux, les analyses et observations des enjeux liées aux problématiques et opportunités recueillies sur la conservation de la biodiversité et la gestion des ressources naturelles ainsi que la finalité ou les objectifs ultimes des stratégies nationales afin de stopper la perte de la biodiversité et la fragmentation des habitats, motiver et responsabiliser les acteurs et parties prenantes y compris la société civile en tant que bénéficiaires des biens et services environnementaux.

Par ailleurs, comme Madagascar a toujours misé sur les aires protégées, tant terrestres et lacustres que marines et côtières pour la conservation de sa biodiversité, le budget alloué pour lesdites aires protégées serait plus de la moitié de celui de la totalité de la SPANB. Presque toutes les actions seront reportées dans ces aires protégées, pour donner encore un peu plus d'assurance pour leur gestion pérenne et efficace, et ce, du fait de l'existence de gestionnaires responsables en ces lieux et aussi pour avoir davantage de plus-values.

Et enfin, les principes qui suivent méritent d'être retenus et pris en considération dans les actions de mise en œuvre de la SPANB et des objectifs d'Aichi :

* La dimension relative à la « lutte contre la pauvreté dans l'action de conservation de la biodiversité et d'utilisation durable des ressources naturelles» est indispensable. En effet, la pauvreté accrue de la masse populaire à Madagascar, constitue l'un des principaux facteurs de la perte de la diversité biologique. Ainsi, pour améliorer les situations environnementales actuelles et cicatriser les problèmes y afférents, la mise en œuvre d'un ensemble de réformes structurantes et en profondeur ainsi que la réalisation immédiate d'actions et mesures urgentes et à impact rapide, y compris l'amélioration notable du vécu quotidien du peuple malagasy et notamment des couches les plus vulnérables sont prioritaires et urgentes.

* Le renforcement des liens entre les différents secteurs pour une cause commune pour la biodiversité et le développement durable est primordial. D'où la nécessité d'études sérieuses et concertées. A l'exemple du besoin de franche collaboration entre le secteur chargé de la gestion des ressources naturelles et le secteur chargé de la Défense et celui chargé des poursuites judiciaires. Un autre exemple concerne le choix politique et économique entre la protection de la biodiversité sur

certains sites et les activités d'exploitation de grande envergure telle l'exploitation pétrolière et l'exploitation minière.

* La coordination des interventions des différents acteurs et parties prenantes de manière à développer une réelle synergie d'actions sous une charte claire de partage des rôles et responsabilités s'impose. Pour cela, des mesures institutionnelles notamment la création d'un Comité National de haut niveau pour la diversité biologique et composé de décideurs potentiels issus des différents secteurs publics sont à prévoir. La coordination et la collaboration devrait également assurer la capitalisation et le partage réguliers des informations thématiques (« Biodiversité et Ressources génétiques»; « Options sectorielles»; « Options transversales») au-delà de l'élaboration des rapports nationaux et éventuels documents stratégiques.

Et pour terminer, le mécanisme proprement dit doit commencer par l'élaboration d'une Feuille de route officielle et légale pour le parcours à suivre en vue de la participation effective de tous dans la mise en œuvre du présent SPANB

12. Les Communautés de Base, des édifices aux fondations fragiles

Queste Jérôme,

dP Forêts et Biodiversité, Cirad

Mots-clés: Gelose, CoBa, gestion des ressources naturelles renouvelables transferts de gestion, mythes rationnel

Du concept d'Ostrom à la création des communautés de base

Les transferts de gestion représentent depuis plus de 20 ans un des fers de lance de la politique environnementale de Madagascar. Les lois Gelose, le décret GCF et l'action énergique des ONGs internationales de conservation ou de développement ont permis la mise en place de plus d'un millier de « Communautés de Base ». Ces associations sont légalement investies de la responsabilité de la bonne gestion des ressources naturelles – le plus souvent des forêts naturelles – de la communauté locale.

Le terme de « communauté de base » n'est pas choisi au hasard. Dès sa conception, la loi Gelose, votée en 1997, s'appuie sur le concept de gestion communautaire théorisé par Elinor Ostrom (1990). Ces travaux, ajoutés à ceux définissant son cadre d'analyse Institutionnal Analytical and Diagnosis Framework (IAD) ouvrent une nouvelle voie à la gestion des ressources naturelles. Jusqu'alors, le paradigme dit de la « Tragédie des Communs » (Hardin, 1968) incitait économistes et experts à recommander la privatisation des ressources comme unique moyen d'en assurer la gestion durable. Ces travaux seront récompensés par un prix Nobel en 2007, ce qui laisse entendre que ce concept de gestion communautaire des ressources naturelles renouvelables possède une certaine validité.

Un concept, quel qu'il soit, ne constitue pas une fin en soi et n'a pas prise sur le réel. Dans le cas de la loi Gelose, le concept d'Ostrom fait l'objet d'une traduction sous la forme de plusieurs textes juridiques d'une politique publique, de moyens financiers permettant la mise en œuvre de cette politique publique, et de nombreux appuis institutionnels et opérationnels via des experts, des scientifiques et de nombreuses organisations non gouvernementales (Ramamonjisoa, Rakoto Ramiarantsoa, & Casse, 2012). Ce passage d'un concept à des actions concrètes sur le terrain constitue un exemple de processus de traduction et aboutit naturellement à la création d'instruments d'action publique (Lascoumes & Le Galès, 2005). Si la gestion des ressources communautaire naturelles renouvelables est un concept, donc de l'ordre de l'idée, les communautés de base, elles, sont des objets bien réels.

Toutefois, après 20 ans d'expérimentation, plusieurs rapports d'évaluation de ces communautés de base en pointent les effets très limités (Rasamolaina et al., 2015). A l'heure où la sortie de crise institutionnelle permet d'envisager le redémarrage d'une action publique environnementale d'envergure, il semble pertinent de s'interroger sur les écueils de ces instruments et de proposer une évolution du dispositif. A cet égard, la question se pose de savoir si leurs difficultés sont liées à la mise en pratique du concept ou si ce concept lui-même doit être remis en question. Est-ce la gestion communautaire des forêts qui ne fonctionne pas ou seulement sa mise en pratique à Madagascar ?

Les Communautés de base analysées par Ostrom

La recherche que nous avons conduite a cherché à identifier les décalages entre le concept de gestion communautaire théorisée par Olinor Ostrom en 1990 et la réalité des communautés de base malgache issues de la mise en application de la loi Gelose. Pour ce faire, nous avons combiné une

revue bibliographique et une enquête ethnographique conduite auprès de 11 Communautés de Base au nord de la réserve de biosphère de Mananara-Nord dans le cadre du projet Fihavotana 2. Sur cette base, nous avons mobilisé la grille d'analyse IAD d'Ostrom pour évaluer ces communautés de base. En d'autres termes, l'exercice auquel nous nous sommes livrés consistait à répondre à la question suivante : « *Qu'aurait dit Ostrom si elle avait étudié ces communautés de base lors de la préparation de son ouvrage en 1990 ?* ». Huit principes de la gestion communautaire avaient alors été proposés. Ces principes ont depuis légèrement évolué mais ont fait l'objet de nombreuses études confirmant leur pertinent et sont cités ici pour rappel (La traduction est libre) (Ostrom, 1990) :

1. Il existe des limites claires de la ressource et de ses usagers ;
2. Il existe des règles d'exploitation de la ressource et de mise à disposition des usagers claires, adaptées à la nature de la ressource partagée et appropriées par la communauté ;
3. Les usagers participent à la définition et à la modification régulière des règles concernant la ressource. Cette participation des utilisateurs permet d'assurer l'adaptation dans le temps de l'exploitation de la ressource et son appropriation
4. Les usagers de la ressource sont surveillés et doivent répondre de leurs usages ;
5. Il existe des sanctions progressives en cas de non-respect des règles d'exploitation de la ressource par les usagers.
6. Il existe un dispositif de règlement de conflits d'usage rapide, légitime et à faible coût;
7. La communauté est souveraine et se substituent à l'Etat pour l'application du droit localement ;
8. Lorsque plusieurs ressources communes sont gérées simultanément, plusieurs communautés avec des règles différentes peuvent être imbriquées.

Mais ces principes de gestion s'appuient eux-mêmes sur des hypothèses implicites. Ils supposent notamment l'existence d'une communauté d'usagers de la ressource. Ils supposent également que cette communauté a un intérêt à gérer durablement la ressource. L'application de la loi Gelose suppose de surcroit que les Coba correspondent à ces communautés et que ces Coba sont à même de mettre en œuvre une activité de conservation des forêts.

Rapport d'étonnement et déconstruction de quatre hypothèses

De ce bref travail d'analyse, nous mettons en évidence quatre hypothèses implicites sur lesquelles reposent les communautés de base de la Réserve de Biosphère de Mananara-Nord qui semblent particulièrement contestables.

La gestion communautaire des ressources naturelles protège-t-elle l'environnement?

La théorie: Ostrom (1990) base son analyse sur des situations d'exploitation de ressources gérées en commun. Son étude de cas originelle porte sur le partage de pâturages en Suisse. D'autres exemples emblématiques portent sur la pêche, l'exploitation du bois ou la gestion de l'eau d'irrigation. Paradoxalement, les Coba ont un objectif exclusif de conservation des forêts et non d'exploitation d'une ressource commune. Elles ont été mises en place par une ONG de conservation avec un appui de l'institution Madagascar National Park. L'examen des statuts et règlements des associations indique précisément qu'aucune exploitation commerciale n'est autorisée. Les entretiens menés confirment que les membres de ces Coba connaissent relativement bien les droits associés à chaque zone du plan de gestion : Aucun usage dans la zone de conservation, droit d'usage dans une seconde zone, replantation sans droit d'usage dans la dernière zone.

Ostrom a démontré que l'exploitation communautaire d'une ressource commune était possible et efficace. Elle n'a pas démontré que cette modalité d'organisation de l'action collective était efficace à des fins de conservation. Il existe ici une différence conceptuelle entre ce que la gestion communautaire peut faire et ce que ses promoteurs attendent d'elles : Une organisation visant à réguler une activité d'exploitation durable d'une ressource est utilisée pour une activité de conservation.

Ce constat reste cependant à relativiser: Une autre lecture de la situation consiste à voir les communautés de base comme des instruments d'exploitation durable d'une ressource commune qui n'est pas la forêt transférée. Si l'on considère la rente économique issue du tourisme, des crédits carbone REDD+ ou des projets de développement sont des ressources communes, alors les Coba pourraient évoluer en institutions de gestion communautaire de ces ressources. Cela nécessite, bien entendu, que ces ressources se concrétisent sous la forme de contrats REDD+ ou d'éco-lodges.

Les Communautés de Base sont-elles des communautés?

La loi Gelose de 1997 fournit une définition de ce qu'est une communauté au regard de la loi: « *Une communauté est un groupe social partageant une identité commune, un ensemble de valeurs et des règles de fonctionnement opérationnelles* ». Cette définition claire et inscrite dans le texte de loi

permet de trancher entre les nombreuses acceptations du même terme. Elle nous fournit un outil de diagnostic des Coba rencontrées : Satisfont-elles cette définition ? L'hypothèse selon laquelle les Coba sont des communautés est souvent invalide: Celles que nous avons pu observer ne sont pas des communautés mais des associations. Les statuts et les principes de fonctionnement sont sans surprise très proches des associations dites « loi 1901 » françaises. Elles se basent sur plusieurs principes de base : L'adhésion à une association est volontaire. Ceux qui ne veulent pas rejoindre l'association ont le droit de ne pas le faire. Les membres à jour de cotisation élisent un bureau constitué d'un président qui concentre l'essentiel des pouvoirs, un secrétaire responsable de retranscrire les comptes rendus de réunion et un trésorier qui a la responsabilité de tenir à jour les comptes de l'association. (Adhésion volontaire, président élu). Ces principes sont en contradiction avec le principe de communauté et avec les valeurs des communautés rurales malgaches. Les habitants d'un village peuvent difficilement ne pas appartenir à la communauté car le simple fait d'habiter sur place les intègre de fait dans le Fokonolo. A Madagascar, la communauté n'élit pas un président. Le pouvoir est le plus souvent diffus. Les décisions sont prises collectivement sans vote, sous la bienveillante supervision des notables (tangalamena).

Les Coba ne peuvent donc pas être qualifiées de communautés. Il s'agit, du moins pour celles que nous avons observées, d'institutions plus ou moins effectives mais séparées des communautés rurales. Cet état de fait pose problème. Son corollaire est le suivant. Soit la Coba gère la ressource mais il ne s'agit plus de gestion communautaire, soit la gestion est communautaire mais n'est dès lors plus effectuée par la Coba. Entre Coba et communauté, il convient alors de choisir.

Il est cependant possible de reformuler cette hypothèse: Une évolution en cours observée à Mananara-Nord est une convergence entre la Coba et la commune. Le passage d'une gestion communautaire biens communs à une gestion communale des biens communaux est une piste intéressante à suivre. L'intérêt de cette piste est d'appuyer la responsabilité du transfert de gestion à une institution localement reconnue comme légitime et le plus souvent relativement efficace.

Les usagers de la forêt forment-ils une communauté?

Nous venons de voir que les institutions locales mises en place pour assurer le transfert de gestion ne sont pas vraiment des communautés. Nous pouvons poursuivre ce questionnement en nous demandant s'il existe en pratique, localement, une communauté, au sens de la définition légale, regroupant les usagers de la ressource. Dans le cas qui nous intéressait, existe-t-il une communauté d'usagers des forêts transférées ? La première règle de la gestion communautaire d'Ostrom insiste sur une délimitation précise de la ressource et de ses usagers.

Notre enquête tend malheureusement à invalider cette hypothèse. Tous les usagers de la forêt ne sont pas membres d'une communauté mais de plusieurs communautés. L'ensemble de ces usagers intègre également des migrants venant du Sud notamment qui n'habitent pas dans le village et ne peuvent donc pas être membres de la Coba. A plusieurs reprises, il a été rappelé que des habitants d'autres fokontany qui, autrefois, exploitaient la forêt transférée avaient été exclus de la Coba. La création des Coba aurait alors créé plusieurs conflits frontaliers. Enfin, il n'est pas permis de passer sous silence dans la région de Mananara-Nord l'existence de contrebandiers. Ces usagers n'ont de droit ni légitime ni légal à exploiter la forêt mais constituent en pratique des usagers importants de la forêt et ne faisant pas partie de la communauté.

L'hypothèse d'une communauté bien définie rassemblant les usagers d'une forêt bien définie n'est pas vérifiée en pratique et semble à l'origine de nombreux conflits frontaliers et juridiques. Une redéfinition précise des contours de la ressource et des communautés d'usagers semble nécessaire. Un arbitrage d'un niveau institutionnel supérieur semble requis à cet égard.

Les usagers de la forêt souhaitent-ils conserver la forêt?

Nous avons exposé les contradictions apparentes entre les attendus de la loi Gelose, à savoir l'existence de communautés d'usagers de la forêt, regroupés en Coba, attachés à la conservation de la forêt. Nous poursuivons à présent notre questionnement. La définition des règles communautaires de gestion de la forêt est sensée être réalisée par les membres de cette communauté pour servir ses intérêts. Le principe de subsidiarité du transfert de gestion délègue alors à ces personnes de définir collectivement les objectifs de gestion collective. C'est alors à eux de choisir quoi faire de leur forêt. L'hypothèse implicite est que, dès lors qu'ils gèrent une ressource leur appartenant, leur intérêt économique est d'adopter, en bons pères de famille, une gestion durable de cette ressource.

En pratique, cette hypothèse implicite est mal formulée. La situation locale est complexe. La forêt transférée fait partie d'un paysage avec lequel les habitants doivent s'arranger. Les activités forestières dépendent des autres secteurs d'activité: riziculture, extraction minière, aménagement du territoire. Du fait des multiples usages de la forêt, tout le monde n'a pas le même point de vue sur le « bon usage » de la forêt. Pour certains, la forêt est un sanctuaire de biodiversité qui doit être préservé pour le bien-être de l'humanité. Pour d'autres, c'est une solution à leurs problèmes financiers. L'abattage et la revente de bois peut leur permettre de sortir de la pauvreté ou pour le

moins de rendre plus supportable la période de soudure. Pour d'autre, la forêt est une réserve foncière à destination des migrants à venir et des générations à venir. Cette hypothèse peut donc se reformuler autrement. Les usagers de la forêt ont un intérêt à gérer durablement l'ensemble du paysage dans lequel ils vivent. Cette gestion durable doit prendre en considération les activités liées à la forêt, mais pas uniquement. Il conviendrait de passer d'une gestion communautaire de la forêt à une gestion communautaire du paysage.

Conclusions et perspectives

Il ressort de cette analyse quatre hypothèses implicites de la gestion communautaire malmenés par l'expérience malgache : (i) l'hypothèse selon laquelle les Coba sont efficaces pour gérer la conservation des forêts, (ii), l'hypothèse selon laquelle les Coba sont des communautés, (iii) l'existence de communautés d'usagers de la ressource et enfin (iv) l'hypothèse selon laquelle les usagers de la forêt souhaitent adopter une gestion durable de la forêt.

Le constat de ces décalages observés entre ces théories professées et les théories d'usage observées en pratique ne doivent cependant pas nous conduire à renoncer à la politique de décentralisation de la gestion des ressources naturelles. Bien au contraire, ce diagnostic constitue la première étape d'un processus de gestion adaptive et devrait aboutir à une nouvelle étape d'adaptation des instruments d'action publique environnementaux de Madagascar

Bibliographie

- Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons. *Science*, 162(1968), 173.
- Lascoumes, P., & Le Galès, P. (2005). *Gouverner par les instruments. Book*. Paris: Presses de Sciences Po « Académique ». <https://doi.org/10.4074/S0338059908004038>
- Ostrom, E. (1990). *Governing the Commons : The Evolution of Institutions for Collective Action. Book Review*. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511807763>
- Ramamonjisoa, B., Rakoto Ramiarantsoa, H., & Casse, T. (2012). La Loi Gelose et le transfert de gestion des Ressources Naturelles à Madagascar. *Les Cahiers D ' Outre-Mer*, 257. Retrieved from <http://com.revues.org/6476>
- Rasamoelina, M. S., Ruta, G., Rasolofoson, R. A., Randriankolona, P. L., Aubert, S., Ramamonjisoa, B. S., ... Plananska, J. (2015). *Analysis of Community Forest Management (CFM) in Madagascar. World Bank Group*.

13. Les collections de l'herbarium TEF du FOFIFA : de précieux matériaux d'études pour la gestion durable des essences autochtones ligneuses de Madagascar

RAZAFIMANDIMBY Harizoly

FOFIFA- Département de Recherches Forestières et Gestion des Ressources Naturelles ; Dispositif de Recherche en partenariat Forêts et Biodiversité

Résumé

La richesse de la biodiversité végétale et animale de Madagascar n'est plus à démontrer, les collections nationales d'herbiers abritent des spécimens l'illustrent. Ces collections d'herbiers peuvent ainsi être considérées comme des sites de conservation ex-situ, servant à la recherche dans le domaine flore. L'herbarium TEF du Département de Recherches Forestières et Gestion des Ressources Naturelles du FOFIFA abrite une des deux collections nationales d'herbiers et les seules collections nationales de bois (xylothèque), de fleurs et de fruits (carpothèque) de Madagascar. Les spécimens conservés à TEF sont essentiellement d'espèces ligneuses. Ils ont été collectés dans les différentes régions biogéographiques de Madagascar ainsi que celles des Comores. Des échantillons de la xylothèque et de la carpothèque correspondent à des spécimens d'herbiers ie qu'ils sont issus d'un même pied.

Comme toutes collections d'herbiers de rang international, TEF a pour objectif de faciliter l'accès des utilisateurs aux collections pour mieux servir la recherche. Diverses activités ont été réalisées pour atteindre cet objectif et contribuer à la conservation et à la valorisation durable des ressources végétales autochtones de Madagascar. Ainsi, TEF a alimenté des bases de données en ligne sur la biodiversité et servi des publications scientifiques qui sont des informations scientifiques incontournables pour la gestion et valorisation durable des ressources végétales. C'est de cette manière que les collections de TEF contribuent à la Stratégie mondiale révisée pour la conservation des plantes 2011-2020 (SMCP), adoptée par la Conférence des parties de la Convention sur la Diversité Biologique (CDB).

Mots-clés: **TEF**, herbiers, collection végétale, biodiversité, recherche scientifique

Introduction

Un herbier est une collection de plantes séchées et pressées entre des feuilles de papier qui sert de support physique à différentes études sur les plantes, et principalement à la taxonomie et à la systématique. Le terme herbier (*herbarium*) désigne aussi l'établissement ou l'institution qui assure la conservation d'une telle collection. TEF (Tana Eaux et Forêts), l'herbarium du FOFIFA abrite des collections d'herbiers, de bois et fleurs et de fruits des espèces ligneuses autochtones de Madagascar. Ces espèces sont actuellement parmi les espèces les plus utilisées et les plus menacées à Madagascar.

Cet article a pour objectif de faire connaître les collections de TEF au monde de la recherche et aux acteurs de la gestion durable de la biodiversité de Madagascar. Il présente la contenance des collections de TEF et démontre comment elles contribuent à la gestion durable de la biodiversité de Madagascar. Pour cela, il est divisé en trois parties : d'abord un aperçu sur l'historique de l'herbarium, ensuite la contenance des collections et enfin, les principales activités de valorisation des collections pour la gestion durable de la biodiversité.

1. Historique de l'herbier TEF

TEF est le sigle international de l'herbarium du Département de Recherches Forestières et Gestion des Ressources Naturelles (ex DRFP) du Centre National de Recherches appliquées au Développement Rural (CENRADERU/FOFIFA). C'est l'acronyme de Tana Eaux et Forêts désignant que l'herbier se trouve dans la ville de Tananarive (T) et qu'il a été sous la tutelle du service des Eaux et Forêts (EF).

TEF a été créé en 1948, sous l'égide du Centre Technique Forestier Tropical à l'initiative de René Capuron. La maintenance et la conservation de TEF ont été prise en charge par le Département de Recherches Forestières et Piscicoles (actuellement le DRFGRN) du FOFIFA en 1974. Depuis ces 69 années d'existences, la gestion de l'herbarium a été assurée par des ingénieurs forestiers :

- René Capuron de 1948 à 1971,
- Raymond Rabevohitra de 1976 à 2011,
- Harizoly Razafimandimby depuis 2011.

De 1971 à 1976, la maintenance a été assurée par Edmond Rakotoarivelo, un technicien de l'herbarium.

Depuis sa création, TEF a travaillé en collaboration avec des institutions nationales et internationales œuvrant dans le domaine de la taxonomie et la foresterie (Tableau 1).

Tableau 1. Les principales institutions partenaires de TEF

Institutions nationales	Institutions internationales
Administration forestière, Université d'Antananarivo, Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza, Silo National des Graines Forestières	Museum National d'Histoire Naturelle, Missouri Botanical Garden, Royal Botanical Garden Kew, Centre de coopération International de Recherches Agromiques pour le Développement, Centre et Jardin Botanique de Genève, Global Biodiversity Information Facility.

Ces collaborations ont été axées soit sur la valorisation de la collection pour la recherche scientifique soit sur l'amélioration de la gestion et conservation des collections.

2. Les collections de TEF

TEF abrite l'une des deux collections nationales d'herbiers (avec TAN du Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza), et les seules collections nationales de bois (xylothèque) et de fleurs et de fruits conservés en alcool (carpothèque) de Madagascar. Les échantillons de ces collections sont essentiellement d'espèces ligneuses. Ils proviennent de toutes les régions phytogéographiques de Madagascar. Les premiers échantillons ont été collectés par les agents du service forestier (spécimens reconnaissables par le numéro avec le suffixe SF ou RN).

La collection d'herbiers (Photo 1) contient environ 70 000 spécimens. La xylothèque (Photo 2)

comprend environ 9 300 spécimens et la carpothèque (Photo 3) est composée d'environ 1 100 spécimens. Ces spécimens se répartissent dans différents taxons d'espèces ligneuses authochtones de Madagascar (Tableau 2).



Photo 1 : Salle d'herbiers et spécimen type (Razafimandimby, 2017)



Photo 2 : Collections de bois (xylothèque) et spécimen (Razafimandimby, 2017)



Tableau 2. Diversité taxonomique des spécimens des collections de TEF.

	Herbiers	Xylothèque	Carpothèque
Famille	156	99	98
Genre	599	393	235
Espèce	3 394	848	432

Les spécimens d'herbiers de TEF représentent environ 90% des 4 000 espèces ligneuses de Madagascar. Les spécimens de bois ne correspondent qu'à 1/5 (Ramananantoandro et al, 2016). Seulement 1/10 des espèces ligneuses sont répertoriées dans la carpothèque. Aussi, en tant que seules collections spécialisées sur les espèces ligneuses, ces collections méritent d'être enrichies, notamment la xylothèque et la carpothèque. Les espèces ligneuses étant des espèces à usages multiples, le quotidien de la population malagasy y sont extrêmement dépendantes. (Aubert et al, 2003).

3. Rôles des collections de TEF dans la gestion durable de la biodiversité

Un spécimen d'herbier est un témoin de la présence d'une espèce dans le temps et dans l'espace. TEF a pour objectif de faciliter l'accès des chercheurs et étudiants aux spécimens et aux informations contenues dans les fiches botaniques des spécimens. En effet, les collections ont été valorisées dans des publications (articles scientifiques et mémoires de fin d'étude) et des projets de recherche.

Les espèces ligneuses étant des espèces à usages multiples, le quotidien de la population malagasy y sont extrêmement dépendantes (Aubert et al, 2003). Les collections de TEF contribuent ont été valorisées par la recherche en vue de la gestion durable des ressources ligneuses autochtones de Madagascar. Les données/informations issues de collections d'herbiers ont été utilisées pour:

- les études botaniques qui en sont les plus classiques,
- l'évaluation des statuts de menace des espèces selon les catégories de l'IUCN,
- l'identification des sites prioritaires pour la conservation,
- la modélisation des niches écologiques,...

Ainsi, les collections d'herbier représentent:

- une source d'informations pour diverses bases de données en ligne sur la biodiversité (www.tropicos.org , www.gbif.org , www.rebioma.net)
- un outil d'appui à la prise de décision concernant la politique de gestion et de conservation de la diversité floristique.

4. Conclusion

Les spécimens conservés à TEF, l'herbarium du FOFIFA-DRFGRN ont servis beaucoup de projets de recherches et de formation depuis sa création en 1948. Ils sont mis à disposition des chercheurs et étudiants. Les données relatives à la description et la distribution des spécimens sont partagées à travers des bases de données en ligne. En effet, les collections de TEF appuie la recherche sur la biodiversité et la formation suivant les principes du protocole de Nagoya.

Les échantillons des collections de TEF ne représentent pas encore la totalité des espèces ligneuses de Madagascar. Des collectes en vue de leurs enrichissements doivent ainsi être mises en œuvre afin qu'ils puissent améliorer sa contribution dans la gestion durable des ressources naturelles. Aussi, ces collections constituent à la fois des outils précieux pour la recherche pour la gestion durable de la biodiversité et un patrimoine national pour Madagascar.

Bibliographie et Webiographie

- RAMANANANTOANDRO T., RAZAFIMANDIMBY H., ARITSARA A.N.A., RAZAFINDRAIBE V.M. (2016). La xylothèque de TEF du FOFIFA : une collection de bois à jour, facile à utiliser. Poster. DP F&B.
AUBERT S., RAZAFIARISON S., BERTRAND A. (Eds.), Déforestation et systèmes agraires à Madagascar: les dynamiques des tavy sur la côte orientale, Editions Quae, Versailles, France, 2003.
Global Biodiversity Information Facility, www.gbif.org
Réseau de la biodiversité de Madagascar, www.rebioma.net
Tropicos, www.tropicos.org

14. Elaboration du Plan de Gestion de *Dypsis Ampasindavae* Beentje (Arecaceae) par l'évaluation de l'état du stock et de besoins dans la nouvelle aire protégée d'Ampasindava

RAZAFIMANDIMBY Harizoly; Ranirison P; Rakotoarinivo M; Rakouth B

Faculté des Sciences – Université d'Antananarivo
Missouri Botanical Garden, Association FAMELONA

Introduction

Madagascar est classé parmi les 121 pays les plus riches en termes de biodiversité, d'endémicité et d'habitat (Guillaumet, 1984). Cette richesse est menacée par un rythme très important de déforestation.

Selon IUCN 2003, parmi les espèces végétales menacées, 40% de la totalité des espèces évaluées appartiennent à famille des palmiers. *Dypsis ampasindavae* Beentje, centre du présent travail endémique du Domaine de Sambirano fait partie des espèces de palmier les plus menacées. Cette espèce est très convoitée par la communauté locale pour satisfaire leur besoin quotidienne. Son statut UICN est actuellement en danger critique (Rakotoarinivo et Dransfield, 2012).

C'est pour cette raison que la Mention Biologie et Écologie Végétales (MBEV) de l'Université d'Antananarivo, en étroite collaboration avec l'Association FAMELONA et le Missouri Botanical Garden (MBG) ont monté ce projet de recherche qui s'intitule « *Élaboration du plan de gestion de Dypsis ampasindavae* Beentje (ARECACEAE) par l'évaluation de l'état du stock et de besoins dans la Nouvelle

Aire Protégée d'Ampasindava. L'objectif principal de ce travail est d'étudier la gestion intégrée de l'une des espèces clés de conservation de la nouvelle aire protégée d'Ampasindava, qui est *Dypsis ampasindavae*. Pour y parvenir, les objectifs spécifiques de ce travail sont :

- Améliorer l'état de connaissance sur le stock, les besoins et la croissance de l'espèce cible;
- Élaborer de manière participative son plan de gestion intégrée;

Durant cette étude, les hypothèses suivantes ont été formulées :

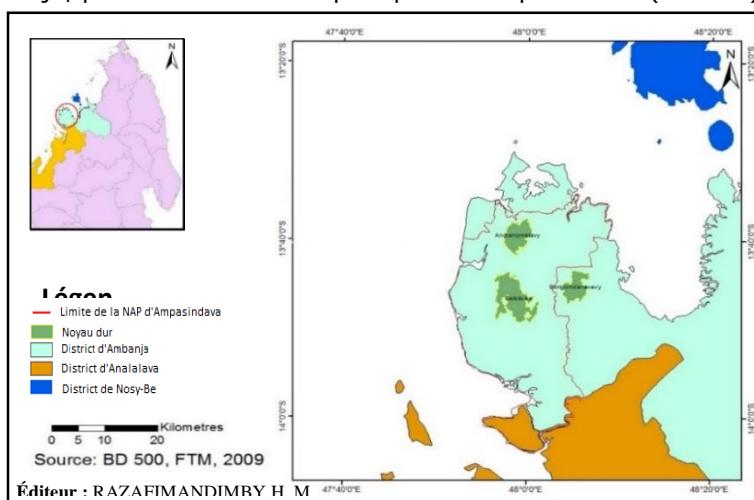
- La disponibilité en matériel végétal de *Dypsis ampasindavae* conditionne le besoin de la communauté locale en cette espèce.
- Les caractéristiques démographiques de *Dypsis ampasindavae* dans l'espace oriente son plan de gestion.

Le présent travail se divise en quatre grandes parties : la première partie donne la présentation du milieu d'étude; la deuxième partie décrit les méthodes d'étude; la troisième partie présente les résultats et interprétations; la quatrième partie est constituée par la discussion et recommandations.

I- Méthode d'étude

I-1 Localisation de la zone d'étude

L'étude s'est déroulée dans la partie nord-ouest de Madagascar, dans la Région de Diana, District d'Ambohijanahibe, précisément dans la presqu'île d'Ampasindava (Carte 1).



I-2 Collecte des données sur l'état du stock de *Dypsis ampasindavae*

- Le but est de recenser tous les individus de *Dypsis ampasindavae* présent dans les zones de travail, en respectant les paramètres à considérer ci-dessous (figure 1).

-Paramètres physiques : les coordonnées géographiques, l'altitude, la position topographique, la pente, l'orientation du relevé, l'exposition du relevé, la nature du sol.

-Les paramètres floristiques : la hauteur du stipe, la hauteur maximale, le diamètre du stipe, nombre de feuilles, la phénologie.

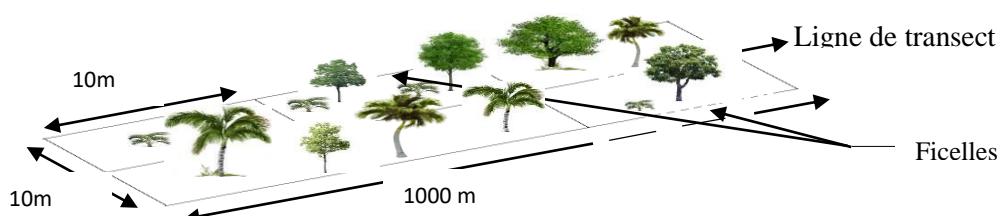


Figure 1 : Matérialisation du plateau de relevé

- Cette méthode a été répliquée 15 fois, soit 5 fois dans le noyau dur et 10 fois dans les zones tampons.

Quatre plots ont été montés pour le suivi de croissance dont un plot dans la zone tampon et trois plots dans le noyau dur (figure 2). Chaque plot est constitué de cinq individus de taille différents. Les paramètres à relever sont :

-Paramètres physiques : coordonnées géographiques de chaque plot, altitude

-Paramètres floristiques : diamètre, hauteur maximal, hauteur du stipe, nombre de feuilles ouvertes, nombre des feuilles tombées, nombre des feuilles apparues, hauteur du nouveau nœud.

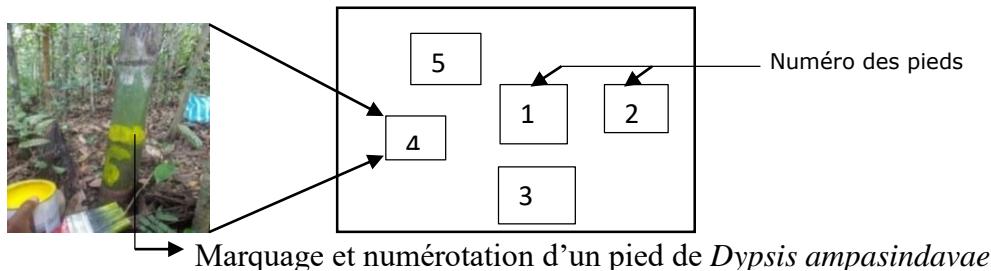


Figure 2 : Dispositif du plot de suivi de croissance

I-3 Collecte des données sur les besoins en *Dypsis ampasindavae* de la communauté locale

Deux types d'enquêtes socio-économiques menées, sous forme entretien ont été effectués dans les villages aux alentours du grand massif d'Andranomatavy (tableau 1). Le but est d'obtenir toutes les informations concernant les différentes utilisations, fréquence d'utilisation, importance d'utilisation par catégorie d'âge, par localité et par secteur d'activité de la population locale ainsi que la valeur économique, l'endroit de collecte de *Dypsis ampasindavae*.

Tableau 1 : Types d'enquête et personnes enquêtées

Entretien individuel	Focus groupes
-les paysans	-les membres de ménages
-les chefs de fokontany	-les groupes de femmes
-les personnes âgées	-les groupes de jeunes
-les chefs de ménages	-les groupes d'enfants/élèves

II-Résultat et interprétation

Les résultats de ce travail portent sur les études biologiques et écologiques ainsi que sur le plan socio-économique de *Dypsis ampasindavae*.

II-1 Etats du stock de *Dypsis ampasindavae*

II-1-1 Abondance et densité de *Dypsis ampasindavae*

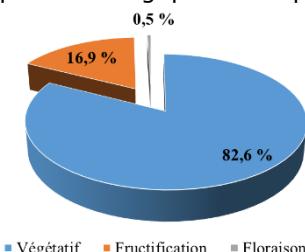
L'espèce cible est abondant dans le noyau dur que dans la zone tampon (tableau 2). Ce fait est dû à la forte pression anthropique « tetika » exercée sur cette zone.

Tableau 2: Abondance et densité de *Dypsis ampasindavae* dans les sites de relevés

Zone de relevé	Abondance (individus)	Surface de relevé (ha)	Densité Individu/ha
Noyau dur	411	5	82,2
Zone tampon	12	10	1,2

II-1-2 Régénération naturelle

Le spectre biologique de l'espèce cible montre trois phases (figure 3).



La rareté des individus en phase de floraisons s'explique par le fait que l'espèce cible est en plein périodes de fructification le mois de décembre et janvier (période de descente sur terrain).

Figure 3 : Diagramme du spectre phénologique de *Dypsis ampasindavae*

II-1-3 Taux de régénération

Les individus dans le noyau dur a une bonne régénération par rapport à ceux dans la zone tampon (tableau 3).

Tableau 3: Taux de régénération de *Dypsis ampasindavae*

Espèce cible	Site d'étude	TR %	Observation
<i>Dypsis ampasindavae</i>	Noyau dur	460,3	Bonne
	Zone tampon	37,5	Faible régénération

II-1-4 Répartition démographique

❖ Distribution des individus par classe de hauteur :

-**La figure 4 pour le noyau dur (ND)** montre une population non perturbée, toutes les classes sont présentes. La distribution des individus est irrégulière.

-**La figure 4 pour la zone tampon (ZT)** montre une population perturbée, les classes de hauteur de [0-2[m, [2-4[m, [8-10[m et [10-12[m sont absentes. La distribution des individus est irrégulière

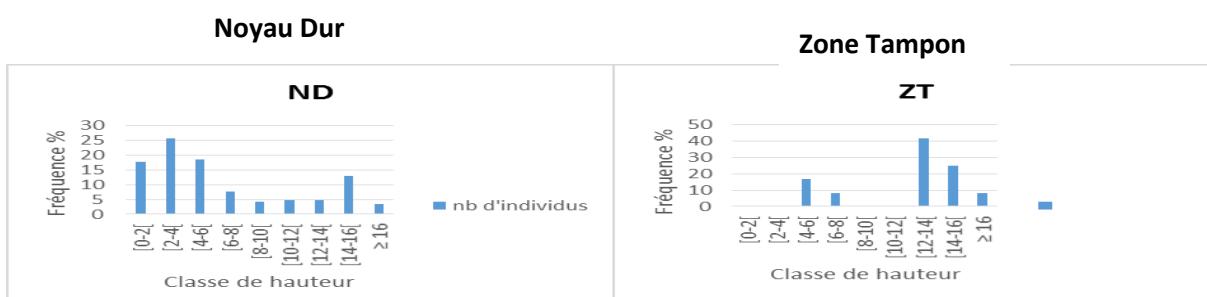


Figure 4: Répartition des individus par classe de hauteur (en m)

❖ Par intervalle d'altitude

La fréquence des individus augmente à partir de [300-350[m jusqu'à [450-500[m (où la fréquence est maximale), puis elle diminue au fur et à mesure que l'altitude augmente jusqu'à [650-700[m (figure 5). Ce fait peut être lié aux changements des conditions écologiques ainsi qu'édaphiques suivant les intervalles d'altitude.

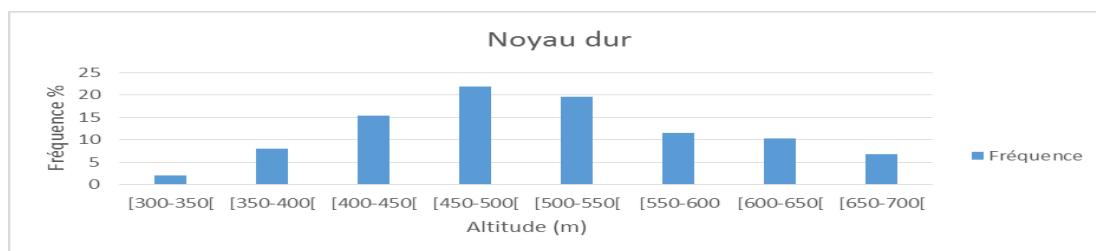


Figure 5 : Répartition des individus par intervalle d'altitude (en m)
II-1-5 Type de croissance de *Dypsis ampasindavae*

Durant les deux décentes sur terrain, les résultats obtenus ne présentes aucun changement. Ce qui explique que *Dypsis ampasindavae* est une espèce à croissance lente.

II-2 Etat de besoins en *Dypsis ampasindavae*

II-2-1 Les différents types d'utilisations de *Dypsis ampasindavae* par la population locale

Quatre types d'utilisation avec une fréquence différents ont été identifiés (Tableau 4).

Tableau 4 : Tyoe et fréquence d'utilisation de *Dypsis ampasindavae*

Types d'utilisation	Fréquence d'utilisation %
Construction de maison	37,5
Alimentation	25,8
Tetika	32,2
Vente	4,6

II-2-2 Importance d'utilisation

L'importance d'utilisation est différente selon les types d'utilisateurs (figure 6, 7, 8, 9).

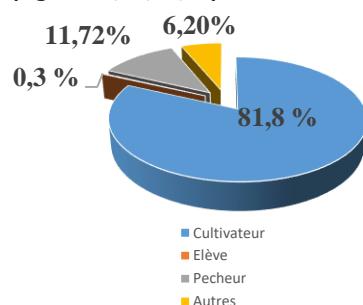
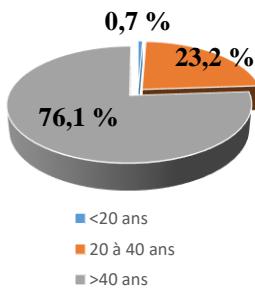
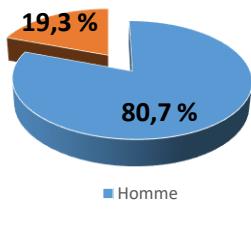
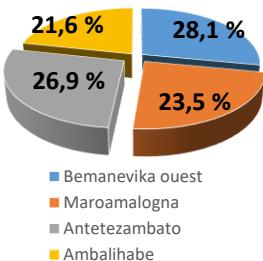


Figure 6 : Par localité

Figure 7: Par sexe

Figure 8: Par tranche d'âge

Figure 9 : Par secteur d'activité

II-3 Risque d'extinction et prédition du futur déclin

D'après les résultats sur le nombre de sous population de *Dypsis ampasindavae* réparti dans (04) et en dehors (05) des aires protégées. La probabilité d'extinction de l'espèce cible est élevée 55,6%.

II-4 Plan de gestion

Quatre axes d'orientation ont été établis pour la pérennisation de l'espèce cible :

- Renforcer la conservation in situ de *Dypsis ampasindavae*
- Promouvoir la conservation ex situ
- Restauration écologique
- Alternatives économiques pour mitiger les utilisations de l'espèce.

III Discussion

L'espèce cible (*Lavabôko*) est souvent confondue par la communauté locale avec *Dypsis lastelliana* (*Kindro*). Ces deux espèces ont la même utilisation, distribution mais *D. lastelliana* se trouve aussi le long de la côte nord-est de Madagascar (Rakotoarinivo, 2008).

La deuxième espèce pousse très bien dans les zones cités ci-dessus, son statut UICN est « Least concern » alors que l'espèce cible est en danger critique et a une difficulté de résister aux pressions qui les menacent.

Conclusion

Les zones d'occupation très réduites de l'espèce cible actuel se trouvent dans la Nouvelle Aire Protégée d'Ampasindava. La mise en œuvre immédiate de son plan de gestion est donc essentielle pour pérenniser l'espèce cible. Le plan de gestion élaboré pourrait donc être utilisé comme base de référence pour les autres espèces qui ont besoin d'un projet de conservation.

Ces résultats jusqu'ici sont loin d'être exhaustifs, des recherches sur la pollinisation, la germination, l'étude écologique et l'élaboration de plan de gestion des autres espèces de *Dypsis* dans la NAP d'Ampasindava sont encore nécessaire pour la continuité du travail.

Références bibliographiques

- GUILLAUMET J. L. 1984. The vegetation: an extraordinary diversity. Madagascar : Key environment, Pergamon Press, Oxford. p. 27 – 54.
 UICN – 2003. 2003 IUCN Red List of Threatened Species. UICN.

- RAKOTOARINIVO, M. & DRANSFIELD, J. 2012. *Dypsis ampasindavae*. The IUCN Red List of Threatened Species 2012: e.T38517A2870280. [dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2012.RLTS.T38517A2870280.en](https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2012.RLTS.T38517A2870280.en). Downloaded on 25 October 2016.
- RAKOTOARINIVO, M. 2008. Analyse de la distribution et de la conservation des palmiers (ARECACEAE) de Madagascar par l'utilisation du système d'information géographique. Doctorat en science de la vie. Université d'Antananarivo/Facultés des Sciences. 203p.
- DRANSFIELD J. et BEENTJE H. 1995. The Palms of Madagascar. Royal Botanical Gardens, Kew and The International Palm Society; 500p.
- GOAVAERTS, R. & DRANSFIELD, J. 2005. World Checklist of Palms, Kew 223p.

15. Conservation des orchidées d'Ambatovy

Nirina RAJAONARIVELO¹, Felix Andriatsiferana¹, Josia Razafindramanana¹, Tariq Stévert², Brigitte Ramandimbisoa², Simon Verlynde²

¹Département Environnement, Ambatovy Minerals S. A, Antananarivo 101 Madagascar

²Missouri Botanical Garden, Africa & Madagascar Department, P.O. Box 299, St. Louis, Missouri 63166-0299, USA;

Introduction

En 2006, lors de l'inventaire effectué par les partenaires scientifiques durant l'Etude d'Impact Environnemental (EIE), une centaine espèces d'orchidées a été recensée dont la plupart sont endémiques, rares et menacées d'extinction. Dans le souci de conserver ces orchidées, Ambatovy a développé un programme de Gestion de la Flore, incluant la conservation des Orchidées à travers le sauvetage de tous les individus dans la zone de défrichement. Ces espèces d'orchidées sauvées sont par la suite transplantées dans le site d'acclimatation ou ombrière à orchidées qui, à terme, sera utilisée pour la production de graines. Ceci, avant la transplantation des orchidées vers les parcs consacrés à cet effet, préalablement délimités dans la zone de conservation et les zones de défrichement restaurés.

Les objectifs sont :

- L'absence de perte nette de biodiversité des orchidées à Ambatovy
- L'établissement d'un plan de conservation pour les espèces menacées

Méthodologie

Afin d'atteindre ces objectifs, quelques méthodes ont été adoptées, il s'agit de faire :

- la collecte de tous les individus d'orchidées sciaphiles avant le défrichement : Les orchidées sciaphiles sont composées des orchidées terrestres et les orchidées qui peuvent être cueillies par la main.
- la collecte des orchidées héliophiles après le défrichement : Les orchidées héliophiles se trouvent en haut des arbres et elles ne peuvent être collectées qu'après le défrichement
- la transplantation des orchidées collectées dans l'ombrière à orchidées :

Les orchidées terrestres sont mises dans des pots, tandis que les orchidées épiphytes sont fixées par des fils sur leurs supports. Les 2 types d'orchidées ombrophiles et héliophiles, préalablement étiquetés sont par la suite transplantées dans l'ombrière à orchidées ou site d'acclimatation pendant un an.

- le suivi des orchidées dans l'ombrière :

Arrivée dans l'ombrière à orchidées, les orchidées sont arrosées 2 fois par jour, s'il n'y a de pluie. De plus, l'état de santé des orchidées est suivi tous les jours.

- la collecte des échantillons de fleur dans l'ombrière à orchidées pour l'identification des noms scientifiques :

Si une orchidée est en fleur, 5 échantillons de fleurs et de feuilles sont prélevés et mis dans de pot en alcool, puis envoyés pour l'identification de nom scientifique dans différents herbaria (Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza, Muséum national d'histoire naturelle de Paris, Université libre de Bruxelles, Kew à Londres, Missouri Botanical Garden à Saint Louis aux Etats-Unis).

- la transplantation des orchidées non menacées qui ont déjà fleuri à 5 reprises dans l'ombrière à orchidées vers la zone de conservation :

Les orchidées ayant subies cinq fois de prélèvement de fleurs et feuilles ont été transplantés dans la zone de conservation.

Résultats et interprétations

Madagascar dispose 1000 espèces d'orchidées, dont 22% ont été rencontrés à Ambatovy. Entre 2011 à 2016, dans une surface de 522 ha de zone de défrichement, 225 espèces réparties en 32 genres ont été identifiées ; le genre *Bulbophyllum* est le plus représenté. De plus, 25 taxons ont été identifiés comme potentiellement nouveaux pour la science ; comme l'espèce *Solenangis* sp. nov. D'autre part, 545 individus avec 80 espèces ont été aussi transplantés de l'ombrière à orchidées vers la zone de conservation avec un taux de survie de 90%.

Conclusion

La flore d'Ambatovy est riche avec 225 espèces réparties en 32 genres, soit 22% des orchidées de Madagascar. La transplantation des orchidées de l'ombrière vers la zone de conservation a permis de sauvegarder 545 individus appartenant à 80 espèces différentes. Le taux de survie égal à 90% permet de mesurer l'effort de conservation mené dans ce projet. Enfin, quelques perspectives d'avenir sont proposées pour une meilleure conservation des orchidées d'Ambatovy dont :

- l'évaluation des statuts de conservation des orchidées présentes à Ambatovy selon les critères de la liste rouge de l'IUCN
- la priorisation des activités de conservation sur les espèces menacées d'Ambatovy et élaboration d'un plan de gestion pour chacune de ces espèces
- la production de fruits pour les espèces menacées d'Ambatovy et création d'une banque de graines pour la conservation *ex situ* de ces espèces

Références bibliographiques

- Ambatovy. 2016. Rapport annuel. Rapport non publié. 150p.
Bosser, J. & Lecoufle, M. 2011. Les Orchidées de Madagascar. Orchids of Madagascar. Biotope, Mèze (Collection Parthénope), 496p.
Cribb, P. & Hermans, J. 2009. Field Guide to the Orchids of Madagascar. Royal Botanic Gardens, Kew, 456p.
MBG. 2017. Rapport final sur les orchidées d'Ambatovy. Rapport non publié. 24p.

16. Le devenir des petites zones humides périurbaines de la ville de Mahajanga - Cas de mare Vitrine Amborovy et cinq marais à Belobaka

MAHAROMBAKA Cyrille (1), RAMIANDRISOA B.A. (1) et RANARIJAONA H. L. T. (1),

(1) *École Doctorale sur les Ecosystèmes Naturels (EDEN) Université de Mahajanga*

Résumé

Les besoins de l'aménagement du territoire, dans les régions urbanisées comme Mahajanga, modifient sensiblement le regard porté sur ces zones humides. En raison de leurs multiples fonctions et leurs richesses floristiques, elles méritent une investigation approfondie pour envisager leur devenir. Elles sont souvent informatives du point de vue floristique et faunistique. Notre objectif est de caractériser, délimiter ces petites zones humides et d'en comprendre le fonctionnement, que d'examiner les interventions humaines, et leurs effets sur le marais à Belobaka et mare Vitrine (près de la Vitrine du Boeny, Amborovy). Leur insertion actuelle dans le paysage régional urbain pourrait compromettre leur avenir, en tant qu'espaces naturels. Dans la présente étude, le constat de la pression anthropique et de la régression spatiale des petites zones humides périurbaines de Mahajanga a conduit à mener des inventaires, dresser de cartographie et avancer des recommandations. Dans les six (6) sites choisis, nous avons pu recenser 76 espèces, réparties dans 57 genres et 27 familles. Parmi les 27 familles recensées, 6 sont les plus importantes, telles que Poaceae, Fabaceae, Cyperaceae, Amaranthaceae et Commelinaceae. La mare Vitrine est la plus riche en espèces et ce site est marqué par la prolifération de l'espèce *Ludwigia adscendens* subsp. *diffusa* (Onagraceae) et *Neptunia oleracea* (Fabaceae). La cartographie de chaque site montre une diminution considérable des espaces naturels. Les villageois pratiquent la riziculture et les cultures maraîchères en profitant l'eau disponible dans les milieux lenticques. L'étude de la mare Vitrine et du marais à Belobaka a permis de s'affirmer leur importance et leur état actuel ainsi que leur devenir, si des mesures adéquates ne sont pas prises par les parties prenantes. Ces petites zones humides se situent également en dehors des dispositifs de protection, alors qu'elles constituent ainsi un nouvel enjeu de développement durable, en tenant compte de la biodiversité aquatique.

Mots-clés : Pression anthropique, régression spatiale, petites zones humides, périurbaines, Mahajanga, Boeny.

Introduction

Les zones humides sont des écosystèmes complexes et très productives, elles forment non seulement des réservoirs précieux de diversité biologique et assurent de nombreuses fonctions hydrologiques (recharge des aquifères, contrôle des inondations, épuration des eaux) (Rabenantoandro, 2008). Les zones humides ont également un rôle important sur l'atténuation des changements climatiques. Elles offrent, en outre, aux populations humaines des ressources économiques très diverses. Elles sont également une des destinations préférées par les touristes.

La plupart des zones humides de la ville sont menacées : le fait qu'elles soient contaminées et considérées comme des décharges. Des études ont été faites dans trois écosystèmes aquatiques de la ville d'Antananarivo (Bastaraud, A. 2012). Le déclin des zones humides se poursuit, aussi bien en superficie qu'en qualité. Il en résulte que les services écosystémiques qu'elles fournissent à la société s'amenuisent progressivement. En 1997, Madagascar a ratifié la convention de Ramsar et accepte ainsi la préservation des zones humides. Pour atteindre l'objectif de cette Convention, l'Etat malgache s'engage à augmenter de deux fois plus, la superficie des zones humides, en trois ans. Dix zones humides ont été classées dans le site Ramsar, tous, situés loin de la ville, sauf le lac Tsarasaotra, en pleine ville d'Antananarivo. Dans la région Boeny, après complexe Mahavavy Kinkony, le lac Ravelobe Ankafantsika et la Nouvelle Aire Protégée d'Antrema font partie des sites Ramsar, depuis février 2017.

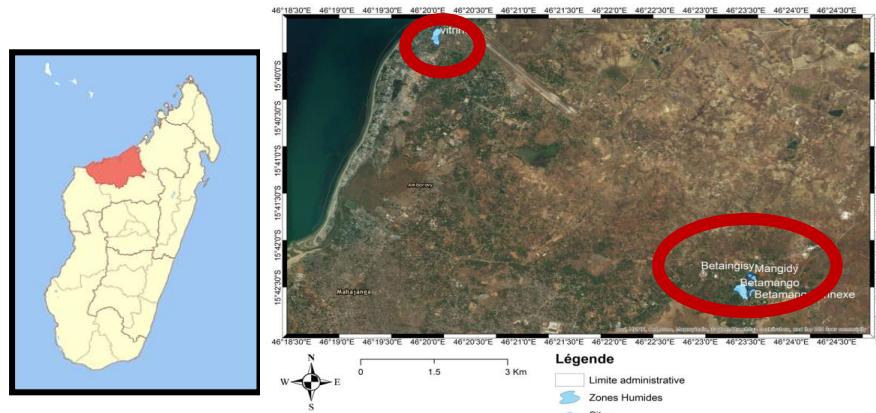
La zone périphérique de Mahajanga est parsemée de petites zones humides, toutes situées dans la partie Nord et Est de la ville. Elle a connu une forte croissance et s'est étendue vers Nord et Est. Cette expansion a un impact important sur ces petites zones humides, à cause des pressions foncières. La plupart d'entre elles sont entièrement encerclées par des espaces d'habitation. En plus de services rendus par les zones humides à l'humanité, la préservation de la zone humide périurbaine et urbaine constitue un enjeu écologique important car elles possèdent un écosystème très riche. Il est essentiel d'intégrer leur protection au cœur de l'organisation des territoires, y compris en ville. Il faut aussi prioriser l'inventaire de ces petites zones humides pour savoir les différentes espèces encore présentes et leur aire de répartition sur leur habitat. Les informations obtenues de ces études permettront aux décideurs d'élaborer des lignes directrices pour la gestion des zones humides périurbaines et urbaines, d'encourager la société à adopter une approche plus durable de l'urbanisation, tenant compte de la nécessité de protéger le capital de ressources naturelles soutenant les zones urbaines, d'intégrer au mieux une zone humide ou de minimiser l'impact des constructions et aménagements sur son fonctionnement.

Ce thème a été choisi vu l'importance des zones humides, notamment comme milieux où les menaces qui pèsent sur elles, ces écosystèmes ont fait l'objet de nombreux travaux conçus pour mieux comprendre leur fonctionnement et rendre la connaissance scientifique facilement accessible par les gestionnaires. Les objectifs sont : (1) d'établir des inventaires et des typologies des peuplements de petites zones humides périurbaines de Mahajanga, en fournissant un catalogue où sont précisés les statuts taxonomiques, écologiques de répartition de la flore comme base de données, plus précisément les macrophytes, pour le projet urbain et le cadre réglementaire à respecter ; (2) de mettre en évidence l'importance de la phytodiversité des petites zones humides, plus spécialement sa grande vulnérabilité en égard aux activités humaines, telle qu'en témoigne la grande représentativité des espèces rares et endémiques ; (3) d'évaluer les différentes pressions anthropiques afin de sensibiliser tous les décideurs au fonctionnement des zones humides et aux services écosystémiques rendus par les zones humides à l'échelle urbaine pour qu'il ait une gestion durable.

Matériels et méthodes

Sites d'étude

Il s'agit des milieux lenticques. La carte 1 présente les sites d'étude composés de mare et des marais. Les mares Vitrine se trouvent dans le *fokontany* d'Amborovy, plus précisément au Nord de la ville de Mahajanga avec une latitude de S15°39'33.246" et de longitude E46°20'5.976". Les marais Betamango, Betamango annexe, Kelilalina, Mangidy et le lac Betaingisy se situent à l'Est de la ville, dans la commune de Belobaka entre la coordonnée géographique S15°42'32.5" et E46°23'24.1".



Relevés écologiques

Chaque relevé est échantillonné dans une strate relativement homogène à l'aide d'un quadrat de 2 m². Dans les relevés échantillonnes, chaque taxon a été désigné par leur taux de couverture végétale avec les indices d'abondance dominance adopté par Braun-Blanquet (1965).

Les pressions et les menaces qui pèsent les petites zones humides périurbaines ont été évaluées par des observations directes.

Traitements de données

Indice de biodiversité

L'indice de biodiversité de Shannon et Weaver a été utilisé (Shannon., 1948, Shannon & Weaver., 1949). La formule suivante nous permet de calculer cette valeur.

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Par ailleurs, l'équitable de Pielou indique la répartition ou distribution de chaque taxon dans leur milieu naturel. Elle a été obtenue par la formule suivante.

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

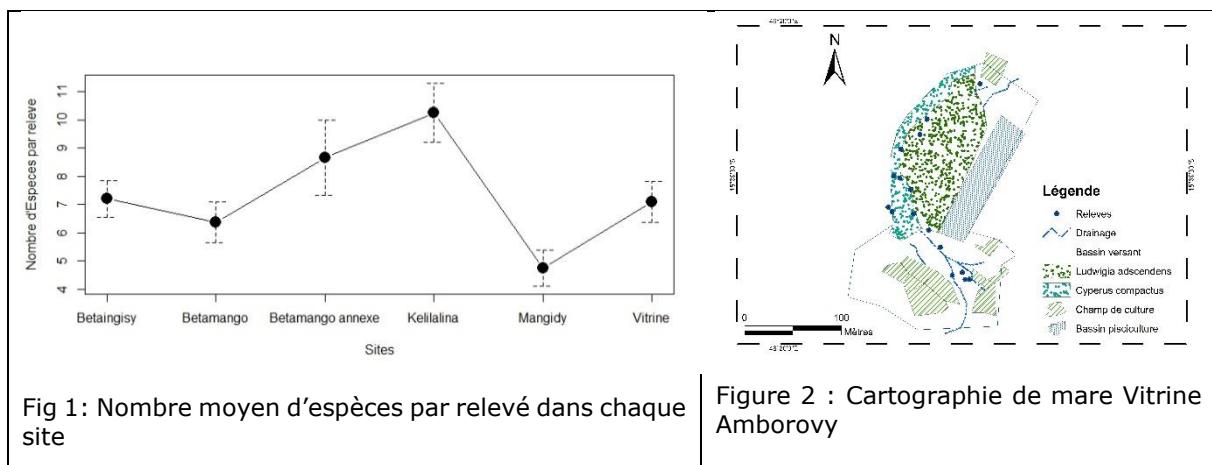
Cartographie

L'utilisation de Google Earth a permis la réalisation des cartes, cependant la netteté de l'image représentait un handicap non négligeable pour la différenciation et la distinction des groupements, ainsi que des zones où il y a la présence des actions anthropiques, comme dans le cas des champs de culture.

Résultats

Richesse floristique

Au total, 77 espèces distribuées dans 58 genres et 28 familles ont été recensées (figue 1). Les familles les plus dominantes sont Poaceae (16 espèces soit 21.05%) Fabaceae (12 espèces, soit 15.58%) et Cyperaceae (10 espèces soit 12.98%). Dans chaque site, le nombre de relevé est différent. Le nombre moyen d'espèces par relevé dans la mare Kelilalina est plus élevé avec 10.25 ± 3.2 espèces. Tandis que la valeur la plus faible se trouve dans la mare Mangidy avec 7.11 ± 3.14 espèces par relevé.



Indice de diversité biologique

TABLEAU I : Valeur de la mesure de la biodiversité

Nom du site	H'	J'	$H'max$
Mare Vitrine	4,23	0,79	5,36
Mare Kelilalina	4,09	0,76	5,36
Mare Betamango	3,8	0,79	4,81
Lac Betaingisy	3,1	0,79	3,91
Mare Betamango annexe	2,58	0,65	4
Mare Mangidy	1,94	0,61	3,16

La valeur de l'indice de diversité biologique de Shannon H' est plus élevée dans les mares Vitrine (Amborovy) et Kelilalina (Belobaka) comme indiqué dans le tableau. Celle-ci est moyenne dans les mares Betamango et le lac Betaingisy (Belobaka). Enfin, cette valeur est relativement faible dans les mares Betamango annexe et Mangidy (Belobaka). L'indice d'équitabilité de Pielou J' avec une valeur moyenne ($0.6 < J' < 0.8$) indique une équirépartition des espèces dans chaque sites.

Pressions et menaces

Les pressions et menaces qui affectent les petites zones humides périurbaines peuvent être d'origines anthropiques et/ou naturelles. D'après la figure 2, l'homme de part ces activités (l'agriculture, la décharge, le remblaiement, la construction de puits) contribue au processus de la dégradation de cet type d'écosystème. A tout cela s'ajoutent les événements naturels comme l'insuffisance de la précipitation, l'assèchement du sol superficiel et l'ensablement.

Discussion

En comparant les résultats de cette étude avec les études antérieures faite dans la même région Boeny (Maharombaka, 2012 ; Ranarijaona et al., 2013 ; Ramiandrisoa, 2014), le nombre de taxons dans chaque site est très important. Leur nombre est de l'ordre de 9 à 41 espèces. C'est dans les mares Vitrine (Amborovy) et Kelilalina (Belobaka), qu'on a la plus élevée. Tandis que, dans la mare Mangidy, elle ne compte que 9 espèces. Cela prouve que, même dans les zones urbaines et périurbaines, la richesse floristique est encore intéressante. Cette étude permet de confirmer le fait que les marais et/ou mares sont les milieux lenticques, riches en espèces (Ranarijaona, 1999). Par ailleurs, cette richesse floristique est très importante, par rapport à celle des autres zones humides lenticques de la province de Mahajanga, si on se réfère à la taille du site en question. Dans l'étude effectuée par Maharombaka (2012), dans le Complexe Mahavavy Kinkony, 67 espèces ont été recensées, par Ranarijaona et al. (2013) avec 29 espèces recensées au total et par Ramiandrisoa et al (2014), dans la NAP Antrema, 35 espèces dans l'ensemble des sites étudiés. Cette richesse floristique est aussi conditionnée par différents paramètres, tels que le paramètre physico-chimiques (Ranarijaona, 1999). Parallèlement au processus d'assèchement, diverses activités et comportements entraînent la diminution de la surface des milieux humides : la création d'une décharge d'ordures ménagères, la construction d'habitations. Mais face à ces dégradations, des stratégies ont été adoptées par certaines familles pour atténuer ces pressions, en clôturant les marais. La surexploitation des ressources des zones humides et l'introduction d'espèces exotiques, aussi bien de manière fortuite qu'intentionnelle, entraînent souvent la perte de biotopes, le déclin de biotes indigènes et la dégradation des écosystèmes et des services qu'ils procurent. Plus l'effectif de la population humaine dans un milieu donné augmente plus les pressions sur la zone humide ont été amplifiées (Lammers et al., 2015).

Conclusion

Les zones humides jouent un rôle capital dans le fonctionnement et l'équilibre de tous les écosystèmes, aussi bien au niveau urbain que rural. Elles hébergent des espèces floristiques diverses si on ne cite que les macrophytes appartenant dans la famille de Poaceae, Cyperaceae et Fabaceae. L'existence de certaines espèces macrophytiques et leur prolifération sont indicateurs de la qualité et l'état des petites zones humides périurbaines étudiées (Telles que *Ludwigia adscendens*, *Eichhornia crassipes*, *Salvinia hastata* et *Pistia stratiotes*). La prolifération des espèces provoquent souvent des déséquilibres, des perturbations. En plus, l'action anthropique participe également à la modification des milieux. Il faudrait maintenir l'état actuel de ces petites zones humides périurbaines et les préserver dans leur intégralité ou en minimisant l'impact des activités humaines. Des initiatives pilotes d'implantation de décharges au niveau communal plus approprié dans chaque quartier pourraient être entreprises.

Références

- Bastaraud, A. 2012. Dynamique des pathogènes entériques en zones humides urbaines et périurbaines à l'échelle d'un bassin versant, Ville d'Antananarivo (Madagascar). Thèse en préparation.
- Braun-Blanquet, 1965. Plants sociology. Ed. New York and London. 439p.
- Lammers, P. L., Richter, T., Waeber, P. O. and Mantil la-Contreras, J. 2015. Lake Alaotra wetlands: how long can Madagascar's most important rice and fish production region withstand the anthropogenic pressure? Madagascar Conservation & Development 10, S3: X11 6-1 27. (doi:1 0.431 4/mcd.v1 0i3s.4).
- Maharombaka, C., 2012. Suivi écologique des macrophytes dans le complexe Mahavavy Kinkony. Mémoire de DEA ; Parcours Biohydrostèmes ; Faculté de Sciences, de Technologie et de l'Environnement, Université de Mahajanga.
- Michel, J.M. 2012. Comment intégrer les zones humides dans un projet urbain. Extrait du fascicule Grand Prix zones humides en milieu urbanisé : Palmarès, CERTU.
- Rabenantoandro, A., 2008. Influences et rôles du marais masay dans le drainage des eaux pluviales dans la commune urbaine d'antananarivo. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur. Université d'antananarivo. ESPA département hydraulique.
- Ramiandrisoa B.A., Maharombaka C., Ranarijaona H.L.T., 2014. Typologie floristique de la région Boeny : cas des zones humides de la Nouvelle Aire Protégée (NAP) d'Antrema.
- Ranarijaona H.L.T, 1999. La flore des eaux stagnante de Madagascar (lacs, marais et étangs) : essais de typologie. Thèse doctorat 3è cycle. Université d'Antananarivo, Faculté des sciences, Département de Botanique et Ecologie végétales, Option Ecologie végétale, 116pp.
- Ranarijaona H.L.T., Zainabo F., Andriamanantena A. H., Andrianasetsra G. S., 2013. Evaluation de la prolifération de la jacinthe d'eau du lac Ravelobe Ankarafantsika et plan de restauration.
- Shannon, C. E. & Weaver, W., 1949. The mathematical theory of communication, University of Illinois Press Urbana
- Shannon, C. E., 1948. A Mathematical Theory of Communication. The Bell System technical Journal 27. 379-423, 623-656

17. Modèle conceptuel de gestion de l'aire protégée complexe zones humides Mahavavy- Kinkony

Clarice NIRINA⁽¹⁾, Jorlin Tsaralaza TSIAVAHANANAHARY⁽¹⁾, Vololomboahangy RANDRIANJAFY⁽¹⁾, Hery Lisy Tiana RANARIJAONA⁽¹⁾ et Rado Hanitriniaina ANDRIAMASIMANANA⁽²⁾.

⁽¹⁾ École doctorale sur les Écosystèmes Naturels, Université de Mahajanga

⁽²⁾ Asity Madagascar, – Villa Karis lot I AB 39 ter C-Andrononobe Analamahitsy – Antananarivo

Résumé

L'Aire Protégée « Complexe Zones Humides Mahavavy-Kinkony » est localisée dans le District de Mitsinjo, Région Boeny, et couvre une superficie d'environ 302 400 ha. Elle est composée par plusieurs types d'habitats tels que les forêts sèches, les zones côtières, les fleuves et les nombreux lacs y compris le deuxième plus grand lac de Madagascar, le Lac Kinkony qui est un site Ramsar depuis juin 2012. Cette AP héberge la totalité des oiseaux d'eau endémiques et menacés de l'Ouest de Madagascar. L'objectif de cette présentation est de montrer l'efficacité de la gestion de l'Aire Protégée CMK.

Les résultats des analyses et du traitement des données sur la mise en place de l'Aire Protégée ont montré que le mode de gestion du Complexe Mahavavy-Kinkony concorde avec les Aires Protégées catégorie V de l'IUCN, avec une gouvernance partagée. Il y a donc deux cogestionnaires, la Plateforme locale MMZ (Marambitsy Miahny ny Zavaboahary) et Asity Madagascar, l'ONG promoteur. L'élaboration de la charte des responsabilités et la création de Groupe d'OPJ (officier de police judiciaire) pour la conservation de l'AP ont été adoptées et suivies d'une validation par les services étatiques. Ce sont les conditions pour l'obtention d'un arrêté régional. Ces structures de gestion ont permis de diminuer les pressions au niveau de différents écosystèmes dans l'AP ont visiblement diminué.

I. Contexte et objectifs

La création de l'AP CMK dans la région de Boeny fait partie des réponses à la déclaration présidentielle à Durban, en 2003, sur l'augmentation de superficie des Aires Protégées à Madagascar. Elle répond aussi à l'engagement n°7 du Madagascar Action Plan qui est de prendre soin de l'Environnement, défi N°1 : «Augmenter les aires protégées pour la conservation et la valorisation de la biodiversité terrestre, lacustre, marine et côtière». De ces dispositions réglementaires sur l'environnement Malagasy, la réalisation de l'Aire Protégée Complexe Mahavavy-Kinkony est bien encadrée et est assise sur de bonne base. L'objectif de ce modèle de conception est donc de :

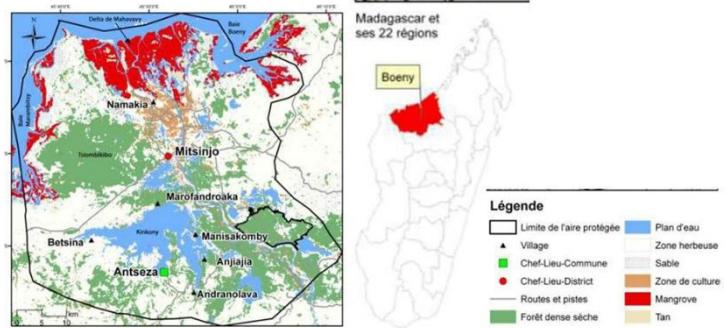
- Partager l'autorité, la responsabilité et du devoir ;
- Intégrer tous les secteurs dans la conservation de la Biodiversité ;
- Impliquer les communautés locales dans la gestion durable de leurs zones respectives avec Partage équitable des avantages générés par les ressources naturelles et la Biodiversité ;
- Faire participer les décideurs habituels à la conservation et à la valorisation à long terme de la Biodiversité.

II. Méthodologie

Justification de thème et Zone d'étude :

Localisée dans le District de Mitsinjo, Région Boeny, L'Aire Protégée Complexes Zones Humides Mahavavy-Kinkony couvre une superficie d'environ 302 400 ha. Elle a obtenu son statut de protection définitif le 21 Avril 2015. Elle est composée par plusieurs types d'habitats, allant de la Baie de Boeny, le Delta Mahavavy et la Baie de Marambitsy, regroupant les estuaires à forêt de mangroves avec une vaste vasière, les fragments de Forêt dense sèche protecteurs des bassins versants des zones humides dont la Forêt Classée de Tsiombikibo (77 000Ha) et de nombreux lacs. Le grand lac Kinkony est classé site Ramsar en juin 2012 avec 13 900 Ha

Figure 01 : Localisation de l'AP CMK (Source : Rado Andriamasimanana, 2011)



Méthode d'étude :

- Récapitulation des données disponibles depuis 2006 lors de la mise en place de l'Aire Protégée ;
- Consultation des documents pour la mise en place et de gestion de différentes catégories des Aires Protégées à Madagascar ;

Traitement des données scientifique pour évaluer l'évolution de cible de conservation ;

- Création de méthode d'évaluation des structures de gestion établie ;
- Recherche de mode de gestion adapté à la gestion des Aires protégées de l'Ouest de Madagascar.

III. Résultats

D'après les analyses et le traitement des données sur la mise en place de l'Aire Protégée, le mode de gestion du Complexe Mahavavy-Kinkony est concordé avec les Aires Protégées catégorie V de l'IUCN grâce à la gouvernance partagée. C'est la Plateforme locale MMZ (Marambitsy Miahny ny Zavaboahary) qui est Co gestionnaire avec Asity Madagascar, l'ONG promoteur. L'efficacité de gestion est constaté à travers l'élaboration de la charte des responsabilités, la création et mis en œuvre de Groupe d'OPJ pour la conservation de l'AP.

La validation par les services étatiques hiérarchiques qui sont étroitement impliqué dans la procédure de gestion a permis l'obtention d'un arrêté régional de protection et d'atteindre la bonne gouvernance. Le model de structure de gestion se résume dans le figure n° 02, en expliquant après les rôles respectifs des parties prenantes.

III. 1. Présentation schématique de modèle conceptuel de gestion adopté :

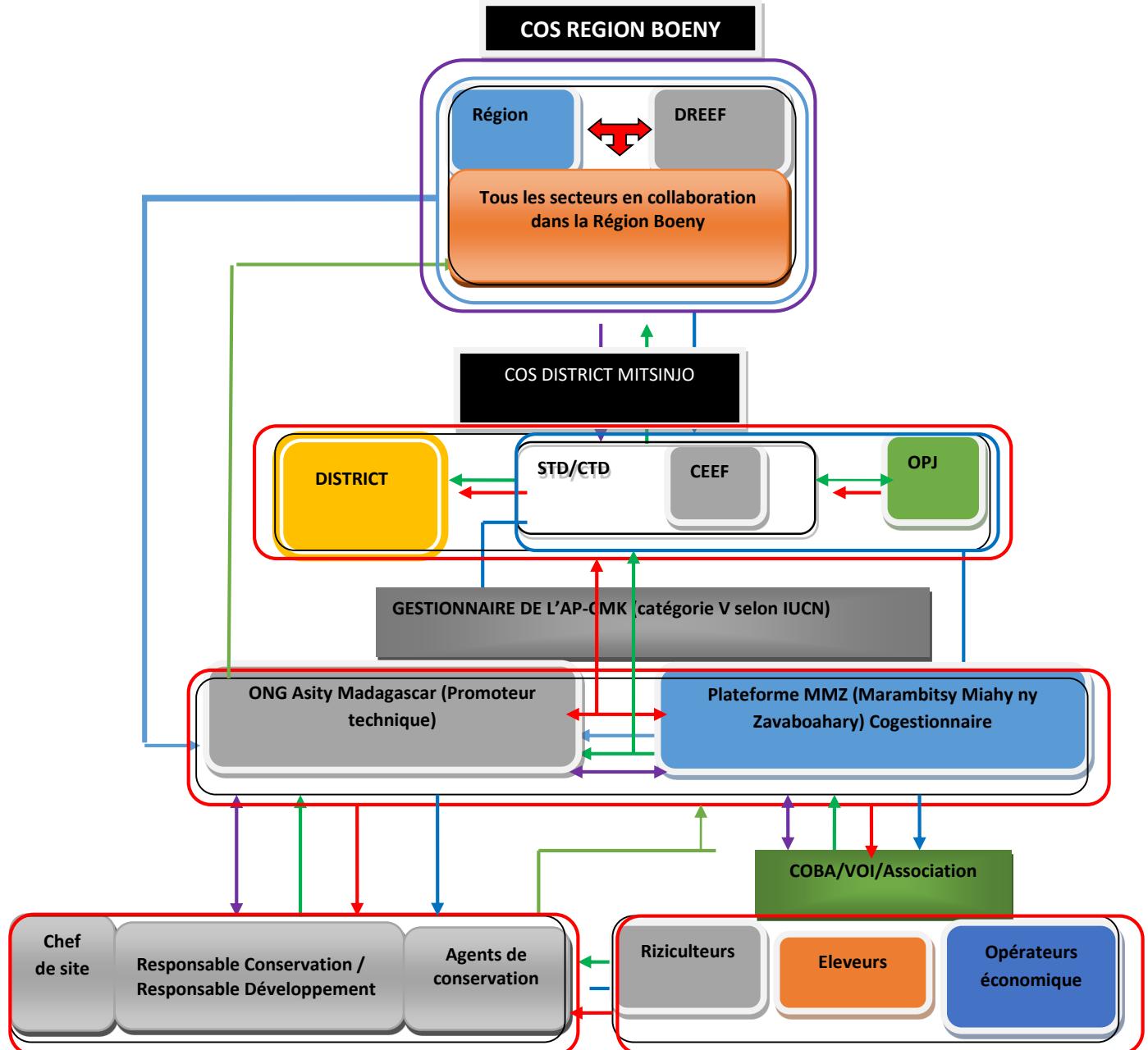


Figure 02 : Récapitulation de modèle conceptuel de gestion de l'AP CMK

LEGENDE :

- Planification
- Validation
- Compte-rendu
- Suivi
- Information

ABREVIATION :

- AP : Aire Protégée
- CMK : Complexe Mahavavy-Kinkony
- CTD : Collectivité territoriale Décentralisé
- DREEF : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Ecologie et des Forêts
- COBA : Communauté des bases
- COS : Comité d'Orientation et de Suivi
- MMZ : Marambitsy Miahny ny Zavaboahary
- ONG : Organisme Non Gouvernemental
- STD : Service Technique Déconcentré
- VOI : Vondron'Olona Ifotony
- OPJ : Officier de Police Judiciaire

Trois organes de gouvernance bien définis constituent l'ensemble de ce modèle à savoir :

- **Organes consultatifs:** Comité d'Orientation et de Suivi (COS régional) et COS district (CD, STD, CTD)

- **Organe de prise de décisions:** Comité d'Orientation et de Suivi ;

- **Organes exécutifs:** Plateforme MMZ (Marambitsy Miahny ny Zavaboahary) et Asity Madagascar.

Des obligations suivantes sont mise en place dans la procédure de gestion :

- **La planification :** En tant que gestionnaire technique, la plateforme MMZ en collaboration avec Asity Madagascar établissent la planification à partir de plan quinquennal et le Plan de Gestion de l'Environnement pour la protection Social et Sauvegarde (PGESS).

- **Le compte-rendu :** Dans le cadre de respect de la hiérarchie, le compte-rendu doit se faire :

- ASITY Madagascar et la Plate-forme MMZ, ont une obligation de compte-rendu envers les services techniques compétents/COS District en tant qu'organisme et structure œuvrant dans le domaine de l'Environnement et du développement rural dans le District. De même au COS régional qui est leur superviseur.

- Le COS District (CEEF, CIRHP, CIRAGRIS, et le CIREL), en tant que services techniques dépendants des Directions Régionales respectives, ont une obligation de compte-rendu à leurs supérieurs qui sont à leur tour tenues d'informer tous les autres membres du COS régional.

- **Le suivi :** Il doit se faire en respectant le pouvoir étatique et l'organisation en place. Ainsi :

- ASITY et MMZ doivent être suivis par le COS District ;
- Le CEEF, CIRHP, CIRAGRIS, et le CIREL doivent être suivis par leurs supérieurs hiérarchiques, qui sont tenus de prendre en considération les décisions du COS Régional. Ainsi, ce dernier doit effectuer le suivi de MMZ et ASITY Madagascar.

III.2. Procédure de gestion : « CONSERVATION et DEVELOPPEMENT »

Le schéma suivant représente la stratégie de la conservation dans ladite AP CMK :

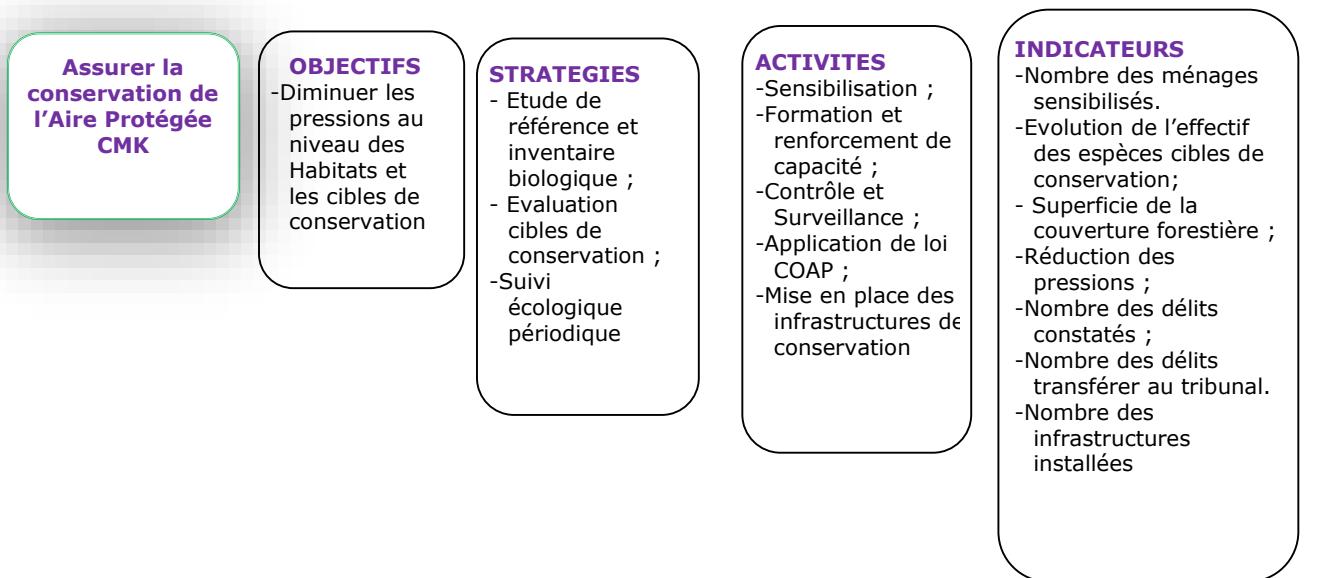
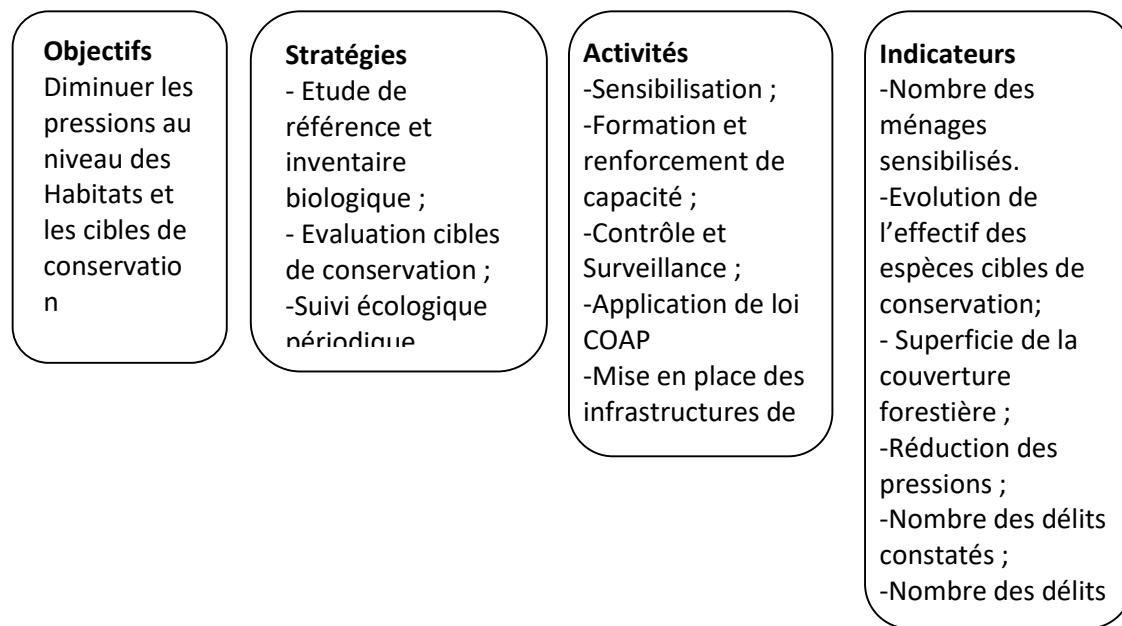


Figure 03 : Le modèle conceptuel pour la conservation dans l'AP CMK



Les activités de conservation ont des impacts sur les communautés locales, l'intégration des appuis au développement est indispensable pour assurer qu'il peut participer à la conservation de la biodiversité et gérer durablement les ressources naturelles. Il s'agit d'un modèle de cohabitation entre les activités de la conservation au développement durable. Le schéma se résume comme suit :

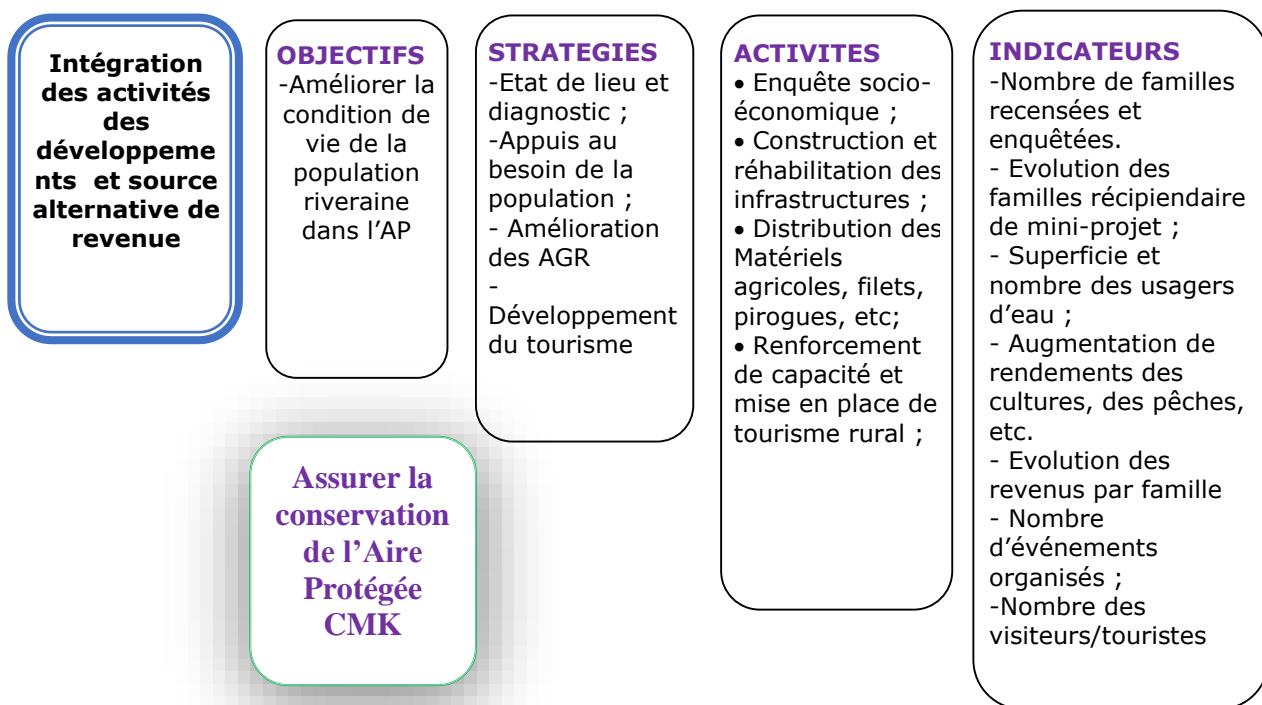


Figure 04 : Le modèle conceptuel pour les activités de développement

Grâce à l'opérationnalisation des structures de gestion, les pressions au niveau de différents écosystèmes dans ladite AP CMK ont visiblement diminué. Force est de constater que les cibles de conservation ont tendance à s'accroître, par exemple : l'espèce de *Amaurornis olivieri* (EN) ou Vorofaly, une espèce 1^{ère} cible de conservation, et caractéristique du grand Lac Kinkony augmente au nombre de 27 couples actuellement au lieu de 04 couples trouvés en 2009.

IV. Discussion

La préservation de la biodiversité et la réduction de la pauvreté sont fondamentalement reliées à travers une approche intégrée dans la gestion de l'AP CMK :

- Une assurance d'intégration dans les deux sens : une intégration réciproque qui permet d'assurer une meilleure gestion de la biodiversité et de retirer des avantages pour le développement ;
- Une volonté politique est mobilisée ;
- Un cadre permettant un dialogue entre toutes les parties prenantes (toutes les voix sont attendues) est en place : une plateforme robuste pour les outils d'intégration sectorielle de la biodiversité ;
- Un cadre institutionnel permettant d'intégrer les préoccupations liées à la biodiversité et au développement est offert : structure permettant l'adoption des processus décisionnels.

Conclusion

On a pu constater que ce modèle de conception, opérationnalisé par la charte des responsabilités et l'arrêté régional pour l'homologation de groupe OPJ dans l'Aire Protégée, joue un rôle très important pour assurer l'intégrité de la conservation. Ainsi la considération des activités de développement dans la procédure de gestion permet de faciliter la sensibilisation et la participation des COBAs dans la gestion durable des ressources naturelles.

Bibliographie

- Asity Madagascar, 2013. Plan d'Aménagement et de Gestion du Complexe Zones Humides Mahavavy-Kinkony, Région Boeny. Unpubl. Asity Madagascar.
- ANDRIMASIMANANA Rado, 2011. Etude des Impacts Ecologiques du Dynamisme Spatiotemporel des Habitats Naturels sur la Faune Menacée du Complexe Zones Humides Mahavavy-Kinkony (Thèse de Doctorat) pages 09-11 ;
- BIODEV, (2006). Analyse pour l'octroi d'un statut pour le Complexe Mahavavy-Kinkony
- TSIAVAHANAHARY T,Jorlin, Randrianjafy V, ANDRIAMASIMANA Rado, 2015: importance de l'AP CMK Pour la conservation de Amauornis olivieri, JJC.2015 (Antananarivo).
- VISION DURBAN, Afrique du sud, 8-7 septembre 200, 5^{ème} congrès sur les parcs, <http://uicn.org/thèmes/wpe2003/français/outputs/recommandations.htm>.

TROISIEME PARTIE : POTENTIALITES ET VALORISATION DE LA BIODIVERSITE

18. A la découverte de nouvelles molécules triperpéniques

Vincent E. RASAMISON,¹ Harinantenaina L. Rakotondraibe,² Stephan Rakotonandrasana,¹ Michel Ratsimbason,¹ David G. I. Kingston,³ Elie Rafidinarivo⁴

¹Centre National d'Application de Recherches Pharmaceutiques, B.P. 702, 101 Antananarivo

²Division of Medicinal Chemistry and Pharmacognosy, College of Pharmacy, The Ohio State University, Columbus, OH 43210

³Virginia Tech Center for Drug Discovery, M/C 0212, Virginia Tech, Blacksburg, Virginia 24061, USA

⁴Institut Supérieur de Technologie, B.P. 8122, 101 Antananarivo, Madagascar

Résumé

Quatre molécules ont été isolées à partir des feuilles d'une plante *Turraea sp.*, à savoir le nouvel acide triterpénique dénommé acide turranöïque (1) et un nouveau triterpène dimère, dénommé turraenine (2), avec l'acide triptocallique B (3) et l'acide esculentoïque (4). Tous les composés isolés (1-4) ont été évalués pour une activité antiplasmodiale contre la souche résistante à la chloroquine FCM29 de *Plasmodium falciparum*. L'acide turranöïque (1) était le plus actif (IC_{50} 5,2 μ M) parmi tous les composés testés. Les activités de l'acide triptocallique B (3) et de la turraénine (2) sont comparables (16,4 et 16,6 μ M, respectivement) alors que l'acide esculentoïque (4) n'est pas actif. Parmi les quatre composés isolés, seul le composé 1 a présenté une activité antiproliférative, bien que faible, contre la lignée de cellules cancéreuses de l'ovaire humain A2780 (IC_{50} 20 μ M).

Mots-clés : Plante, *Turraea*, Produits Naturels, Triterpènes, Bioactivité.

Introduction

Le genre *Turraea* appartient à la famille Meliaceae et compte environ 85 espèces dans le monde.¹ Les 24 espèces de *Turraea* rencontrées à Madagascar sont toutes endémiques. Certaines plantes du genre sont très utilisées en médecine traditionnelle. La plus connue est *T. sericea* ou « Fanazava » qui entre dans la composition des « sotromangidy » ou infusions amères jouissant d'une grande réputation pour leurs effets stimulant et aphrodisiaque.² Les espèces du genre *Turraea* sont riches en limonoïdes, triterpénoïdes et prégnanes.^{3,4}

Dans le cadre de notre recherche de nouvelles substances à propriété antimalarienne, une espèce non identifiée spécifiquement *Turraea sp.* a été sélectionnée pour une étude chimique approfondie car l'extrait éthanolique de ses feuilles a montré une activité antiplasmodiale *in vitro* sur la souche chloroquine-résistante FCM29 de *Plasmodium falciparum* avec une valeur de CI_{50} égale à 3,9 μ g/mL. Nous rapportons dans la présente communication l'isolement, l'identification et les activités antiplasmodiale et cytotoxique de deux nouveaux triterpénoïdes **1** et **2** issus de *Turraea sp.*

Partie expérimentale

Matériel végétal : Les feuilles de *Turraea sp.* ont été récoltées près du village d'Antenina à l'Ouest du Parc National de Zahamena en 2002, dans le cadre du projet ICBG.

Extraction et purification: L'extraction des feuilles de *Turraea sp.* par macération dans l'éthanol a fourni quatre extraits : hexanique, chloroformique, butanolique et aqueux. Le fractionnement chimique de cet extrait a été réalisé selon un processus bio-guidé comprenant un partage liquide-liquide suivi par des chromatographies sur colonne successives utilisant différents adsorbants (Schéma 1).

Identification structurale: Les structures chimiques ont été établies par l'interprétation des spectres de RMN et Masse, des analyses cristallographiques aux rayons X et par comparaison des données spectrales obtenues avec celles publiées dans la littérature.

Tests biologiques: Le test d'activité antiplasmodiale *in vitro* a été réalisé en utilisant la méthode fluorimétrique au SYBR Green I sur la souche chloroquine-résistante FCM29 de *Plasmodium falciparum*. Le test de cytotoxicité sur la lignée de cellules cancéreuses A2780 a été effectué en utilisant la méthode fluorimétrique au Bleu Alamar.

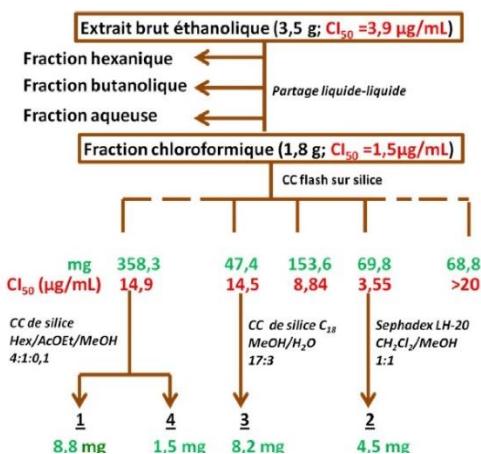


Schéma 1 : Protocole d'isolement des produits 1-4 issus de *Turraea sp.*

Résultats et discussion

Le fractionnement bio-guidé de l'extrait éthanolique des feuilles de *Turraea sp.* a conduit à l'isolement de quatre produits **1-4**. Les structures chimiques des produits **1 - 4** sont représentées à la figure 1. L'acide turranoïque (**1**) est un nouveau triterpène pentacyclique de type multiflorane. La turraenine (**2**) est le premier exemple naturel de triterpènes sous forme dimérique dans laquelle les deux monomères sont directement liés par un atome d'azote. Les produits **3** et **4** sont des triterpènes pentacycliques connus et identifiés respectivement à l'acide triptocallique B et l'acide ensculentoïque.

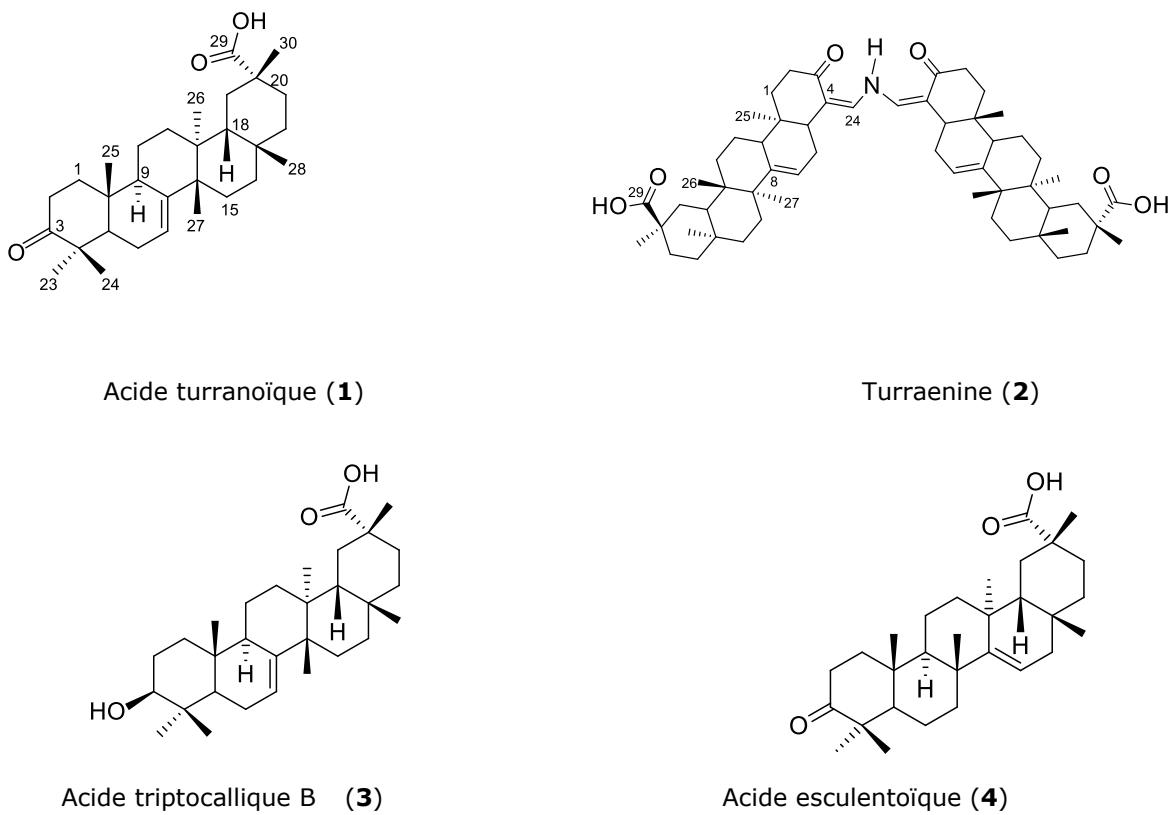


Figure 1 : Structures chimiques des produits 1-4 issus de *Turraea sp.*

L'acide turranoïque (**1**), la turraenine (**2**) et l'acide triptocallique B (**3**) ont montré une activité antiplasmodiale sur la souche chloroquine-résistante FCM29 de *Plasmodium falciparum* avec des valeurs de CI_{50} égales à 5,2, 16,6 et 16,4 μM , respectivement. L'acide ensculentoïque (**4**) était inactif dans ce test. Cependant, l'activité antiplasmodiale des produits **1 - 3** est faible si l'on compare à celle du témoin positif représenté par la chloroquine ($CI_{50} = 0,02 \mu\text{M}$).

Par ailleurs, l'acide turranoïque (**1**) a montré une faible cytotoxicité envers la lignée de cellules cancéreuses A2780 de l'ovaire humain avec une valeur de CI_{50} égale à 20 μM . Les produits **2-4** ont été inactifs dans ce test. Des triterpénoïdes de type multiflorane ont été rapportés dans *Sandoricum*.

indicum (Meliaceae). Ils inhibent la prolifération des lymphocytes et sont cytotoxiques envers les lignées de cellules cancéreuses HL-60 et P388 de la leucémie.⁵

Conclusion

Les résultats obtenus sur une plante non encore suffisamment identifiée spécifiquement au niveau taxonomique, constituent une indication sinon une confirmation sur les potentialités des plantes comme sources de nouvelles entités chimiques et substances naturelles d'intérêt biologique.

Références

- Mabberly, D. J. (1997) - The Plant Book, 2nd ed.; Cambridge University Press: Cambridge, UK, p 733.
- Boiteau, P., Boiteau, M., Allorge-Boiteau, L. (1999) – Dictionnaire des noms malgaches de végétaux. Editions Alzieu, Grenoble, France, pp. 298.
- Sarker, S.D., Savchenko, T., Whiting, P., Sik, V., Dinan, L. (1997) - Two limonoids from *Turraea obtusifolia* (Meliaceae), prieurianin and rohitukin, antagonise 20-hydroxyecdysone action in a *Drosophila* cell line. Arch Insect Biochem Physiol., 35: 211-217.
- Wang, X.-N., Fan, C.-Q., Yin, S., Lin, L.-P., Ding, J., Yue, J.-M. (2008) – Cytotoxic terpenoids from *Turraea pubescens*. Helv. Chim. Acta, 91: 510–519.
- Tanaka, T., Koyano, T., Kowithayakorn, T., Fujimoto, H., Okuyama, E., Hayashi, M., Komiyama, K., Ishibashi, M. (2001) - New multiflorane-type triterpenoid acids from *Sandoricum indicum*. J. Nat. Prod., 64: 1243-1245.

19. Valorisation des produits locaux pour la production de peinture biosourcée

RANDRIAMAMONJY Yvonne Anna, ROBISONARISON Guy Joel, RATEFY Herizo, RAKOTOMAVO Lalaomavo Pascaline, RAKOTOARIVONY Emma, TSIMIAHOTRA Dimby André

Centre National de Recherches Industrielles et Technologique

Résumé

Avant, les habitations étaient construites avec les matériaux accessibles localement, pris dans le sol, à partir de la végétation et des animaux. Ces matériaux étaient, en grande partie, biosourcés avant même que le terme ne soit créé. Par définition, un matériau biosourcé est l'ensemble des matériaux et produits dont une partie des matières premières est issue du monde du vivant. Madagascar avec sa biodiversité, constituent une source inépuisable de ces matières premières.

L'objectif est de montrer un exemple de partenariat public/privé, mettant en exergue une démarche à suivre pour la fabrication de produits biosourcés.

Dans le domaine de la finition des constructions, la plupart des produits biosourcés sont des produits qui étaient utilisés autrefois avant de tomber dans l'oubli, ce qui est à l'origine du choix de la peinture. Les matériels utilisés sont issus essentiellement des biomasses, végétale et animale ainsi que de l'argile.

Les produits obtenus sont des peintures à l'eau de différentes couleurs. Elles ont les caractéristiques requises pour être utilisées dans les bâtiments et spécialement destinés à des constructions préfabriquées. Les fiches techniques sont disponibles en fonction des utilisations souhaitées.

Les produits biosourcés sont redevenus intéressants car ils permettent d'atteindre des objectifs de développement durable, dans leur double dimension, environnementale et sociale. Ils apportent une alternative à l'utilisation de matières premières non renouvelables. Leurs performances techniques sont reconnues et ils permettent de créer des emplois. Enfin, ils redonnent aux terroirs les spécificités de leur écosystème régional par la valorisation des matières premières locales.

Mots-clés : matériau biosourcé, développement durable, écosystème régional, partenariat.

Introduction

La notion de pollution de l'air intérieur est définie comme « l'introduction par l'homme, directement et indirectement dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables, de nature à mettre en danger la santé humaine ». Dans les villes développées, les individus passent de 70 à 90 % de leur temps dans les espaces clos, et en particulier dans l'habitat où l'air intérieur n'est pas à l'abri de la pollution. L'utilisation dans les maisons de produits synthétiques, que ce soit par la construction, la rénovation, provoque la libération de composés chimiques dans l'air. La plupart de ces produits chimiques appartiennent à la grande famille des composées organiques volatiles (COV) et parmi eux, le formaldéhyde. Il est largement utilisé dans la fabrication des matériaux de construction, y compris la peinture. L'Union Européenne classe ce

produit, dans la catégorie 3 en tant que « substance préoccupante pour l'homme, en raison d'effets cancérigènes possibles mais pour lesquelles les informations disponibles ne permettent pas une évaluation satisfaisante ». Pour ces raisons, des recherches ont été entreprises au Centre National de Recherches Industrielles et Technologiques, en collaboration avec une société européenne ayant une filiale à Madagascar, ECOLOGIE DESIGN, en vue d'élaborer une peinture biosourcée et exempt formaléhyde.

Matériels et méthodes

Comme toutes peintures à eau pour bâtiment, elle contient les mêmes ingrédients de base que des peintures à eau pour bâtiment :

- Le liant qui est le composant principal de la peinture. Il sert à lier entre eux différents composants de la peinture et à la lier au support. Comme matière première biosourcée, ce rôle est assuré par de l'amidon préparé à partir de tubercule de manioc (Famille des *Euphorbiacée*)
- Les solvants servent à dissoudre ou à diluer le liant pour rendre la peinture plus fluide et applicable sur le support. Ils s'évaporent pendant le séchage et émis dans l'air ambiant. Ce rôle est assuré par l'eau et les extraits des feuilles de vigne fermentées (famille des *Vitaceae*). Il s'agit de feuilles issues de cueillettes ou cultivées.
- Les pigments sont les solides pulvérulents qui confèrent l'opacité et la couleur à la peinture. Ce rôle est assuré par les phases argileuses et les oxydes obtenus en les séparant par décantation à partir de terre crue. Les extraits des feuilles de vignoble fermenté jouent aussi à ce niveau le rôle d'agent coagulant en modifiant le pH.
- Etant donné que les peintures à eau doivent être conservées afin d'éviter la moisissure ou des contaminations par des bactéries, les additifs en tant que agents conservateurs entrent dans la composition. Ils sont obtenus à partir de différentes essences de plantes entre autres, ceux de girofliers (famille des *Myrtaceae*).

Le malaxage de ses éléments se fait à chaud, à une température de 100°C

La proportion entre les différents composants est variable en fonction des colorations voulues.



Figure 1 : La préparation à chaud de la peinture

Après refroidissement, les peintures sont mises en conditionnement.

Résultats et discussions

Les peintures à l'eau obtenues sont de teintes variées selon les couleurs des terres argileuses utilisées. Elles sont destinées pour la coloration des murs intérieurs.



Figure 2 : la palette de couleurs obtenues

Les caractéristiques mécaniques et physico-chimiques de la peinture sont résumées dans le tableau ci-après :

PARAMETRES	Valeurs et caractéristiques
Densité :	1,6
Extrait sec à 105°C	43,75 %

Cendres ménagées à 500°C	31,25 %
Durée de séchage	16 heures
Epaisseur de la feuille sèche	0,5 mm
Eclat	Mat
Teneur en Méthanal	inférieur à 0,001 ppm

Tableau 1 : Les caractéristiques mécaniques et physico-chimiques de la peinture



Figure 3 : La peinture blanche

Les résultats obtenus en laboratoire et avec un changement d'échelle en phase pilote sont intermédiaires afin de pouvoir collecter des informations pour la construction d'une usine de peinture biosourcée à Madagascar. Compte tenu des écosystèmes régionaux, il est possible d'élaborer plusieurs formulations de peinture biosourcée à Madagascar. Le manioc pousse dans toute l'Ile et l'argile est disponible dans plusieurs localités allant du rouge au jaune ocre, du gris vert au blanc.

Il est à noter que le formaldéhyde est aussi appelé méthanal ou aldéhyde formique. L'Organisation Mondiale pour la santé (OMS) a proposé en 2000 une valeur guide de la concentration en formaldéhyde dans l'air de 100µg/m³ sur une durée de trente minutes. Elle correspond à la plus faible concentration associée à une irritation du nez et de la gorge chez l'homme en population générale identifiée dans les littératures et aucune irritation n'a été constatée lors des essais des produits.

Conclusion et perspectives

Les essais que nous avons effectués avec de l'argile kaolinique de la Région de Vakinankaratra et les phases argileuses de latérites de la même région nous ont permis d'avoir une palette de couleur intéressante.

La proposition de montage d'une usine dans la Région d'Atsinanana est aussi une option intéressante, du fait de la proximité du port d'embarquement et des conditions climatiques favorables aux cultures car une orientation vers la production agricole des matières premières de base est nécessaire pour une meilleure maîtrise de la production et une assurance de la traçabilité. Elle permet aussi d'assurer la pérennité de l'activité tout en contribuant à l'éradication de la pauvreté dans le pays, tout en préservant la biodiversité.

Bibliographie

World Health Organisation, Regional Office for Europe, Copenhagen , Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition , 2000 ;ASPA-07088882301-ID ; La matrice des innovations théorie et pratiques, Pr RAFAMANTANANTSOA Jean Gervais, Bull.Acad.Malg,2005(2006)

20. Biodiversité, Tradition et Chimie : les colorants naturels pour un monde plus

« vert »

Herimalala RAHARITSIADIANA^{1, 3}, Marta ANDRIANTSIFERANA²

¹ Centre National de Recherches Industrielle et Technologique; ² Laboratoire de Chimie « Produits Naturels » et Biotechnologie

Introduction

Les teintures naturelles à travers le monde : Les Symposia sur les **teintures naturelles** – Ateliers Internationaux organisés par l'UNESCO à Hyderabad (Inde) en 2006, à La Rochelle (France) en 2011 (ISEND), à Taïpeh (Taïwan) en 2014 (WEFT) et tout récemment à Antananarivo (Madagascar) en mai 2017 (IFPECO), ont passé au peigne fin, non seulement la tradition et l'histoire des teintures naturelles, mais aussi les dernières acquisitions dans le domaine. Les intervenants, essentiellement des femmes artisanes, des professionnelles, mais également d'éminents scientifiques, ont mis en évidence l'extraordinaire richesse culturelle des teintures naturelles et la grande diversité des techniques traditionnelles à travers le monde.

Aussi, c'est à juste titre qu'en 2006 l'UNESCO a classé les teintures naturelles « Patrimoine Mondial de l'Humanité ». Depuis lors, on assiste pour elles un regain d'intérêt.

Biodiversité, tradition et teinture végétale à Madagascar : A Madagascar, en 2014, 236 plantes tinctoriales, dont 65 endémiques, ont été recensées par des botanistes rattachés au Missouri Botanical Garden [5].

Dans la Région de l'Amoron'i Mania, la tradition de la **teinture naturelle demeure** encore vivace auprès des tisserandes de soie sauvage. Elles sont rassemblées dans les deux villages de Soatanana et Sandrandahy. »

Le support le plus utilisé de longue date est la soie, en particulier la soie sauvage « Landibe », fibre noble qui occupe une place de choix dans la tradition malgache.

Ces savoir-faire traditionnels vont, néanmoins, finir par disparaître. Par conséquent il est nécessaire de "redécouvrir" ces pratiques ancestrales.

Il s'agit de tenter de comprendre les méthodes traditionnelles en se basant sur des connaissances scientifiques.

En d'autres termes, mettre au point des procédés de production d'extraits de colorants qui s'apparentent aux "traditionnels", et qui sont éco responsables, Les extraits ainsi obtenus seront efficaces, non toxiques, utilisables dans de nombreux domaines, tels que l'artisanat, l'agroalimentaire, et même le bâtiment.

Les recherches ont débuté par l'indigo dit « La Reine des teintures », très répandu et très recherché au plan international pour sa qualité.

Matériels et Méthodes

A. Matériel végétal : *I.Indigofera arrecta* Hochst

❖ Classification systématique [1]

Règne : Végétal

Sous-règne : Eucaryotes

Embranchement : Spermaphytes

Sous – embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous-classe : Rosidés

Ordre : Protales

Famille : Papilionacée

Genre : *Indigofera*

Espèce : *Indigofera arrecta* Hochst. ex. A. Rich



Figure 1 : *Indigofera arrecta*

❖ Noms vernaculaires [1 ;4]

Aika, Engitra, Netsy (Mlg), Indigotier chessé, indigotier (Fr). Natal indigo, Bengal indigo, Java indigo (En). Indigueiro, anileira (Po). Mnili (Sw).

B. Régions d'études

Les régions cibles ont été celles à forte potentialité pour la filière soie : régions d'Itasy et d'Amoron'i Mania.

C. Méthodes

I. Etudes en laboratoire

a. Extraction de la poudre d'indigo

Mécanisme de formation de l'indigo : L'indican est le précurseur de l'indigo dans les indigotiers. Il subit une dégradation et se transforme en indoxyle incolore et sucre par hydrolyse enzymatique. [2]

En présence de l'oxygène de l'air, deux molécules d'indoxyle se combinent pour former l'indigo selon le schéma suivant: [2]

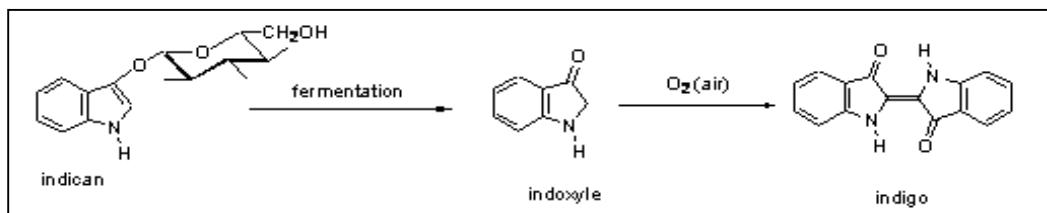


Figure 2 : Mécanisme de formation de l'indigo à partir de l'indican

Extraction : Au laboratoire, à (100,0±0,1) g de feuilles de *Indigofera arrecta* est ajouté 250 mL d'eau tiède. Le tout est mis à fermenter pendant 24 heures. Les feuilles sont retirées de la cuve de fermentation et de la lessive de cendres est ajoutée jusqu'à pH 11. L'oxydation par l'oxygène de l'air se fait par barbotage à l'aide d'un compresseur. La poudre d'indigo ILM1 est ensuite récupérée après centrifugation et séchage.

b. Analyse chromatographie sur couche mince (ccm) de l'extrait

Cette analyse préalable est indispensable afin de visualiser la composition de l'extrait. Les études en ccm utilisent comme solvant d'élution le mélange ternaire chloroforme/hexane/méthanol (7/4/1, v/v/v) comme solvant d'élution. Tous les chromatogrammes ccm ont été observés sous UV aux longueurs d'onde de 254 nm et de 365 nm. Les taches fluorescentes sont représentées en pointillés.

c. Purification par la méthode de solubilité différentielle

Le principe de la méthode est basé sur le fait que les deux composants de l'extrait ILM1, l'indigotine et l'indirubine, sont tous deux solubles dans le chloroforme, alors que seule l'indigotine est pratiquement insoluble dans le méthanol.

L'extrait brut a été préalablement dissout dans le chloroforme CHCl₃.

La phase liquide a été filtrée, la solution obtenue et a été évaporée à sec : extrait sec S1. On a procédé ensuite à une extraction au méthanol MeOH de S1, jusqu'à épuisement, pour obtenir le produit R104. Le résidu a été repris par du CHCl₃, ceci a conduit au produit B104. Sa pureté a été contrôlée par une analyse en ccm.

d. Analyses structurales de l'indigotine

Analyse en spectrométrie UV-visible : L'analyse a été effectuée au LME/CNRE.

L'enregistrement a été fait à l'aide du Spectromètre UV-Visible Biomate 3 MADISON WI 53711 USA (190-1100nm), avec une cuve de 2,5 cm³. On a préalablement procédé à l'obtention de la ligne de base pour le solvant CHCl₃. Le tracé de la courbe a été effectué « point par point », à intervalles réguliers de 5 nm.

Spectrométrie infrarouge : Le spectre IR a été enregistré sur Perkin Elmer Spectrum One Instrument du Centre Commun de Spectrométrie de Masse, UFR de Chimie-Biochimie, Université Claude Bernard, Lyon I.

L'enregistrement a été réalisé dans l'intervalle d'absorption en IR entre 4000 cm⁻¹ et 650 cm⁻¹.

Spectrométrie RMN : L'analyse en RMN a été effectuée au laboratoire de l'UFR mentionné ci-dessus. Les spectres RMN 1D (1H), RMN 2D [corrélation directe 1H-13C, HSQC et pour les longues distances (J2...J4) HMBC] ont été enregistrés dans D₂O et DMSO D₆.

Appareil et conditions expérimentales : DRX 500 Bruker (1997) ; 3 canaux, gradient de température (100°C- 120°C, 0,01°C) ; sonde micro-quantité (80µl, 2,5mm) gradient Z.

II. Essais de teinture et extraction à l'échelle artisanale

a. Conception de la cuve d'indigoterie, capacité 30 L

La cuve d'indigoterie conçue au niveau du CNRIT est en acier inoxydable. Pour réaliser les trois étapes de l'extraction [fermentation (trempage), oxydation (battage), et décantation (reposage)] au

sein d'une seule cuve, le matériel est doté d'une série de robinets, avec clapet anti-retour, et est muni d'une pompe manuelle, figure 11.

b. Extraction et teinture

Matériels

Méthode d'extraction

papier pH	Grouper les feuilles en une botte de 1kg et les mettre dans l'indigoterie
Thermomètre	Ajouter de l'eau à 35°C et laisser tremper pendant 24 heures.
pompe manuelle	Retirer alors les feuilles et ajouter la lessive de cendres jusqu'à pH ≥ 9 A l'aide de la pompe manuelle, faire barboter de l'air dans la cuve d'indigoterie. Ce "battage" doit durer environ 2 heures.
cuve d'extraction	Laisser reposer le mélange afin que les particules de colorant puissent se déposer au fond de la cuve
balance commerciale	Evacuer l'eau surnageante et récupérer le colorant à l'aide du robinet à la partie inférieure de la cuve
balance de précision	Faire bouillir le " <i>colorant obtenu</i> " afin de permettre à l'eau résiduelle de s'évaporer et d'obtenir une pâte sèche.
Lessive de cendres	
charbon de bois	
Support à teindre	

Méthode de teinture

L'indigo est maintenant mis à solubiliser dans un bain contenant 10 g de poudre et 5 L d'eau à 55°C dans lequel on rajoute de l'hydrosulfite de sodium et de la lessive de cendres jusqu'à avoir un pH de 10. Quand le bain prend une couleur jaune verte avec une pellicule bleue à la surface, on peut plonger la soie puis, secouer à l'air libre pour faire sortir la couleur bleue indigo.

Résultats et discussions

I. Etudes en laboratoire

a- Extraction

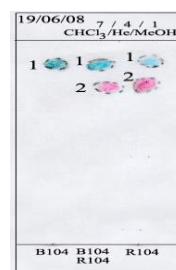
La poudre obtenue est de couleur bleu foncé. Le rendement de l'extraction est de 1,63%. Le rendement dépend de nombreux facteurs, dont l'origine de l'espèce végétale, les réactifs utilisés au cours de l'extraction, ainsi que de la saison de récolte et du stade de maturité de la plante.

b- Analyses chromatographiques

Les résultats des analyses en ccm des extraits ILM1 et IS sont présentés sur la figure 3.



Sur la figure 3, on note la présence de deux produits majoritaires taches 1 et tache 2, attribuables respectivement à l'indigotine et à l'indirubine et deux composés mineurs (taches 3 et 4) non identifiés.



c- Purification par solubilité différentielle

L'opération a conduit aux produits B104 et R104. B104 se présente sous forme d'une poudre bleue. La pureté de chacun des produits a été contrôlée par ccm. B104 et R104 ont été comparés avec ILM1 et IS. Les résultats sont présentés sur la figure 4. Le composé B104 se présente sous forme de tache unique en ccm, attribuable à l'indigotine. On peut donc admettre qu'il est pur. Par contre, R104 présente deux taches : il n'est par conséquent pas pur.

d- Analyses spectrales de l'indigotine pure
Spectrophotométrie UV-visible

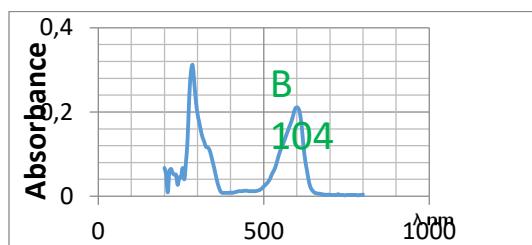


Figure 5: Spectre UV visible du composé B104 [6]

Le spectre infrarouge du composé B104 avec quelques absorptions caractéristiques est présenté sur la figure 6.

Le pic d'absorption à $\lambda = 290\text{nm}$ est attribuable au chromophore oxindole [3]. Celui à $\lambda = 610\text{nm}$ est caractéristique de l'indigotine. En effet, au sein de la molécule, on a une hyperconjugaison avec la contribution du doublet libre de chaque atome d'azote du système dimère. Ceci correspond à l'absorption à une longueur d'onde plus élevée.

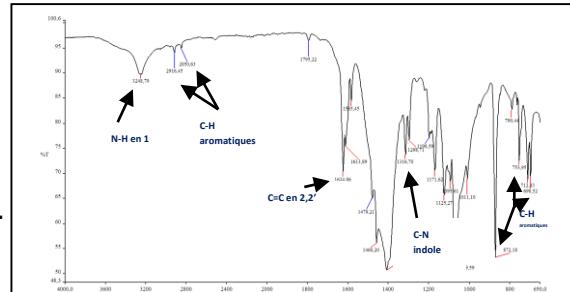


Figure 6 : Spectre infrarouge du composé B104 [6]

Spectrométrie RMN

Les spectres RMN ^1H , HSQC et HMBC et leur interprétation sont présentés respectivement sur les figures 7, 8, 9.

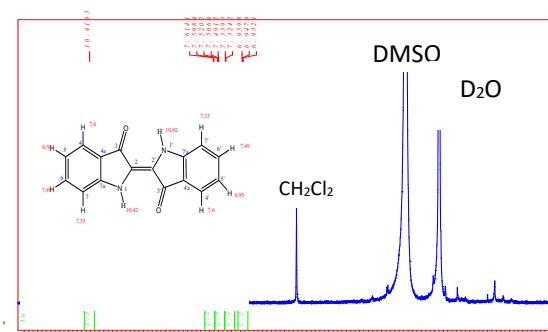


Figure 7 : Spectre RMN ^1H de l'indigotine [6]

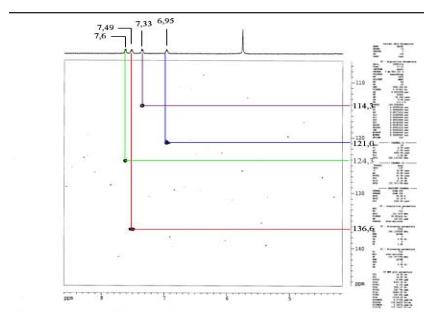


Figure 8 : Spectre RMN HSQC de l'indigotine [6]

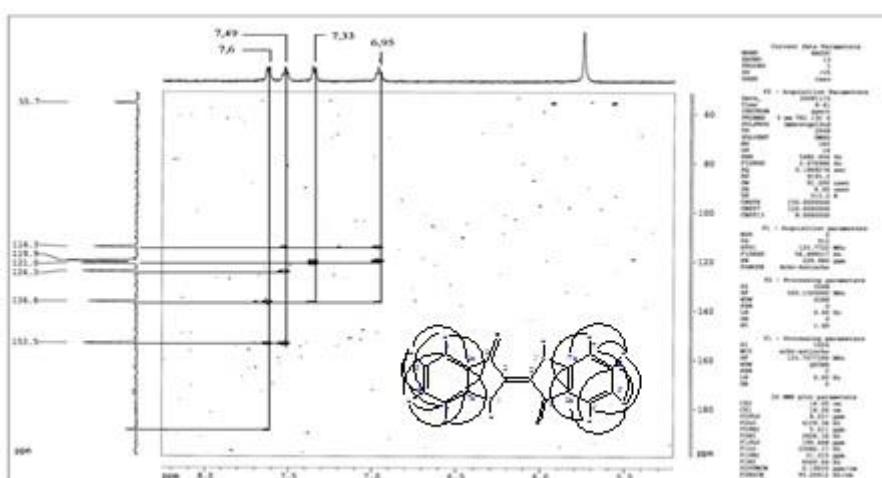


Figure 9 : Spectre RMN HMBC de l'indigotine [6]

Note : Les trois pics intenses à : $\delta = 2,25 \text{ ppm}$; $\delta = 3,33 \text{ ppm}$; $\delta = 6,76 \text{ ppm}$ sont attribuables respectivement aux deux solvants D_2O , DMSO, D_6 et au CH_2Cl_2 résiduel.

Essais de teinture et extraction à l'échelle artisanale

a- Rendement d'extraction : Le prototype d'extraction de poudre d'indigo est présenté dans la

figure 10. Les procédures de dépôt de brevet sont en cours. C'est une cuve 3 en 1 de capacité 70 L qui peut traiter jusqu'à 30 kg de feuilles d'indigotier par extraction. Les essais d'extraction ont été concluants et on peut dire que le matériel est fonctionnel.

Le traitement de 30 kg de matière végétale a permis d'obtenir 915 g de poudre. Ce qui correspond à un rendement de 3,05%. On remarque que le rendement est élevé par rapport à celui obtenu au laboratoire.



b- Résultats de teinture : Les supports utilisés sont des fibres de soie sauvage. Les résultats de bleu sur la figure 11 obtenus avec l'espèce végétale *Indigofera arrecta* sont encourageants. En collaboration avec l'ONG SAHA, 200 artisans des Hauts Plateaux ont été formés sur les techniques d'extraction et de teinture à l'indigo, figure 12.



Figures 11 et 12 : Résultats de teinture sur la soie

Pour les couleurs autres que l'indigo. Les essais de teinture sur différents types de fibres ont permis la sélection des espèces végétales les plus performantes. Les études sont en cours. Les plus représentatives de ces espèces sont résumées dans le tableau 1.

Tableau 1: Espèces sources de couleurs, études en cours

Espèce végétale	<i>Pisolithus arhizus</i> (Scop. : Pers.) S. Rauschert	<i>Aloe vaombe</i> Decorse & Poiss.	<i>Psiadia altissima</i> (DC.) Benth et Hook	<i>Harungana madagascariensis</i> Lam. ex Poir.
Nom vernaculaire	Taikininina	Vahombe	Dingadingana	Harongana
Partie(s) utilisée(s)	champignon entier	peaux des feuilles	feuilles	écorce
couleur obtenue	marron-brun-noir	rouge	vert	jaune

Conclusion

Ce travail se divise en deux parties:

Analyse chimique : L'indigotine, composant majoritaire responsable de la couleur bleue de l'indigo, a été obtenue à l'état pur. Sa pureté avait été contrôlée par ccm. Sa détermination structurale avait été réalisée sur la base de ses données en UV-visible et IR, en RMN ¹H, HSQC, HMBC.

Expériences de teinture : La féculle d'indigo a été obtenue par macération dans l'eau tiède des parties aériennes, suivie de sa précipitation en milieu basique. Une cuve d'extraction à l'échelle artisanale est déjà au point. Les expériences de teinture ont été effectuées sur les fibres "landibe" et "landikely". Par la suite, les acquis ont fait l'objet de séances de formation d'artisans tisserands.

A notre connaissance, ce travail original concernant la « Teinture à l'indigo » a été entrepris pour la première fois à Madagascar.

Perspectives : Il ne fait de doute que la filière teinture végétale à Madagascar a un avenir prometteur. La filière mérite d'être valorisée car d'une part un nombre non négligeable de Malgaches a la volonté d'entreprendre. D'autre part, le marché des produits naturels existe et prend de l'ampleur en Europe, aux Etats Unis, ... En marge de ce mouvement de redécouverte des traditions ancestrales et des pratiques écologiques, se profile le "tourisme culturel", dès lors que la population locale décide d'offrir des produits authentiques et originaux à l'image de la flore et la faune malgache.

Références bibliographiques

- BURTE J.N. , Le bon jardinier, Encyclopédie horticole, La Maison Rustique, 153è Edition, Paris, (1992), pp 1920-1921
- CARDON D., Le monde des teintures naturelles, Belin, Paris, (2003), pp 256-389
- CHANAYATH N., LHIEOCHAIPHANT S., PHUTRAKULL S., Pigment Extraction Techniques from the leaves of *Indigofera tinctoria* Linn. And *Baphicacanthus cusia* Brem. and Chemical Structure Analysis of Their Major components, in *CMU Journal*, Vol . 1 (2), (2002), pp149-160
- ETHEVE A. M., Manuel de teinture naturelle : exemple de Madagascar. Soie et autres fibres. Coopération française, CITE, Antananarivo, (2005), 52 pages
- MISSOURI BOTANICAL GARDEN, *Tableau des plantes tinctoriales* [DVD]. MBG, (2004).
- RAHARITSIADIANA H.1. Etude en vue de l'obtention de la teinture Indigo d'origine végétale pour la soie de Madagascar 2. Analyses chimique et structurale approfondies de l'indigotine, 1H,1'H[2,2']Bisindolylidène-3,3'-dione, isolée de *Indigofera arrecta* Hochst de Madagascar, Mémoire de DEA Chimie organique, Option Produits naturels, Faculté des Sciences, Antananarivo, (2008), 96 pages.
- REMERCIEMENTS:** CNRIT Madagascar, Laboratoire LPNB Madagascar, ONG SAHA Madagascar, CITE Madagascar, Laboratoire CPE/UCBL Lyon, Laboratoire LME/CNRE Madagascar, Artisans partenaires...

21. Ethnoécologie des plantes médicinales les plus utilisées par les femmes, cas de la Nouvelle Aire Protégée d'Antrema et forêt d'Andriamisara-Ambalakida, Région Boeny

Jolicia.Baptistine RAVONIARISOA ; H. L.T. RANARIJAONA ; C. HARPET

Ecole Doctorale Ecosystèmes Naturels – Université de Mahajanga

Résumé

Les habitants en milieu rural et/ou habitent loin des centres de santé ont tendance à utiliser des plantes médicinales pour se soigner. Leur faible pouvoir d'achat les oblige aussi à la pratique de la médecine traditionnelle. Des enquêtes ont été réalisées dans deux sites : à Antrema (Antrema Aranta et Andafiroa, Ambanjabe, Beankama, Bako) et à Ambalakida, auprès des 67 femmes de 17 à 66 ans, rencontrées au hasard. Au total, 61 plantes médicinales ont été recensées avec leurs usages thérapeutiques (accouchement, allaitement, grossesse, trouble menstruelle, avortement, maladie sexuelle transmissible, cosmétique). Un catalogue des plantes médicinales, avec leurs modes de préparation et les dosages respectifs a été dressé. La feuille et l'écorce sont principalement les parties les plus utilisées. Les recettes sont composées de plantes uniques ou en association avec des autres plantes et sont préparées essentiellement par décoction et administrées par voie orale et en bains. La plupart de ces espèces ont été prélevées dans la forêt mais certaines sont trouvées dans la cours et autour du village.

Mots clés : ethnoécologie, plantes médicinales, femmes, matrone, NAP Antrema, Ambalakida.

Introduction

A Madagascar, depuis les temps les plus anciens, nos ancêtres ont eu recours aux plantes médicinales pour leurs propriétés thérapeutiques, cosmétiques, chimiques, pharmaceutiques, agro-alimentaires ainsi qu'industrielles. Ces plantes médicinales constituent un patrimoine précieux pour l'humanité. Actuellement, elle est encore présente surtout dans les pays en voie de développement, qui vivent loin ou en absence des centres médicaux. (Tabuti et al, 2003 et 2007).

Selon l'OMS, 80% de la population malgache, en 2007 ont recours à la médecine traditionnelle et à la pharmacopée traditionnelle pour faire face aux problèmes de santé. De génération en génération, ils ont transmis leur savoir et leurs expériences simples, en s'efforçant quand ils le pouvaient de les consigner par écrit ou oral. Malgré les progrès de la pharmacologie, l'usage thérapeutique des plantes médicinales est très présent dans certains pays du monde, dont Madagascar.

Madagascar, par sa position biogéographique, offre une très grande diversité écologique et floristique. En outre, elle présente un fort taux d'endémicité floristique et faunistique, environ 83% des plantes sont endémiques (Mittermeier et al, 2014).

Cette île est réputée pour sa richesse floristique unique au monde avec taux d'endémicité très élevé, 12 000 espèces ont recensées dont plus de 85 % ne se trouve nulle part ailleurs. Elle constitue un

énorme laboratoire pour les recherches dans les domaines pharmaceutique et phytochimie. Une école sur la médecine traditionnelle a été créée en 2006 dans la capitale pour mieux connaître, valoriser et préserver la flore qui présente une valeur patrimoniale précise pour l'homme et plus particulièrement pour la majorité des communautés des pays qui en dépendent pour assurer leurs soins de santé primaires. Les populations malgaches ont une longue tradition médicale et un savoir-faire traditionnel à base de plantes médicinales. Par ailleurs, une forte tradition éthnomédicinale et encore vivante dans toutes les régions de Madagascar.

La transmission des savoirs thérapeutiques ancestraux, qui s'effectue très souvent de façon orale dans toutes les régions malgaches, se trouve menacée. D'où la nécessité et l'urgence d'inventorier ces connaissances ancestrales sur les plantes médicinales, dans le but de sauvegarder cette activité thérapeutiques et pharmacologique intéressantes.

Dans le cadre de cette étude, les plantes et préparations médicinales traditionnellement utilisées dans le traitement féminin, dans trois communes de la région Ouest de Madagascar (Katsepy et Ambalakida) ont été répertoriées. D'où la réalisation de la présente étude sur l'Ethnoécologie des plantes médicinales les plus utilisées des femmes dans la NAP d'Antrema et forêt d'Andriamisara-Ambalakida, région Boeny, Mahajanga-Madagascar. Cette étude a pour objectif principal, de comprendre les interactions existantes entre savoir traditionnel et l'utilisation des plantes médicinales dans les deux sites d'étude, afin de gérer durablement et rationnellement les espèces médicinales dans les deux forêts. Alors que notre travail nécessite : de (1) contribuer à l'identification des plantes médicinales surtout utilisées pour les femmes et leurs usages respectives, de (2) représenter les principales causes de menaces sur ces espèces forestières, de (3) proposer des solutions à la gestion durable pour les plantes ayant des vertus médicinales existantes.

Les zones d'étude

L'étude a été menée dans la zone Nord-Ouest de Madagascar. Les deux sites appartiennent ont été concernés pour réaliser notre étude sur terrain, dont la NAP d'Antrema et forêt d'Ambalakida. (Figure 1) Les deux sites se trouvent dans la région Boeny.

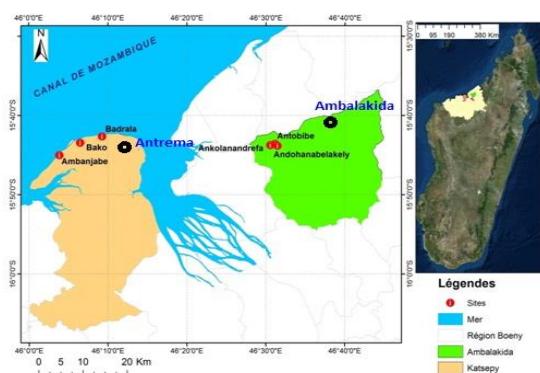


Figure 1 : Carte de la localisation des zones d'étude

Méthode d'étude

Des recherches bibliographiques concernant le thème d'étude a été effectué avant et après les décentes sur terrain. Nous avons mené des enquêtes ethnobotaniques dans les zones étudiées afin d'avoir le maximum d'information concernant l'usage des plantes médicinales par la population locale. Des méthodes de Fauroux E., 2003, et Harpet. C., en 2014, ont été appliquées pour réaliser cette étude. Pour réaliser l'inventaire des espèces végétales dans les sites d'étude, les méthodes des relevés écologiques telles que la méthode de Braun Blanquet, Gautier et QCP (Quadrat Centré en un Point) ont été retenue. Enfin, des fosses pédologiques ont été faites pour étudier le substrat de chaque relevé.

Analyse des données et Analyses statistiques

Toutes données recueillies ont été traitées par Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) et Analyse de correspondance Multivarié (ACM), en utilisant le logiciel R. Les données obtenues lors des enquêtes ethnobotaniques sont été permis d'évaluer la diversité des espèces médicinales, les fréquences de leurs utilisations et les modes préparations des remèdes. Cette étude est basée sur les plantes utilisées pour les soins de la femme. Trois catégories ont été les classées :

- Espèces forestières à usages multiples endémiques ou autochtones

- Les espèces médicinales pratiquées essentiellement par les femmes. Les espèces utilisées pour les soins enfantines et pour le sexe masculin font partie aussi de cette étude.
- Indice d'utilisation élevé : à calculer d'après la formule de Lance et al. 1994
 $I.U (\%) = (n/N) \times 100$

D'où n : nombre des personnes citant les espèces

N : nombre total des personnes enquêtées

I.U : Indice d'Utilisation en %

- Si $60 < I < 100\%$: l'espèce est moyennement connue
- Si $30 < I < 60\%$: l'espèce est moyennement connue et moyennement utilisée
- Si $I < 30\%$: l'espèce est peu connue et peu utilisée

Résultats

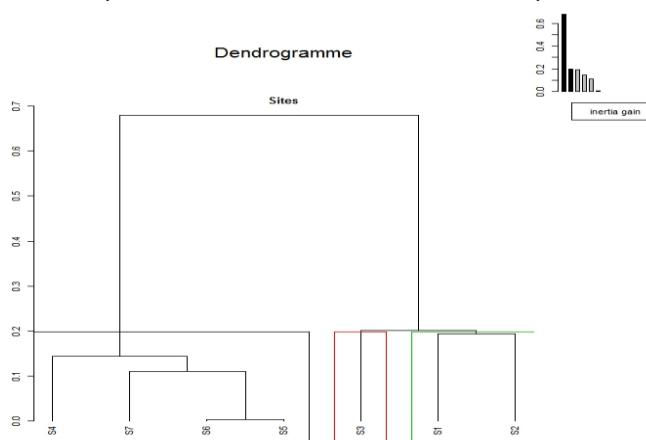
Au total, 45 femmes (trois matrones) et 20 hommes ont été interrogés. Les informations recherchées ont concerné les plantes à vertus médicinales, les parties exploités, le mode de collecte, les pathologies traitées et le mode de préparation des recettes.

Les espèces les plus utilisées par les femmes et/ou les matrones sont *Tarenna madagascariensis*, *Cedrelopsis grevei*, *Abrus precatorius*, *Tristemma mauritianum*. Les recettes sont composées des plantes uniques ou d'association avec d'autres plantes.

Les parties des plantes les plus utilisées sont la feuille avec le taux de 46, 35%, et l'écorce 20,40% la plante entière 12,50 %. Les recettes sont préparées essentiellement par décoction et administrées par voie orale et en bain. La consommation de l'espèce *Cedrelopsis grevei* est interdite pour les femmes enceintes.

Selon l'IU, 11 espèces ont été trouvées comme étant les plus utilisées par les femmes. Parmi eux, six (6) espèces sont classées dans les espèces très connues et très utilisées, telles que, *Abrus precatorius* (65,14%), *Cedrelopsis grevei* (80,21%), *Cinnamosma fragrans*(84,02), *Tristemma mauritianum* (68,25%), *Tarennia madagascariensis* (61,07%), *Ficus sakalavarum* (55,55%). Ainsi que, cinq (5) espèces sont moyennement connues et moyennement utilisées telles que : *Anisocyclea grandidieri* (50,01%), *Centella asiatica* (57,13%), *Erhythroxylum nitidulum* (43,18%), *Uncaria decaryi* (57,02%). *Poupartia caffra* (27,77%).

D'après la AFC(Figure 2), le regroupement est subdivisé en deux grands ensembles dont le premier groupe est formé des sites 4, 5, 6 et 7 et le deuxième groupe est composé des sites 1, 2 et 3. Certaines espèces de plantes médicinales ont un usage similaire dans les sites étudiés. Cela est confirmé par la AFC sur la distribution des espèces.



Figue 2 : Dendrogramme des sites d'étude

Discussion

Cette étude nous a permis de recenser soixante une (61) espèces de plantes réparties en permis en 34 Familles. Les familles Fabaceae et Apocynaceae sont les plus représentées dans cette étude. La feuille, l'écorce et la plante entière constituent la partie les plus utilisées et le décocté est le mode de préparation le plus pratiqué par la population locale. Les modes d'administration les plus sollicités sont la voie orale et la voie cutanée (en bain). La majorité des plantes ont été utilisées dans les soins post-partum, suivi de l'accouchement.

Les enquêtes ethnobotaniques réalisées dans les deux villages (Antrema et Ambalakida) ont permis de recenser 61 espèces médicinales utilisées pour les femmes. Parmi ces plantes, 26,22% sont utilisées pour les soins post-partum ; 19,67% sont des espèces utilisées pour l'accouchement ; 11,47% celles en cosmétique ; 6,55% pour la lactation ; 4,91% pour la grossesse et 14,47% en traitant les autres maladies.

Dans cette étude nous avons fait connaître, révéler au public les pratiques traditionnelles ainsi constituer une liste de plantes médicinales utilisées par les femmes. Au cours de cette étude, les jeunes rencontrés ne portent aucun intérêt à la Médecine Traditionnelle. Par ailleurs, ces résultats peuvent être considérés comme une base des données pour les chercheurs scientifiques (de la phytochimie et pharmacologie) en vue de vérifier les indications thérapeutiques.

- **Données de l'inventaire floristique**

Selon l'AFC, dans le premier groupe, Ambalakida (S4, S5, S6 et S7), le site 7, a la même composition floristique des sites (1, 2 et 3), Antrema.

Certaines espèces sont communes dans les deux sites tels que *Cedrelopsis grevei*, *Adenia olaboensis*, *Stereospermum euphoroides*, *Melleastrum rakotozafyi*.

Dans les deux forêts, les pressions anthropiques sont les principaux facteurs qui affectent significativement la diversité et la richesse floristique.

Conclusion

Cette étude a souligné le rôle des matrones et la relation entre la population locale aux les plantes dans la NAP d'Antrema et d'Ambalakida. L'étude ethnobotanique sera très utile pour les scientifiques en vue d'étude ultérieures. Ces études permettront d'identifier les plantes médicinales pour le bien-être des femmes.

La racine est l'organe le mieux utilisé pour les soins des femmes. Après leur extraction, le problème de la survie des espèces se pose.

Pour une meilleure utilisation des plantes médicinales, tout en préservant les ressources naturelles, une politique de sensibilisation des tous les utilisateurs doit être élaborée. Enseigner en bonne pratique de récolte des espèces ayant des vertus médicinales, la gestion et la protection des plantes *in-situ*. Pour réduire les risques de disparition, il est impératif d'entreprendre l'écologie des espèces rares ou en voie de disparition, trouveront une solution de survie par la régénération. Ainsi, la replantation et la restauration de ces espèces seront nécessaires pour les sauvegarder.

Remerciements

Nous tenons remercier le MNHN pour financer notre étude sur travail dans la NAP d'Antrema ainsi que Le Président de VOI de la forêt d'Andriamisara à Ambalakida pour leur accueil.

Références bibliographiques

- Cherian T. Effect of papaya latex extract on gravid and non-gravid rat uterine preparations *in vitro*. *Journal of Ethnopharmacology*, 2000, 70(3), 205-212.
- Harpert, C. (2014) *Au pied de l'arbre (Ambokyahazo) : pensée malgache du végétal*, In : A l'ombre des forêts. Usages, images et imaginaires de la forêt. Paris : L'Harmattan. 248 p.
- Fah L, Klotoé JR, Dougnon V, Koudokpon H, Fanou VBA, Dandjesso C, Loko F., 2013. Étude ethnobotanique des plantes utilisées dans le traitement du diabète chez les femmes enceintes à Cotonou et Abomey-Calavi (Bénin). *Journal of Animal & Plant Sciences*. Vol.18, Issue 1: 2647-2658.
- Fauroux, E. (2002) Les sociétés rurales de l'Ouest malgache : des transformations profondes et complexes. *Afrique contemporaine*. 202-203. 111-132.
- Fauroux, E. (2003) *Comprendre une société rurale : une méthode d'enquête anthropologique appliquée à l'Ouest malgache*. Paris: Gret. 152 p.
- Mittermeier, R.A., Louis, E.E., Langrand, O., Schwitzer, C., Gauthier, C. Lahsissen, H., 2010. Recherches ethnobotaniques et floristiques des plantes médicinales utilisées dans la région de Zaïr (Maroc occidental). Thèse de Doctorat National, Université Mohamed V, Facultés des Sciences, Rabat, Maroc, 258p
- Olivier M, Sanon, L. 2001. Rôles des femmes et des tradipraticiens dans la conservation et la valorisation de la biodiversité dans le sud-ouest de Burkina Faso ; *In pratiques culturelles, la sauvegarde et la conservation de la biodiversité en Afrique de l'Ouest et du Centre*. Acte du séminaire-Atelier, Ouagadougou (Burkina Faso), 18 au 21 juin ; 61-75.
- OMS (2007). "Principes méthodologiques généraux pour la recherche et l'évaluation de la médecine traditionnelle." Organisation mondiale de la Santé.

- Pouget, M. (2001). Place de la médecine traditionnelle dans la santé de la mère et de l'enfant aux Comores. *Thèse d'exercice* (82). UNIVERSITE DE BORDEAUX, France.

Rabarison H, et al., 2011. Ecologie de *Cedrelopsisou Katrafay*, plantes à usage multiple de Madagascar. 36p.

Ranarijaona, H, L, T., Tsitomotra, A., Ravoniarisoa, J, B., Andrianasetra, G, S., 2012. Les plantes magiques traditionnelles les plus réputées par les femmes de la ville de Mahajanga. 19 p.

Rivière C., Nicolas J.P., Caradec M.L., Désire O., Schmitt A. Les plantes médicinales de la région Nord de Madagascar : une approche ethnopharmacologique. *Ethnopharmacologia*, 2005, 36-40.

Roger, Edmond, Rakotondrabe Ionitina, Rajeriarison Charlotte, RakanirinaHerisoa et Rabarison Harison, 2012. Plantes médicinales et pharmacopée traditionnelle de la Station Forestière à Usage Multiple d'Antrema (Site bio-culturel d'Antrema, Région Boeny-Mahajanga). 61p.

Tabuti et al, 2003. Traditional herbal drugs of Bulamogi, Uganda: plants, use and administration. J; Ethnopharmacology 88: 10-44.

22. Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la nouvelle Aire Protégée de Tsinjoraiake, cas d'Ankilibe et Ankoronga, Région Sud –Ouest

RASOAVOLOLONJAHARY M.F.H., YOUSSEUF J.A.I.

Faculté des Sciences/Université de Toliara

INTRODUCTION

La flore de Madagascar est connue comme étant l'une des plus riches et des plus originales du monde avec plus de 12 000 espèces (RAZANAKA, 2004), y compris les plantes médicinales. Les écosystèmes du Sud et Sud-ouest abritent de nombreuses espèces à vertus médicinales et thérapeutiques (MIASA,2005). Et la médecine traditionnelle a toujours occupé une place importante dans la Région Sud-ouest de Madagascar. De plus, la pauvreté et la tradition constituent les facteurs qui poussent la population riveraine à utiliser largement les espèces végétales de leur territoire. Ainsi, la majorité de la population aux environs de l'aire protégée (AP) utilise les plantes médicinales comme une source de soins médicaux. Par conséquent, la collecte des espèces médicinales pour les besoins quotidiens peut devenir néfaste, si elle dépasse le seuil de régénération soutenable par les ressources utilisées. Cette étude a pour objectif d'établir un catalogue des plantes médicinales et de réunir toutes les informations concernant les usages thérapeutiques des plantes par les populations locales.

I- DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

La zone d'étude se trouve dans la Nouvelle Aire Protégée Tsinjoraiake, District de Toliara II, Région Sud-ouest de Madagascar, plus précisément dans les Fokontany Ankilibe et Ankorongra.



Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

II- METHODOLOGIE

La méthodologie de recherche s'effectue en 2 phases :

- La première phase qui consiste à l'inventaire floristique, en adoptant la méthode de transect de GENTRY en 1983,1988. Une ligne droite mesurant de 100m de long et 2 m de large a été mise en place pour inventorier les espèces floristiques y présentes.
- La deuxième phase: des enquêtes ethnobotaniques basées sur une fiche d'enquête ont été faites auprès des différentes catégories des personnes dont les matrones, les guérisseurs, les tradipraticiens, ainsi que les populations locales.

III- RESULTATS ET DISCUSSIONS

1- Diversité floristique de la zone d'étude:

137 espèces appartenant à **42 familles** dont **2 familles** comportent de nombreuses espèces (supérieures à 10% des espèces recensées), ce sont les familles de Fabaceae (11%) et Euphorbiaceae (8%) (figure 2). D'après les inventaires effectués par RAHARINIRINA en 2009, ces deux familles représentent également un pourcentage élevé. Ainsi, elles sont les familles typiques de la forêt sèche du Sud-ouest.

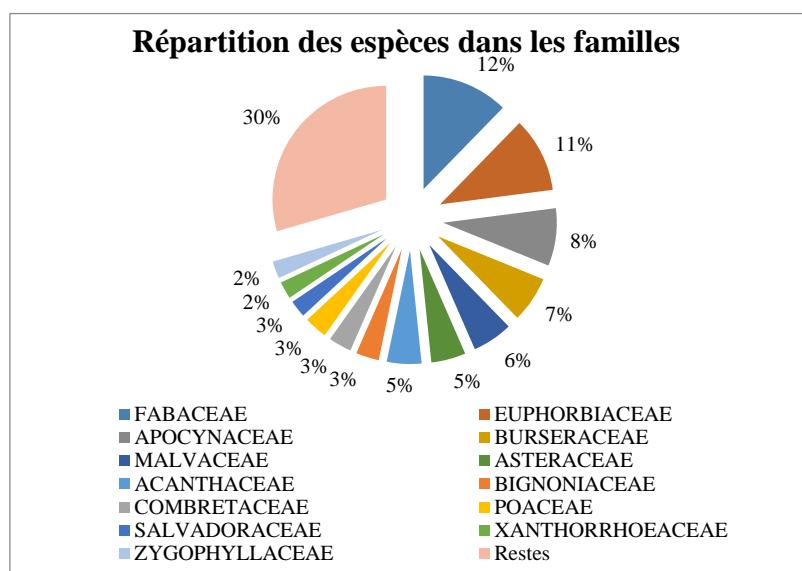


Figure 2 : Répartition des espèces par famille

Parmi les 137 espèces recensées, **73 espèces regroupant en 63 genres et 36 familles des plantes ont des vertus médicinales**. Ces plantes médicinales appartiennent aux familles des Fabaceae, Euphorbiaceae, Apocynaceae, Burseraceae et Asteraceae.

2- Les parties végétatives utilisées

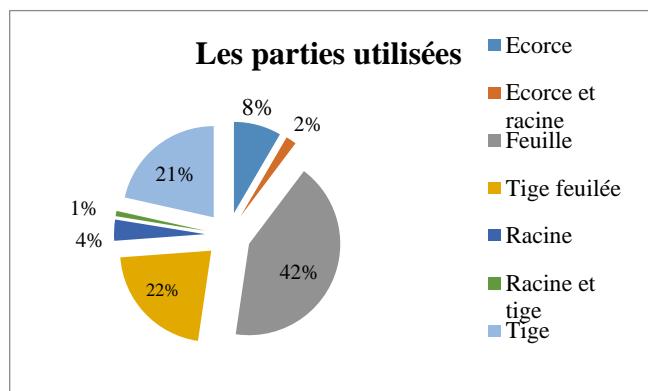


Figure 3 : Les parties végétatives utilisées

D'après les résultats obtenus, les feuilles (42,05 %) sont la partie végétative la plus utilisée pour le traitement des diverses maladies dans la zone d'étude. Vient ensuite la tige feuillée qui représente 22%. Ces résultats sont dus à l'aisance et la rapidité de la récolte des tiges feuillées (BITSINDOU,

1986). De plus, les feuilles, siège de la photosynthèse, les métabolites responsables des propriétés biologiques de la plante y sont stockées (BIGENDAKO-POLYGENIS et LEJOLY, 1990).

3- Fréquence d'utilisation selon le mode de préparation

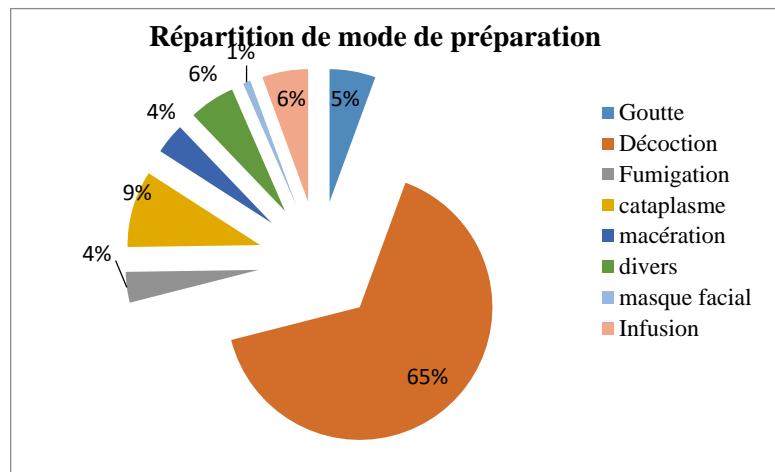


Figure 4 : Pourcentage de mode de préparation des plantes médicinales

D'après cette figure ci-dessus, la décoction est le mode de préparation le plus pratiqué, avec un taux de l'ordre de 65,42% des préparations connues. Ce mode de préparation permet de recueillir les principes actifs, qui permet d'atténuer ou d'annuler l'effet toxique de certaines recettes (SALHI et al., 2010).

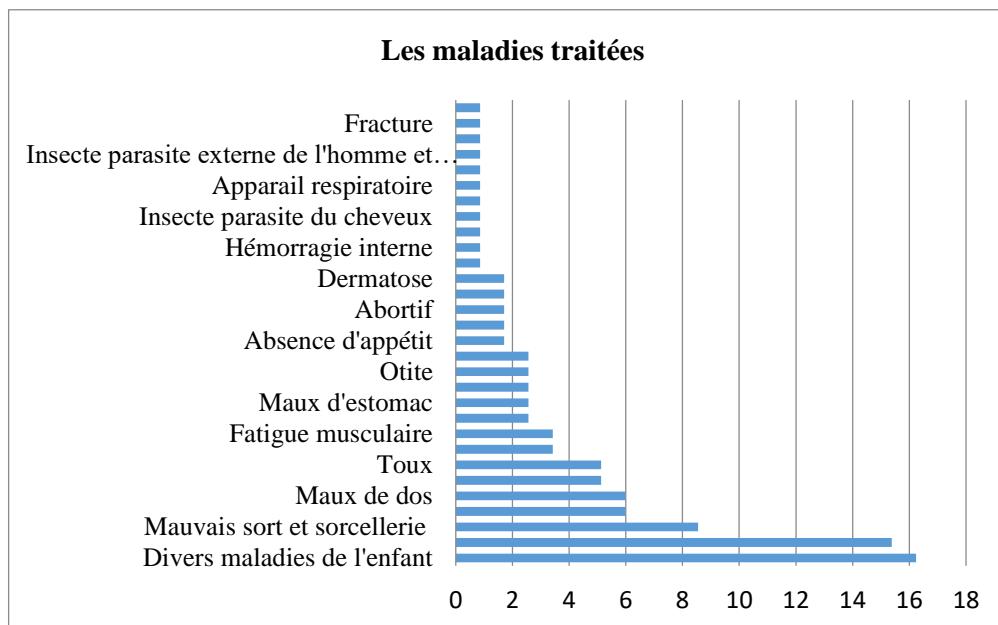


Figure 5 : Pourcentage des maladies traitées

Le traitement des maladies infantiles présente un pourcentage assez élevé par rapport aux autres maladies (16,23 %), vient ensuite le traitement des femmes après l'accouchement avec un pourcentage de 15,38 %. D'après les analyses des résultats des espèces utilisées pour le traitement des maladies lors des enquêtes, *Cedrelopsis grevei* (Katrafay) et *Aloe divaricata* (Vaho) sont les deux espèces médicinales ayant une fréquence d'utilisation élevée parmi les espèces médicinales recensées et pour le traitement des maladies dans la Région Sud-ouest, ceci est dû au pouvoir thérapeutique de ces deux espèces (RINDRAHASINAMIAINTSA, 2016).

CONCLUSION

Cette étude nous a permis d'inventorier les plantes médicinales dans les formations végétales d'Ankilibe-Ankoronga de l'AP Tsinjoriaké. Elles tiennent une place importante dans la vie quotidienne de la majorité des communautés locales qui en dépendent pour assurer les soins de leurs maladies. Les résultats ont montré que les plantes médicinales sont utilisées généralement dans les soins des

enfants et des femmes après l'accouchement. Ces maladies sont traitées surtout en utilisant les feuilles ou tiges-feuillées par la décoction. Ainsi, cette présente recherche permet de mettre en valeur les importances de la médecine traditionnelle dans la zone d'étude.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BIGENDAKO-POLYGENIS, M.J. & LEJOLY, J., 1990. *La pharmacopée traditionnelle au Burundi. Pesticides et médicaments en santé animale*. Pres. Univ. Namur. Pp. 425-442.
- BITSINDOU, M., 1986. *Enquête sur la phytothérapie traditionnelle à Kindamba et Odzala (Congo) et analyse de convergence d'usage des plantes médicinales en Afrique centrale-Mém*. Doc (ined.). Univ. Libre de Bruxelles. 482 pp.
- GENTRY, A., H., 1993. *Diversity and floristic composition of lowland tropical forest in Africa and South America*. Yale University Press. New Haven.
- MIASA, E., 2005. *La Zone Amoron'i Onilahy*. WWF, Toliara.
- RAZANAKA, S., 2004. *La forêt des Mikea : un espace et des ressources assiégés, diversité des types de végétal et dynamique post-cultural de la forêt dense sèche au Sud-ouest de Madagascar*. Thèse de Doctorat d'Etat es-sciences en Biologie Végétale, Université d'Antananarivo. 234 p
- RINDRAHASINAMIAINTSA, V.S.H.Y., 2016. Les plantes médicinales les plus recherchées par la population urbaine de Toliara chez les herboristes et ses propriétés curatives
- SALHI, S., FADLI, M., ZIDANE, L., & DOUIRA, A. 2010. *Etude floristique et ethnobotanique des plantes médicinales de la ville de Kénitra (Maroc)*. Lazaroa 31: 133-146.

23. Essai de germination ex-situ de *Aloe macroclada* Baker (ASPHODELACEAE)

Andriamalala. RAKOTONDRAFARA, F.M. Rakotoarisoa, R. Andriantsiferana, M.Ratsimbason, S.R. Rakotonandrasana

Centre National d'Application des Recherches Pharmaceutiques ou CNARP

Résumé

Aloe macroclada est une espèce endémique de Madagascar. C'est une plante des formations herbeuses des hautes terres centrales de Madagascar. Elle est classée dans l'annexe II de la CITES. Elle est utilisée en médecine traditionnelle, mais aussi comme plante ornementale. Ainsi les feuilles sont utilisées, brutes ou transformées, en médecine traditionnelle. Les artisans et les laboratoires pharmaceutiques écoulent leurs produits à Madagascar comme à l'extérieur.

Le présent travail entre dans le cadre de l'utilisation et de la gestion rationnelle des plantes médicinales et aromatiques de Madagascar. L'objectif est de pouvoir disposer d'un paquet technologique pour la vulgarisation de la culture de cette espèce.

La méthodologie que nous avons adoptée consiste à tester le pouvoir germinatif des graines en fonction des substrats. Le protocole d'expérimentation comprend la collecte des graines aux environs du massif d'Ankaratra au mois de septembre. L'essai de germination de 100 graines enfouies à 1 cm de profondeur, en fonction de différents substrats (S1 (sol), S2 (sol + sable de rivière), S3 (sol + sable + fumier) et S4 (sol + fumier)) a été fait à la pépinière du CNARP, au mois d'octobre. L'arrosage quotidien et le comptage des graines germées ont été faits deux fois par semaine.

Trente (30) plantules de même âge, issues de ces différents types de substrat sont transplantées dans 30 pots leur correspondant vers la fin du mois de décembre. Le nombre, la longueur et la largeur de la plus grande feuille de chaque individu sont mesurés mensuellement pendant 6 mois. L'analyse de variances a été utilisée pour le traitement des données obtenues.

Quelle que soit la nature du substrat, les graines germent après 20 jours. Cependant, le taux de germination dans le substrat S1 est le plus élevé (64%). Celui des trois autres substrats est respectivement de S2 (50%), S3 (50%) et S4 (50%). Ces résultats nécessitent des expériences supplémentaires pour des interprétations judicieuses.

En comparant les nombres de feuilles formées, leurs longueurs et leurs largeurs au cours des mois de janvier, mars, mai et juin en fonction des différents substrats, il apparaît nettement que c'est le substrat sol+fumier qui donne les meilleurs résultats (différences significatives). En outre, la mise en parallèle avec la courbe de température semble montrer que le refroidissement notable à partir de mai, juin, est favorable à tous les facteurs observés.

Mots-clés : *Aloe macroclada*, germination *ex situ*, taux de germination, croissance, Madagascar

Introduction

Aloe macroclada est une espèce endémique de Madagascar. C'est une plante des formations herbeuses des hautes terres centrales de Madagascar. Elle est classée dans l'annexe II de la CITES (www.cites-madagascar.mg) D'après l'étude récente, le statut de conservation de cette espèce est en danger (Rabemafara, 2014)

Elle est utilisée en médecine traditionnelle, mais aussi comme plante ornementale. Les artisans et les laboratoires pharmaceutiques écoulent leurs produits à Madagascar comme à l'extérieur.

Cette espèce est soumise à des pressions et menaces de plus en plus fortes, dues principalement aux actions anthropiques, les feux de brousse, la destruction de son habitat, la surexploitation, les collectes illicites et la commercialisation.

Le présent travail entre dans le cadre de l'utilisation et de la gestion rationnelle des plantes médicinales et aromatiques de Madagascar. L'objectif est de pouvoir disposer d'un paquet technologique pour la vulgarisation de la culture de cette espèce.

Matériel et méthodes

1- Matériel végétal

Aloe macroclada est une plante vivace, acaule, de 20-50 feuilles charnues et munies d'aiguillons. Les graines ont été récoltées aux environs du massif d'*Ankaratra*, au mois de septembre. Initialement classé dans la famille des Liliaceae en 1938 (Perrier de la Bathie). Le genre est passé dans celle des Aloaceae en 1992 (Brummitt), dans celle des Asphodelaceae en 2000 (Mabberley), dans celle des Xanthorrhoeaceae (APG III, 2009), puis dans celle des Asphodelaceae (APG IV, 2016).

2- Méthodes

Les différentes étapes consistent en :

a- Essai de germination des graines

Le pouvoir germinatif des graines a été testé, en fonction de différents substrats. Le protocole d'expérimentation consiste en essai de germination de 100 graines enfouis à 1 cm de profondeur, en fonction de différents substrats (S1 (sol), S2 (sol + sable de rivière), S3 (sol + sable +fumier) et S4 (sol + fumier)) au mois d'octobre. L'arrosage quotidien et le comptage des graines germées ont été faits deux fois par semaine.

Le temps moyen de germination (MGT) a été calculé par la formule de Ellis et al. (1981) :

MGT = $\Sigma (n \times d) / N$ où **n** : nombre de graines germées par jour ; **d** : nombre de jours à compter du début de l'épreuve ; **N** : nombre total de graines germées à la fin de l'expérience

Le taux de germination est obtenu par la formule de Champagnat & al. (1969) :

T (%) = n/N x 100 où **n** : nombre des graines germées ; **N** : nombre total des graines semées ; **T (%)** : taux de germination en pourcent.

b- Transplantation des jeunes plants

Trente (30) plantules, de même âge, issues de ces différents types de substrat sont transplantées dans 30 pots contenant les mêmes types de substrat. Le nombre, la longueur et la largeur de la plus grande feuille de chaque individu sont mesurés mensuellement pendant 6 mois. L'analyse de variances a été utilisée pour le traitement des données obtenues. Pour tester l'effet des facteurs, le logiciel XLSTAT 2008 a été utilisé. Il permet de réaliser des analyses de variance aux types de dispositifs expérimentaux. La notion de la signification de différence au seuil de probabilité 0,05 est la suivante :

- La différence est non significative (NS) lorsque la probabilité observée du test de Fisher (F) est supérieure à 0,05 ;
- La différence est significative (S) lorsque la probabilité observée de F est comprise entre 0,01 et 0,05 ;
- La différence est hautement significative (HS) lorsque la probabilité observée de F est inférieure à 0,01.

Selon le test de Newman-keuls qui a été appliquée, les moyennes suivies d'une même lettre constituent un groupe statistiquement homogène au seuil de 5% (Rakotoarimanana & al., 2004).

3- Températures moyennes de la zone d'étude

Les températures moyennes mensuelles entre 2008 et 2012 ont été obtenues auprès du Service de la météorologie d'Ampandrianomby, Antananarivo. Ces données sont présentées à l'aide d'une courbe (Figure 1).

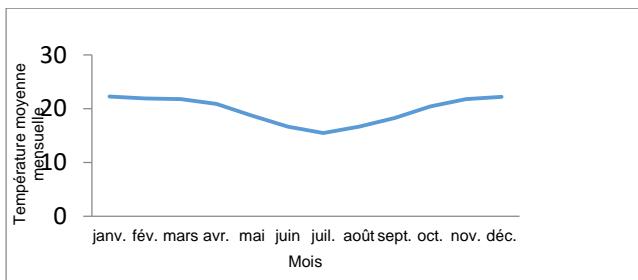


Figure 1 : Courbe de températures moyennes mensuelles (2008-2012)

Résultats

1- Germination des graines

Le temps moyen de germination et le taux de germination des graines suivant les différents substrats sont présentés dans le tableau 1 suivant :

Tableau 1 : Temps moyen de germination et taux de germination dans différents substrats

Substrats	Temps moyen de germination (jours)	Taux de germination (%)
S1	30,17	64
S2	32,84	50
S3	27,88	50
S4	36,34	50

Quelle que soit la nature du substrat, les graines germent après 20 jours. Mais c'est le substrat S3 qui donne la germination la plus rapide (MGT=27,88 jours). Le taux de germination le plus élevé (64%), s'observe avec le substrat S1. Il est le même pour les trois substrats (S2, S3, S4) 50%.

2- Croissance moyenne en nombre, en longueur et en largeur de nouvelles feuilles

a- Effets du substrat

Les résultats obtenus sur la croissance moyenne en nombre, en longueur et en largeur, de nouvelles feuilles formées pendant 6 mois d'observation, dus aux effets du substrat sont présentés dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2 : Effets du substrat sur la croissance moyenne des nouvelles feuilles par individu

Substrat	Nombre	Longueur (cm)	Largeur (cm)
S1	1,05 (B, C)	1,82 (B)	0,24 (B)
S2	0,92 (C)	1,76 (B)	0,25 (B)
S3	1,15 (B)	2,38 (A)	0,33 (A)
S4	1,71 (A)	2,27 (A)	0,34 (A)
Probabilité observée	0,0001	0,0001	0,0001
Seuil de probabilité	0,05	0,05	0,05
Signification	HS	HS	HS

HS : Hautement significative ; les chiffres suivis d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significatifs.

L'analyse de variance sur la croissance en nombre, en fonction du substrat, a montré que la différence est hautement significative, avec une probabilité observée (0,0001) qui est inférieure au seuil de la probabilité (0,05). De ce fait, le substrat 4 est meilleur pour donner le nombre le plus élevé (1,71 feuille), tandis que le substrat 2 est le plus pauvre (0,92 feuille). Concernant la croissance moyenne en longueur, l'analyse de variance est hautement significative (probabilité observée=0,0001). Les substrats S3 et S4 sont meilleurs sur la croissance en longueur avec des valeurs respectives 2,38cm et 2,27cm. Quant à la croissance moyenne en largeur, l'analyse de variance est hautement significative (probabilité=0,0001). En effet, les substrats S4 (0,34cm) et S3 (0,33cm) sont favorables à la croissance en largeur. En revanche, la croissance en largeur est faible (0,24cm) dans le substrat S1.

b- Effets de la période

Les effets de la période sur la croissance en nombre, en longueur et en largeur des nouvelles feuilles sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Effets de la période sur la croissance moyenne des nouvelles feuilles par individu

Période	Nombre	Longueur (cm)	Largeur (cm)
janvier	1,16 (A)	2,07 (B)	0,28 (B, C)
février	1,35 (A)	4,15 (A)	0,32 (A, B)
Mars	1,07 (A)	1,71 (B)	0,20 (D)
Avril	1,35 (A)	2,04 (B)	0,35 (A)
Mai	1,18 (A)	1,91 (B)	0,37 (A)
Juin	1,15 (A)	0,48 (C)	0,22 (C, D)
Probabilité observée	0,095	0,0001	0,0001
Seuil de probabilité	0,05	0,05	0,05
Signification	NS	HS	HS

NS : Non significative ; les chiffres suivis d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significatifs.

Ce tableau montre qu'il n'y a pas de différence significative sur le nombre des feuilles formées (probabilité observée=0,095). La différence est hautement significative sur la croissance moyenne en longueur (probabilité=0,0001). En effet, le mois de février est meilleur avec la valeur 4,15cm, tandis que le mois de juin est le moins favorable (0,48cm) à la croissance en longueur. L'analyse de variance sur la croissance moyenne en largeur est hautement significative (probabilité=0,0001). La croissance est forte pendant les mois d'avril (0,35cm) et mai (0,37cm). Cependant, la croissance est faible (0,20cm) au mois de mars.

c- Interaction substrat-période

Les interactions substrat-période sur la croissance moyenne en nombre, en longueur et en largeur des nouvelles feuilles sont présentées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Interaction substrat-période sur la croissance en nombre, en longueur et en largeur

Interaction substrat-période	Nombre	Longueur (cm)	Largeur (cm)
Probabilité observée	0,0001	0,0001	0,0001
Seuil de probabilité	0,05	0,05	0,05
Signification	HS	HS	HS

HS : Hautement significative

Quant à l'interaction substrat-période, il y a une différence hautement significative (probabilité observée=0,0001). Les substrats S4 au mois de mai (2,50 feuilles) et juin (2,26 feuilles), donnent plus de nouvelles feuilles, tandis que le substrat S2 au mois de mai (0,50 feuille) est le moins favorable. L'augmentation élevée en nombre de nouvelles feuilles coïncide avec la diminution de température de 18,7°C au mois de mai à 16,7°C au mois de juin. L'analyse de variance sur la différence de croissance en longueur est hautement significative (probabilité=0,0001). Pour les substrats S4, le mois d'avril est le plus favorable au substrat S4 (4,523cm) et le mois de février pour le substrat S3 (4,33cm) et S1 (4,29cm). Le mois de juin donne de moins bons résultats au substrat S2 (0,16cm). Quant à la croissance en largeur, l'analyse de variance est hautement significative (probabilité=0,0001). Le substrat 4, au mois d'avril (0,66cm) est meilleur pour la croissance en largeur. Mais la croissance est faible (0,08cm) dans le substrat 2 au mois d'avril.

Discussion

Quelle que soit la nature des substrats, les graines germent après 20 jours. Ce résultat se rapproche de celui observé sur *Aloe mitriformis* subsp. *comptonii* (Van Jaarsveld et al., 2013) et *Aloe pavelkae* (Van Jaarsveld et al., 2013) qui est de trois semaines.

Dans notre expérience, le taux de germination dans le substrat S1 (sol) est plus élevé (64%) que S2 (50%), S3 (50%), S4 (50%). Cependant, elle est nettement inférieure à celui observé à la pépinière d'Ambalavao (90%) (Ravohitrarivo, 2002) où les conditions sont différentes des nôtres.

Conclusion

Le substrat qui a donné les meilleurs résultats (différences significatives) sur les nombres de feuilles formées, leurs longueurs et leurs largeurs au cours des mois de janvier, mars, mai et juin est le sol + fumier. Il semble que l'abaissement notable de la température à partir de mai-juin ait un effet bénéfique sur tous les facteurs considérés.

Références bibliographiques

- Angiosperm Phylogeny Group IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants, APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 181(1): 1-20.
- Angiosperm Phylogeny Group III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 161: 105-121.
- Brummitt R. K., 1992. Vascular plant families and genera. Royal Botanic Gardens, Kew. 804 pages.
- Champagnat P., Ozenda P., Baillaud L. ; 1969. Croissance, morphogenèse, reproduction biologie végétale. Tome III, Ed. Masson. 2-42.
- Ellis R.H. and Roberts E.H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Sci. Technol.* 9:373-409.
- Mabberley D. J., 2000. The plant-book. A portable dictionary of the vascular plants. University Press, Cambridge, 2éd. 858 pages.
- Perrier de la Bathie H., 1938. Flore de Madagascar : 40^e famille LILIACEAE. Imprimerie officielle, Tananarive. 147 pages.
- Rabemafara M.V., 2014. Ethnobotanique, écologie et statut de conservation de *Aloe macroclada* Baker dans la Région Analamanga. Mémoire DEA, Facultés des Sciences, Université d'Antananarivo. 61 pages.
- Rakotoarimanana V., Le Floc'H E., Grouzis M., 2004. Influence du feu et du pâturage sur la diversité floristique et la production de la végétation herbacée d'une savane à *Heteropogon contortus* (region de sakaraha). CEFE/CNRS. Montpellier, France. 15 pages.
- Ravohitrarivo C.P. ; 2002. Evaluation de la pépinière et élaboration du plan de plantation d'*Aloe macroclada* à Ambalavao. LDI Développement Agro-Ecologique Régional. 12 pages.
- Van Jaarsveld E.J. & Gillian Condy; 2013. *Aloe mitriformis* subsp. *comptonii*. Flowering plants of Africa, vol. 63. 10-15.
- Van Jaarsveld E.J. & Gillian Condy; 2013. *Aloe pavelkaei*. Flowering plants of Africa, vol. 63. 16-21.

Webographie

www.cites-madagascar.mg

24. Impact de l'usage du foyer amélioré kopadrao et du charbon bozaka sur la conservation de la biodiversité.

Association Nationale d'Actions Environnementales

Contexte

Le bois énergie constitue la principale source d'énergie domestique des ménages malgaches, notamment les ménages ruraux. De plus, le type de foyer traditionnel utilisé ne fait qu'accélérer la disparition des ressources forestières en étant très énergivore. Depuis cette disparition des ressources, une augmentation considérable des prix du bois de chauffe et du charbon a été constatée. De ce fait, l'accès à l'énergie est rendu difficile, voire quasi-impossible pour certaines zones à Madagascar. Pour cela, la solution pérenne proposée est la facilitation de l'accès à l'énergie domestique, à travers, soit le reboisement à vocation énergétique, soit la mise en place d'une alternative durable, puisque la consommation augmente toujours en raison de l'accroissement démographique et la non promotion des alternatives. Ainsi, l'usage du foyer amélioré *kopadrao* combiné à l'utilisation du charbon *bozaka* forment alors des alternatives durables aux problématiques précitées. Comme ce type de foyer est compatible à tout type de combustible, même les résidus de cultures et tout autre débris végétal et aussi facile à fabriquer, il est adapté à tous les ménages surtout les ménages ruraux. Bien façonné, la durée de vie du foyer peut atteindre jusqu'à 5 ans ou plus.

La présente communication démontre que l'adoption de ses deux technologies aura d'impact positif non seulement socio-économiques mais surtout pour conserver l'intégrité de la biodiversité.

Objectif de la communication

L'objectif de cette communication consiste donc à faire connaître aux lecteurs, l'impact de l'usage du foyer amélioré *kopadrao* et du charbon *bozaka* sur la conservation de la biodiversité.

Méthodologie

Pour que cet objectif soit atteint, la méthodologie suivante est adoptée pour:

- Faciliter le transfert de la communication, les cibles principales sont les ménages utilisateurs de foyer traditionnel, mais en même temps, il est préférable que les étudiants et les différentes associations œuvrant pour la protection de l'environnement soient aussi ciblés.
- Démontrer par le biais de la communication, l'utilisation effective et l'efficacité du foyer amélioré *kopadrao* ainsi que du charbon *bozaka*
- Montrer l'impact de leur utilisation sur la conservation de la biodiversité à travers des illustrations

Résultats

Avec cette communication :

- De nouvelles personnes sont informées de l'efficacité de l'utilisation du foyer amélioré *kopadrao* et du charbon *bozaka*, en permettant de réduire la consommation en bois énergie et de conserver la biodiversité. Cela s'explique par le fait que l'utilisation d'équipements de cuisson à faible consommation réduit réellement la collecte quotidienne de bois de chauffage ou de charbon. Ainsi, en diminuant la quantité journalière des combustibles utilisés, la gestion de l'exploitation de bois énergie est possible. Dans la région de Bongolava, où cette activité est déjà promue, d'après les bénéficiaires directs, la réduction de consommation en combustibles est estimée de 50 à 70% avec le foyer amélioré *kopadrao* et la réduction des coupes d'arbre a été observée.
- De nouvelles personnes sont sensibilisées à l'adoption de nouvelles alternatives durables permettant de réduire la consommation en bois énergie telles que le foyer amélioré *kopadrao* ou autres selon la convenance.

A part cela, plusieurs avantages sont notés sur l'utilisation des foyers améliorés *kopadrao* et du charbon *bozaka* tels que :

- l'utilisation de l'argile, une matière disponible dans plusieurs zones rurales de Madagascar, qui retient de la chaleur et donne au foyer un « effet thermos » pour favoriser la conservation de la chaleur,
- la forme avec l'existence d'un bi-pied (toko) pour supporter la marmite et d'un écran protecteur permet d'éviter toute déperdition de chaleur
- la propreté, l'économie de temps et la santé de la famille.

Conclusion

En conclusion, pour pouvoir conserver et gérer d'une manière réaliste la biodiversité à Madagascar, toute la population malgache devrait être consciente de son importance et devrait participer à sa conservation. Cette communication, une publication sur l'usage du foyer amélioré *kopadrao* et du charbon *bozaka*, est une occasion pour montrer que les ménages ruraux peuvent participer à la conservation de la biodiversité forestière en réduisant leur consommation quotidienne en bois énergie avec l'utilisation de ces deux technologies. Une sensibilisation et une diffusion effective de ces technologies dans tout Madagascar sont essentielles pour prendre part à la protection de notre biodiversité. Ainsi, en utilisant le foyer amélioré *kopadrao* et le charbon *bozaka*, l'exploitation de bois énergie diminue et la conservation de la biodiversité forestière n'est plus utopique.

25. Analyse par Chromatographie Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse (CPG/SM) des huiles essentielles des feuilles et des écorces de tige d'*Artobotrys hildebrandtii* O. Hffm

Julio Hervé ANDRIAMADIO^{1,4}, Ilioara Oniga², Radu Oprean³, Pascal Andriamadio¹, Clément Léhimena¹, Amélie Raharisololalao⁴, Léa Hérlala Rasoanaivo⁴

¹ Laboratoire de Chimie, Faculté des Sciences, Université d'Antsiranana, ² Department of Pharmacognosy, University of Medicine and Pharmacy 'Iuliu Hatieganu', Department of Analytical Chemistry, University of Medicine and Pharmacy 'Iuliu Hatieganu',

⁴ Laboratoire de Chimie des Substances Naturelles et Chimie Organique Biologique, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo,

Mots-clés : ***artobotrys hildebrandtii*, huiles essentielles, cpg/sm, sesquiterpenes**

Introduction

A Madagascar, la vie quotidienne de la plupart des populations est étroitement liée à la biodiversité végétale : alimentaire, ornementale (habitation, outils) et médicinale. L'utilisation, dans le domaine de soin, est courante car le coût de traitement de nombreuses pathologies reste trop élevé. La plupart de ces plantes médicinales sont des espèces endémiques parmi lesquelles les espèces du genre *Artobotrys* de la famille *Annonaceae*.

Le genre *Artobotrys* comprend environ 100 espèces du paléotropical dont sept (7) sont endémiques de Madagascar [1],[2],[3].

Artobotrys hildebrandtii O. Hffm., endémique de la grande île est une liane à rameaux cylindriques, brun-rougeâtres, glabres. Les feuilles à pétiole de 3 mm de long; acuminé obtus au sommet, obtus à la base, de 5-12 cm de long et de 2-5 cm de large, subcoriace, glabre; nervure médiane proéminente; nervures latérales saillantes, bien réticulées; 7-9 paires de nervures secondaires. Le pédoncule en crochet portant 1-2 fleurs à pédicelle de 2-4,5 cm de long; sépales triangulaires de 3 mm de long et de 5 mm de large à la base, glabres; pétales ovales, atténués vers le sommet, épais, subégaux, les internes un peu plus étroits, de 17 mm de long et de 10 mm de large à la base, densément tomenteux à poils roussâtres; étamines nombreuses à connectif dilaté au sommet; carpelles 12-20, de 2 mm de long, pubescents [4].

Il est connu sous plusieurs noms vernaculaires : Rangomanitra, manitranala, fotsiavadika, vahimbavy (dialecte Antakarana).

Selon les tradipraticiens, les tiges feuillées de la plante sont utilisées pour guérir la maladie liée au problème de foie, de fatigue, de fièvre avec des symptômes grippaux et des signes neurologiques par décoction.

Matériel et méthodes

Les matières végétales utilisées pour l'extraction des huiles essentielles sont les feuilles et les écorces de tige d'*Artobotrys hildebrandtii* O. Hffm., récoltées durant l'année 2013, à Joffre Ville, dans la région Nord de l'Ile, district d'Antsiranana II. Cette plante a été identifiée botaniquement et comparée avec des herbiers de référence classés à la California Academy of Sciences (CAS) à Tsimbazaza, Antananarivo.

L'hydrodistillation a été utilisée pour extraire les composés volatiles contenus dans des feuilles d'*Artobotrys hildebrandtii* et des écorces de tige de la même plante avec un appareil de type Clevenger, durant 4h. Les huiles essentielles obtenues, de couleur jaune et d'odeur agréable, ont été stockées à l'obscurité à 4°C jusqu'à leurs usages.

Les deux échantillons d'huiles essentielles des feuilles et des écorces de tiges d'*Artobotrys hildebrandtii* ont été analysés qualitativement par chromatographie sur couche mince (CCM). Une plaque de silice toute prête [dimension 20 x 20 cm, silicagel 60F₂₅₄, Merck] a été utilisée. Elle est placée dans une cuve contenant la phase mobile suivant : Toluène/ Acétate d'éthyle (9 :1) v/v. Après migration, le solvant est évaporé par séchage à l'aide d'un séchoir puis la plaque est pulvérisée avec une solution de réactif de vanilline sulfurique [5].

1 µL de l'extrait d'huile à analyser est dissous dans 20 mL de cyclohexane. L'analyse chimique de chaque échantillon d'huile essentielle a été faite par CPG/SM (Agilent Technologies 5975C MS, système 7890A GC, série 7683B) équipé d'une colonne capillaire HP-5 (5% phenyl, 95% methyl-polysiloxane), de dimension (30 m × 25µm i.d., épaisseur de film 0.25 µm). L'injecteur et l'interface ont été opérés à 150° C et 250° C, respectivement. La température du four est programmée de 60 à 240° C à une vitesse de 3° C/ min. Le gaz vecteur est l'hélium, le volume d'injection 1µL et un rapport split de 1 :15.

L'analyse par spectrométrie de masse (ionisation par impact électronique) a été réalisée à l'énergie d'électrons de 70 eV. Les composants des huiles essentielles d'*Artobotrys hildebrandtii* ont été identifiés, en fonction de leur indice de Kovats, calculé par rapport au temps de rétention d'une série de n-alcanes, en tant que standards. Les composés ont été identifiés par comparaison des indices de rétention (IR) avec ceux rapportés dans la littérature et par comparaison de leurs spectres de masse avec la base de données NIST et WILEY [6], [7].

Résultats et discussion

Les rendements des huiles essentielles des feuilles et des écorces de tige d'*Artobotrys hildebrandtii* sont respectivement de 0.16% et 0.12%. En ce qui concerne les caractéristiques organoleptiques : les huiles essentielles des feuilles d'*Artobotrys hildebrandtii* se présentent sous forme de liquide mobile de couleur jaunâtre et d'odeur agréable et tandis que celles des écorces de tige d'*Artobotrys hildebrandtii* forment un liquide limpide avec une touche jaunâtre et une odeur moins agréable.

La méthode la plus efficace et pratique pour l'analyse rapide qualitative est la chromatographie sur couche mince. Nous avons utilisé cette méthode pour l'analyse préliminaire d'huiles essentielles des feuilles et des écorces de tiges. La plaque de CCM a été pulvérisée avec le réactif de vanilline sulfurique et chauffée à 110° C pendant quelques minutes ; elle montre des taches de couleur

différentes rose pâle, bleu, jaune et brune qui indique la présence d'huiles essentielles (hydrocarbures terpéniques).

Les repérages des pics par leurs temps de rétention et la comparaison des indices de Kovats correspondants, leurs masses ont permis l'identification des constituants d'une huile.

Les huiles essentielles obtenues à partir des feuilles d'*Artabotrys hildebrandtii* sont constituées de cinquante (50) composés dont : les monoterpènes oxygénés, les sesquiterpènes oxygénés, les hydrocarbures sesquiterpéniques et les esters, le tout représentant 99.527% des composés totaux d'huiles essentielles. Les principaux constituants majoritaires et modérés sont le δ-cadinene (15.051%), le caryophyllène (11.407%) et le benzylbenzoate (11.156%).

Quatre-vingt-dix (90) composés sont détectés de l'huile essentielle des écorces d'*Artabotrys* représentant 92.102% de ses constituants y compris les hydrocarbures terpéniques, les terpéniques oxygénés (éther, alcool, aldéhydes, cétones, esters et époxydes). Les sesquiterpènes oxygénés et les hydrocarbures sesquiterpéniques sont les classes dominantes, dont les composés majoritaires sont le tau-muurolol (14,034%), l'a-cadinol (12,528%), le δ-cadinène (8,237%).

Conclusion

Cette étude a pour but de contribuer à la connaissance des huiles essentielles des feuilles et des écorces de tige d'*Artabotrys hildebrandtii*. Les huiles essentielles obtenues par hydrodistillation ont été analysées par CCM et par CPG/SM.

La technique par CPG/SM a été employée pour l'identification de l'huile essentielle des feuilles d'*Artabotrys hildebrandtii*. Cinquante (50) composés ont été mis en évidence, les sesquiterpènes sont les molécules les plus abondantes. L'δ-cadinène (15.051%), le caryophyllène (11.407%) et le benzylbenzoate (11.156%) sont les composés majoritaires.

Pour l'analyse des écorces de tige d'*Artabotrys hildebrandtii*, elle a montré la présence des composés majoritaires : le tau-muurolol (14.034%), l'a-cadinol (12.528%), l'δ-cadinène (8.237%) et le tau-himachalène (6.73%).

Les huiles essentielles des feuilles et des écorces de tige sont riches en sesquiterpènoïdes ; donc l'activité antimalariale de cette plante pourrait être due à sa richesse en composés sesquiterpéniques. Sinon, cette activité est due à des phénomènes synergiques entre les différents composés des huiles essentielles de cette plante. Ainsi l'efficacité peut être promoteuse par utilisation de cette huile seule ou en combinaison avec les drogues contre la fièvre.

Références

- [1] Deroin, T. and Gautier, L. (2008). *Artabotrys darainensis* Deroin and L. Gaut. (Annonaceae), a new species from Madagascar. In French, English and French abstracts. *Candollea* 63: 93-99.
- [2] Kok, K.T. and Christophe, W. (2014), Botanical Descriptions, Ethnomedicinal and Non-Medicinal Uses of the genus *Artabotrys* R.Br, International Journal of Current Pharmaceutical Research. Vol 6, Issue 1, pp 34-40.
- [3] Brophy J., Goldsack R., Forster P. (2004), Essential oils from the leaves of some Queensland Annonaceae, *Journal Essent Oil Res.* Vol. 16, Issue. 2, pp 95-100.
- [4] H. Perrier de la Bathier, 78ème Famille, Annonacées, Flore de Madagascar et des Comores, Ed. H. Humbert Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 1958, pp. 2 ; 3 ;49 ;56.
- [5] Chakraborthy, G.S. (2011), Phytochemical screening of *Mirabilis jalap* Linn leaf extract by TLC, *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.*, RJPBCS Vol. 2,Issue 1, 521.
- [6] Ebru, Ç., Gökçen, Y.Ç., and I, A.M. (2010), Essential Oil Composition and Antibacterial Activity of Some Plant Species, *Journal of Applied Biological Sciences*, Vol. 4, Issue. 1, pp 45-48.
- [7] Shahramamiri and Shahramsharafzadeh. (2014) Essential Oil Components of German chamomile Cultivated in Firoozabad, Iran. *Oriental Journal of Chemistry*, Vol. 30, Issue. 1, pp 365-367.

26. Valorisation de l'utilisation traditionnelle de *Strychnos spinosa* (Loganiaceae) dans le traitement de l'hypertension artérielle

TEMASOA Yvanna, RANAIVOAMANITRA Patrice Joseph, et RAJAONARISON Jean François

Laboratoire de Recherche en Biotechnologies, Environnement et Santé (LRBES), Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement (FSTE), Ecole Doctorale Génie du Vivant et Modélisation (EGDVM), Université de Mahajanga.

Résumé

Actuellement à Madagascar, l'exploitation forestière agressive concerne surtout les bois locaux de construction, les bois précieux, les bois de chauffe, etc... L'utilisation des plantes médicinales par la population locale et les différents laboratoires sont considérés comme une exploitation moins agressive. Dans ce contexte, les enquêtes ethnopharmacologiques que nous avons effectuées dans la région Antsinanana de Madagascar, nous ont permis de recenser des plantes utilisées en médecine traditionnelle malgache pour traiter l'hypertension artérielle (HTA). L'objectif de notre étude est de valoriser l'utilisation en médecine traditionnelle malgache, de *Strychnos spinosa* (Loganiaceae), en tant que plante antihypertensive, par des tests pharmacologiques. Ainsi, des tests *in vitro* sur des aortes isolées de rats mâles et femelles de race Wistar, pourvues et dépourvues d'endothélium ont été réalisés. Sur l'aorte isolée de rat préalablement, contactée par la phénilephrine, l'extrait brut méthanolique des feuilles de la plante provoque une vasorelaxation endothélium-dépendante avec une valeur de CE₅₀ (Concentration Efficace à 50%) de relaxation correspondant à 0,900 ± 0,054 mg/ml. Cet effet vasorelaxant est inhibé par la L-NMA avec une augmentation de la valeur de CE₅₀ qui passe à 2,254 ± 0,140 mg/ml, démontrant ainsi l'implication de NO synthase. De plus, on observe également l'inhibition du même effet par le propranolol, avec une CE₅₀ de 2,762 ± 0,138 mg/ml démontrant que la vasorelaxation induite par l'extrait végétal implique la participation des récepteurs β_2 et β_3 adrénergiques. Ces résultats démontrent à priori que *Strychnos spinosa* possède un effet vasorelaxant, mais des études plus approfondies restent encore nécessaires afin de confirmer l'activité antihypertensive et pour mieux appréhender l'utilisation de cette plante en médecine traditionnelle malgache. La connaissance des vertus médicinales de cette plante incite à sa conservation et à sa gestion rationnelle.

Mots clés: Plantes médicinales, *Strychnos spinosa*, antihypertensive, vasorelaxation, hypertension artérielle.

INTRODUCTION

L'utilisation des plantes médicinales par la population locale et les différents laboratoires sont considérés comme une exploitation peu agressive. En effet les plantes médicinales demeurent encore une source de soins médicaux, en l'absence d'un système médical moderne (Tabuti et coll., 2003). A Madagascar, on trouve 12 000 espèces de Phanérogame (plantes à fleurs) dont 85% sont endémiques et sur les 159 familles existantes, 70 ont été recensées comme ayant des propriétés pharmacologiques (Boiteau, 1986). Cette richesse en ressource naturelle pourrait expliquer l'utilisation des plantes médicinales en soins primaires, presque dans toute l'île, surtout dans les régions enclavées. L'hypertension artérielle (HTA) est responsable de 8 millions de décès par an dans le monde. Elle est la cause de près de la moitié des accidents vasculaires cérébraux et cardiaques. D'ici 2025, le nombre d'hypertendus dans le monde pourrait atteindre 1,56 milliards, soit 60% de la population mondiale (Kearney et coll., 2005). L'HTA est une maladie sourde qui ne donne aucun signe visible ou ressenti par la personne. Elle est provoquée par les hygiènes de vie néfastes comme la consommation excessive de sel ou de gras, le manque d'activité physique, la consommation de cigarettes et d'alcool. Mais en général, la fatigue et le stress dans le quotidien des populations constituent les principaux facteurs de l'HTA à ne pas négliger. Cette maladie est définie par une pression artérielle systolique ≥ 140 mm d'Hg et/ou une pression artérielle diastolique ≥ 90 mm d'Hg (El Houssaine, 2012). A Madagascar, l'HTA atteint très fréquemment les personnes âgées de 18 ans et plus, avec une prévalence, pouvant varier de 43 à 54% (Revue Les Nouvelles., 2012). Dans ce contexte, les enquêtes que nous avons effectuées en 2012 dans la région Antsinanana, nous ont permis de connaître que la décoction des feuilles de *Strychnos spinosa* (Loganiaceae) était utilisée pour traiter l'hypertension artérielle. Ainsi, les objectifs de la présente étude sont de vérifier *in vitro*, l'activité vasculaire de l'extrait de cette plante et de déterminer ses mécanisme d'action.

Matériel et méthodes

Site d'étude. Les enquêtes ethnopharmacologiques et la récolte des feuilles de *Strychnos spinosa* ont été effectuées dans le district de Mahanoro, dans la région Antsinanana de Madagascar.

Enquêtes ethnopharmacologiques. Les enquêtes ont été effectuées entre juin et août 2012, auprès des Tradipraticiens et la population locale de la commune de Mahanoro afin de recenser les

plantes utilisées dans le traitement traditionnel de l'HTA. Pour cela, une fiche questionnaire a servi de support pour l'enquête : noms vernaculaires, parties et doses utilisées, mode de préparation et d'administration, etc ...

Matériels biologiques. Des feuilles de *S. spinosa* ont été utilisées. Les animaux utilisés sont des rats âgés de 12 à 14 semaines, de poids moyen de 200 g.

Préparation des extraits bruts. L'extrait brut méthanolique de *S. spinosa* (codée TYMMD) a été préparé. Pour cela, 500 g de poudre de feuilles sèches ont été macérés dans 2,5 L de méthanol (MeOH), pendant 72 h sous agitation permanente. Le macérât a ensuite été filtré et le filtrat a été évaporé sous vide. L'extrait sec obtenu a été pesé et utilisé pour la réalisation des différents tests.

Préparation et montage de l'aorte isolée de rat. L'aorte thoracique a été prélevée, soigneusement, débarrassée du tissu adipeux et découpée en anneaux de 2 à 3 mm de long. L'anneau ainsi obtenu a été suspendu sur une tige métallique reliée à un capteur isométrique, dans une cuve à organe contenant 20 ml de solution physiologique de KREBS-HENSELEIT (Kane M. et coll., 2009) de pH 7,4 et aérée par du carbogène (95% O₂ et 5% CO₂), suivant la méthode décrite par Kane et coll. (2009).

Evaluation de l'activité vasculaire de l'extrait de *strychnos spinosa* sur l'aorte isolée de rat avec ou sans endothélium. Pour évaluer si l'effet de l'extrait de *S. spinosa* dépend ou non de l'endothélium, des aortes en anneaux avec ou sans endothélium ont été utilisées. 30 min après le dernier rinçage, l'aorte isolée de rat a été contractée avec la phénylephrine (PHE) à 10⁻⁶ M (Ngo Lemba et Tom Esther., 2011). Au plateau de contraction, des concentrations croissantes et cumulatives (0,2 à 4mg /ml) de l'extrait végétal ont été testées.

Evaluation de l'activité vasculaire de l'extrait de *strychnos spinosa* sur l'aorte isolée de rat en présence de L-NAME. Afin de vérifier si l'effet relaxant de l'extrait de *S. spinosa* sur l'aorte isolée de rat pourvue d'endothélium est sous la dépendance NO, des tests en présence de L-nitroarginine-methyl-ester (L-NAME, un inhibiteur de la NO-synthase) à une concentration 10⁻⁴ M ont été effectués. Ainsi, 30 min après le dernier rinçage, l'organe utilisé a été préalablement incubé pendant 30 min, avec le L-NAME (10⁻⁴M), puis contracté par la PHE à 10⁻⁶ M (Ngo Lemba et coll., 2011). Au plateau de contraction, des concentrations croissantes et cumulatives (0,2 à 4 mg/ml) de l'extrait végétal ont été ajoutées dans la cuve à organe.

Evaluation de l'interaction entre l'extrait de *strychnos spinosa* et les récepteurs β-adrénergiques. Cette étude a pour objectif de déterminer si l'effet de *S. spinosa* implique ou non les récepteurs β-adrénergiques des muscles lisses vasculaires. Ainsi, 30 min après le dernier lavage, l'aorte en anneaux a été préalablement incubée pendant 30 min avec du propranolol à 10⁻⁶ M (Antagoniste non sélectif des récepteurs β-adrénergiques) avant l'addition de la phénylephrine. Une fois le plateau de contraction atteint, des concentrations croissantes et cumulatives (0,2 à 4 mg/ml) de l'extrait végétal ont été rajoutées dans la cuve à organe (Ratsimiala-Ramonta, 2008 ; Ratsimandresy, 2011).

Réactifs utilisés. Les solutions physiologiques utilisées pour les tests sur organes isolés ont été préparées avec des produits PROLABO : NaCl, KCl, MgCl₂, NaHCO₃, NaH₂PO₄, CaCl₂, glucose. Les produits de référence utilisés sont des produits de marque SIGMA : phénylephrine, L-NAME, et propranolol.

Analyse statistique. Les résultats ont été exprimés en moyenne ± e.s.m. de 6 expériences (n= 6) réalisées de manière indépendante. Pour déterminer leur signification statistique, le test « t » de Student a été utilisé. Pour cela, la valeur de p<0,05 a été considérée comme statistiquement significative.

Résultats

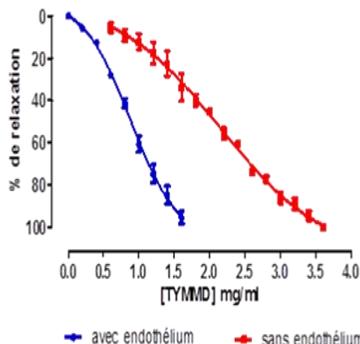
Enquêtes ethnopharmacologiques. 4 familles de plantes ont été recensées comme étant utilisées traditionnellement dans le traitement de l'HTA : Moraceae, Asteraceae, Passifloracea et Loganiaceae.

Effet de l'extrait de *Strychnos spinosa* sur l'aorte isolée de rat avec ou sans endothélium. L'extrait de *S. spinosa* provoque un effet vasorelaxant concentration dépendante sur l'aorte isolée intacte de rat (Graphe. 1) avec une valeur de CE₅₀ de relaxation correspondant à 0,900 ± 0,054 mg/ml. En absence d'endothélium, l'effet vasorelaxant diminue de manière significative avec une valeur de CE₅₀ correspondant à 2,055 ± 0,086 mg/ml (p<0.001).

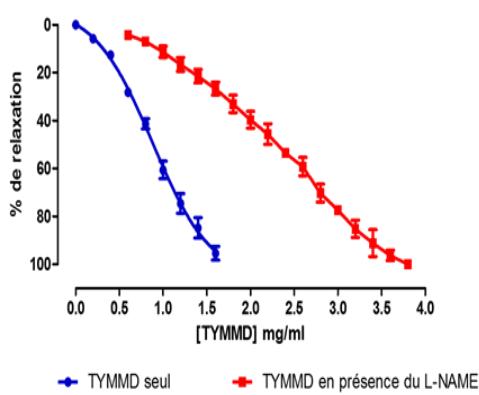
Effet de L-NAME sur l'activité relaxante de l'extrait TYMMD sur l'aorte isolée de rat. En présence de L-NAME, la courbe effet-concentration de l'extrait de *S. spinosa* est déplacée vers la droite, avec une valeur de CE₅₀ qui devient 2,254 ± 0,14mg/ml (p<0.001) vs CE₅₀= 0,900 ± 0,054 mg/ml en absence de L-NAME (Graphe. 2).

Effet du propranolol sur l'activité vasorelaxant de l'extrait de *Strychnos spinosa* sur l'aorte isolée de rat. Le graphe 3 montre que les valeurs de CE₅₀ des activités vasorelaxantes de l'extrait de *S. spinosa* en absence (CE₅₀ = 0,900 ± 0,054 mg/ml) et en présence (CE₅₀ = 2,762 ± 0,138

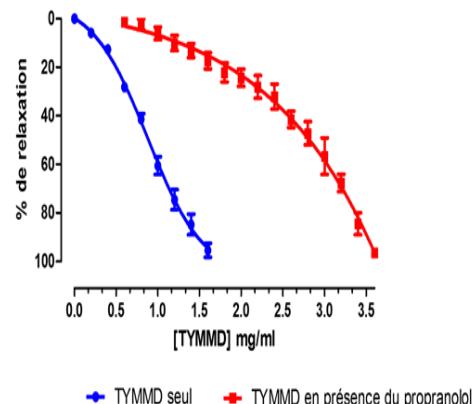
mg/ml) du propranolol sont significativement différentes ($p<0,001$). La courbe effet-concentration de l'extrait de l'extrait végétal est déplacée vers la droite.



Graphe 1: courbe effet-concentration de l'extrait total méthanolique de feuille de *Strychnos spinosa* (TYMMD) sur l'aorte isolée de rat avec et sans endothélium précontractée avec le phénylephrine (n=6)



Graphe 2: courbe effet-concentration de l'extrait total méthanolique de feuille de *Strychnos spinosa* (TYMMD) sur l'aorte isolée de rat avec endothélium précontractée avec le phénylephrine en présence de L-NAME (n=6)



Graphe 3 : courbe effet-concentration de l'extrait total méthanolique de feuille de *Strychnos spinosa* (TYMMD) sur l'aorte isolée de rat avec endothélium précontractée avec le phénylephrine en présence du propranolol (n=6)

Discussion

Les résultats de la présente étude montrent que l'extrait brut méthanolique des feuilles de *Strychnos spinosa* ont des effets sur l'HTA. En effet, l'extrait brut TYMMD, testé sur l'aorte isolée de rat, montre qu'en présence d'endothélium, la valeur de la CE_{50} de relaxation ($0,900 \pm 0,054$ mg/ml) est inférieure à celle obtenues sur l'organe dépourvu d'endothélium ($2,055 \pm 0,086$ mg/ml). Ce qui permet d'affirmer que l'extrait végétal exerce un effet vasorelaxant endothélium dépendant sur l'aorte isolée de rat pré-contraté par la PHE. Ces résultats nous ont conduits à étudier les mécanismes à l'origine de cet effet relaxant. En effet, l'endothélium vasculaire produit de nombreuses molécules vasoactives qui sont impliquées dans la régulation de la pression artérielle. Parmi ces substances, on peut citer les agents vasodilatateurs, tels que le monoxyde d'azote (NO), le prostacycline (PGI2) et ceux hyperpolarisants d'origine endothéliale (EDHF) comme l'acétylcholine (Ach), la substance P, la bradychinine, l'adénosine (Vanhoutte 1999 ; Ndiaye et coll., 2005). En présence de L-NAME, la courbe effet-concentration de l'extrait TYMMD est déplacée vers la droite, démontrant une inhibition de l'effet vasorelaxant de *S. spinosa*, avec une valeur de CE_{50} de $2,254 \pm 0,14$ mg/ml qui est largement supérieure à celle de l'extrait brut végétal seul dont la $CE_{50} = 0,900 \pm 0,054$ mg/ml. Ce qui permet d'affirmer que l'activité vasorelaxante de *S. spinosa* est NO dépendante. Ce résultat indique que l'extrait végétal pourrait contenir une ou des molécule(s) capables d'interférer avec la production endothéliale de NO (Collin et Levy, 2006). Le NO libéré entraîne la formation de guanosine monophosphate cyclique (GMPc) (Vallance., 2003) dont la hausse favorise la stimulation de la protéine kinase G (PKG) et le recaptage du calcium par le réticulum sarcoplasmique, Ca^{2+} -ATPase (Monnet., 2008), entraînant ainsi la relaxation de la cellule musculaire lisse vasculaire (Ghafari et Labarde., 2003). Testé en présence du propranolol, la courbe effet-concentration de l'extrait TYMMD

est déplacée vers la droite avec une CE_{50} qui est largement supérieure à celle de l'extrait brut végétal seul ($2,762 \pm 0,138$ mg/ml vs $0,900 \pm 0,054$ mg/ml). Le propranolol inhibe ainsi l'effet vasorelaxant exercé par l'extrait de *S. spinosa* et cette inhibition est effectuée suivant un mécanisme d'action dépendant de la concentration cytosolique en calcium libre. En outre, le rôle du calcium est confirmé par l'implication des récepteurs $\beta 2$ adrénnergiques via la voie de l'AMPc (Zahoui et coll., 2010). L'ensemble de ces résultats démontrent que l'effet vasorelaxant exercé par l'extrait de *strychnos spinosa* impliquerait la voie de l'AMPc qui stimule la protéine kinase A (PKA) ayant comme cibles moléculaires, soit le réticulum sarcoplasmique, soit les canaux calciques voltages dépendants (CCVD), soit la pompe Ca^{2+} -ATPase. Ces différentes voies intracellulaires aboutissent à une diminution de la concentration cytosolique en Ca^{2+} et ainsi à la relaxation musculaire lisse vasculaire. (Walford et Loscalzo, 2003).

Conclusion

Les résultats ont démontré que l'extrait brut méthanolique de feuilles de *Strychnos spinosa* (TYMMD) exerce un effet vasorelaxant NO dépendant et par une stimulation des récepteurs $\beta 2$ -adrénnergiques des cellules musculaires lisses vasculaires. Néanmoins, des travaux de recherche complémentaires comme l'évaluation de l'activité anticalcique sur aorte isolée de rat, le test d'activité au niveau cardiaque et les effets antihypertensive et diurétique *in vivo* chez le rat, etc..., sont encore indispensables pour confirmer les résultats obtenus dans le cadre de cette étude. Il est aussi nécessaire d'isoler et d'identifier la ou les molécules responsables des activités pharmacologiques observées. De plus, pour éviter tout risque de toxicité, il est fortement recommandé de n'utiliser les plantes médicinales qu'avec une bonne connaissance de la matière végétale et un respect des posologies et des doses.

Références bibliographiques

- Boiteau P. ,1986. Médecine traditionnelle et pharmacopée. Précis de matière médicale malgache. Agence de coopération culturelle et technique, (A.C.C.T.), Paris 141 p.
- Ghafari Y, Labarde G., 2003. Rapport IST: Le Monoxyde d'azote. Université de Versailles Saint Quentin en Yvelines, p.43.
- Kane ModouOumy, SARR Mamadou, GUEYE Papa Madième, NDIAYE Chekl Aminata, 2009. Effets relaxants vasculaires d'un extrait hydroalcoolique d'écorce de Parkiaboglobosa (Mimosaceae). Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol., 285(4): H 1590-9.
- Kearney PM, Whelton M, Reynolds K, Muntner P, Whelton PK, He J., 2005.Global burden of hypertension: analysis of worldwide data. Pubmed 365 (9455):217-23.
- Ngo Lemba Tom Esther ., 2011 . Effets antihypertenseurs des extraits de Terminalis superbe Englers et Diels (Combretaceae): étude *in vivo* et *in vitro*. Thèse de doctorat en Science de la Vie et de la Santé. Université de Franche- Comté.
- Zahoui O.S., Nene-Bi S.A., Soro T.Y., Traore F., 2010. Etude des effets pharmacologiques de l'extrait aqueux de *Heliotropium indicum* Linn. (Boraginaceae) sur le cœur isolé de rat et l'aorte isolée de cobaye. International Journal of Biological and Chemical Sciences, Journal home, Volume 4, n°5.
- El Houssaine L., 2012. Recommandations de Bonnes Pratiques Médicales : L'Hypertension artérielle de l'adulte.
- Ratsimiala-Ramonta V., 2008. Mise en évidence des activités antihypertensive et aphrodisiaque de la plante HY.07 (Meliaceae) Mémoire de DEA de Pharmacologie, Université d'Antananarivo.
- Ratsimandresy R., 2011. Etude de l'activité antihypertensive de HYK09 (Meliaceae). Mémoire de DEA de Pharmacologie, Université d'Antananarivo.
- Collin S., Levy B., 2006. Physiopathologie de l'hyporéactivité vasculaire au cours des états de choc. Groupe choc, Contact Avenir iserm-2006, Faculté de médecine, Université de Nancy Am. J. Physiol. - Heart Circ. Physiol., p, 87:H435-446.
- Tabuti J.R.S., Lye K.A. & Dhillon S.S., 2003. Traditional herbal drugs of Bulamogi, Uganda: plants, use and administration. J. Ethnopharmacology, 88: pp 19-44.
- Vanhoutte P.M., Mombouli J.V., 1999. Endothelial dysfunction from physiology to therapy. J. Moll. Cell. Cardiol., 811, 60-67.
- Walford G., Loscalzo J., 2003. Nitric oxide in vascular biology.1: 2112-2118.

27. Le copalme d'Amérique ou *Liquidambar*, une espèce prometteuse pour préserver l'environnement et la biodiversité

RAKOTONDRAOELINA Hery – FOFIFA/Département de Recherches Forestières et de Gestion des Ressources Naturelles Ambatobe
Dr Rakotovololonalimanana Herizo – Université Antananarivo/ESSA-Forêts

Introduction

La mégabiodiversité forestière malgache est en perpétuel danger face aux besoins croissants du marché local, en matière de produits forestiers ligneux et face au trafic illicite de bois précieux. Comme les espèces autochtones montrent une croissance relativement faible pour subvenir aux besoins nationaux, la promotion du reboisement, à travers l'élargissement de la gamme d'espèces exotiques utilisées dans les plantations est une alternative pour réduire la pression anthropique sur les forêts naturelles.

De par les résultats obtenus au Brésil, en Afrique du Sud et au Zimbabwe, le Commonwealth Forestry Institute (CFI) a lancé en 1986 un essai international de provenance de *Liquidambar styraciflua* (Altingiaceae). C'est un feuillu à croissance rapide originaire du Sud-Est des Etats-Unis d'Amérique, du Mexique et de l'Amérique Centrale. Pouvant atteindre dans les meilleures conditions, 45 m de haut et 1 m de diamètre, il fournit du bois de valeur.

Le *Liquidambar* n'est pas une essence entièrement nouvelle à Madagascar. On en trouve à l'état isolé dans quelques parcs d'Antananarivo et en petits bouquets dans certaines stations forestières. Les plus anciens remontent vers les années 1950 - 1956 à Angavokely, à Manjakatombo. Vers les années 60, d'autres plantations furent réalisées à Antsirabe, Ialatsara, Ampamaherana. Seuls subsistent quelques pieds vigoureux, de belle rectitude. Mais aucun ne perd totalement ses feuilles, sous nos climats, pendant l'hiver austral.



Verger de provenances de *Liquidambar styraciflua* de La Mandraka – Crédit DRFGRN

Matériel et méthodes

Matériel végétal

Sur les 15 provenances envoyées par le CFI à Madagascar, deux n'ont pas donné de bon résultat de germination et une n'a pas survécu à la plantation. Ainsi, l'essai de provenance de la Mandraka comporte 12 provenances du Mexique et de l'Amérique Centrale. Les caractéristiques des zones de récoltes sont données dans le tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques des provenances étudiées

N°	Provenances	Origine	Long.	Lat.	T° moy.	Alt (m)	Pluv. (mm)
1	Gomez Farias	Mexico	99°10'W	23°06'N	17.0°C	950-1450	1800-2500
2	Zacualtipan	Mexico	98°37'W	20°42'N	13.6°C	1800-1870	2047
3	Huatusco	Mexico	69°58'W	19°05'N	18.8°C	1350-1550	1746
4	Buenos Aires	Honduras	88°11'W	15°30'N	-	900-1080	2000
5	Montebello	Mexico	91°44'W	16°04'N	18.0°C	1500	1836
6	Tactic	Guatemala	90°21'W	15°19'N	17.3°C	1380-1420	2079.5
7	Finca las victorias	Guatemala	89°22'W	15°12'N	22.4°C	800-1000	2000
8	Las Lajas	Honduras	87°34'W	14°48'N	21.4°C	1100-1200	1700
9	San Esteban	Honduras	85°35'W	15°22'N	21.0°C	640-800	1300-1500
10	Tutule	Honduras	87°50'W	14°12'N	17.0°C	1400-1700	1900
11	Los Alpes	Honduras	87°58'W	14°33'N	18.0°C	1250-1350	1400-1600
12	Yucul	Nicaragua	85°48'W	12°55'N	22.4°C	850-1100	1394

Milieu expérimental

Le point d'essai à Mandraka se trouve à 67 km le long de la RN2 vers Toamasina. Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Latitude: 18°55'S
- Longitude: 47°54'E
- Altitude: 1200 m
- T° moyenne: 18.1°C
- Pluviométrie: 2293 mm/an

Le dispositif expérimental est en blocs complets randomisés : 12 traitements, 4 répétitions, parcelle unitaire de 36 plants (6x6), écartement de plantation de 2.5m x 2.5m.

A cause de la forte pente, on a adopté la préparation du sol en trouaison sur banquette de 80 x 80 cm.

La plantation a été faite en deux temps :

- Bloc I et II : 23- 24/05/86
- Bloc III et IV : 28-29/11/86

Caractères mesurés et variables étudiées

Les caractéristiques étudiées sont celles de la croissance, en comparaison avec celles obtenues dans son aire d'origine ainsi que les propriétés physico-mécaniques pour caractériser l'espèce. A titre d'information, on a considéré la moyenne générale des provenances pour chaque caractéristique.

Tableau 2 : Les caractéristiques étudiées

Caractéristiques		Code	Unité	Méthodes utilisées
Croissance	- Hauteur totale (H) : <ul style="list-style-type: none"> - 5ans - 10 ans 	H5 H10	m m	Mesure au dendromètre Carl Leiss au dm près
	- Diamètre à 1.30 m (D) : <ul style="list-style-type: none"> - 5ans - 10 ans 	D5 D10	cm cm	Mesure au mètre ruban au 0.5 cm près D = circonférence à 1.30m / π
Propriétés physico-mécaniques	- Densité	D		$D = \rho_{\text{corps}} / \rho_{\text{eau}}$ où : $\rho_{\text{corps}} = \text{la masse volumique du corps considéré}$ $\rho_{\text{eau}} = \text{la masse volumique de l'eau (}1000\text{kg/m}^3\text{)}$
	- Module d'élasticité(MOE)	E	MPa	$E = \square / \square \square$ où : $\square = \text{la contrainte (unité de pression)}$ $\square \square = \text{la déformation unitaire}$
	- Module de cisaillement (MOC)	G	MPa	$G \stackrel{\text{def}}{=} \frac{\tau_{xy}}{\gamma_{xy}} = \frac{F/A}{\Delta x/l} = \frac{Fl}{A\Delta x}$ Où : $\tau_{xy} = F / A$ est la contrainte de cisaillement ; $\square \square F$ est la force ; $\square \square A$ est l'aire sur laquelle la force agit ; $\square \square \gamma_{xy} = \angle x / l = \tan\theta$ est le déplacement latéral relatif, θ est l'écart à l'angle droit ; $\text{MOS} = E / (D \times 1000)$
	- Module spécifique (MOS)	MOS		

Méthodes

Pour transformer l'essai de provenance en verger de provenance, deux éclaircies avec un taux de 30% ont été effectuées : la première, une éclaircie sanitaire, suite à la fermeture du couvert végétal en 1996 et la seconde, une éclaircie génétique en 2003, combinant à la fois les caractéristiques de croissance (surface terrière) et de conformité (rectitude, fourchaison et branchaison). L'éclaircie se fera en fonction de la surface terrière de chaque parcelle. Le marquage des arbres à abattre sera effectué parcelle par parcelle. Différentes étapes sont à réaliser pour ce faire :

1. calculer la surface terrière de la parcelle étudiée ;
2. en déduire la surface terrière correspondant au 30 % à abattre ;

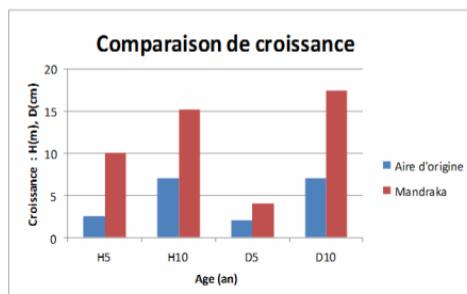
3. sélectionner les arbres d'avenir i.e. les sujets montrant les meilleures caractéristiques phénotypiques sur la croissance, la forme et la branchaison ;
4. choisir parmi les mauvais sujets les 30 % à abattre, en retenant les beaux sujets et en martelant par des croix ceux qui doivent partir.

Concernant les propriétés physico-mécaniques, sur 26 pieds des produits d'éclaircie, 116 éprouvettes ont été prélevées et 88 éprouvettes sans défauts ont pu être caractérisées au laboratoire. Les principaux paramètres étudiés sont la densité (D), le Module d'Elasticité (MOE), le Module de Cisaillement (MOC) le Module Spécifique (MOS) et le comportement des produits de finitions en phase aqueuses.

Résultats

Le copalme d'Amérique montre une bonne adaptation à Mandraka de par les résultats obtenus. En effet, avec un accroissement annuel moyen en hauteur de 1,5m/an jusqu'à 13 ans, sa croissance juvénile est relativement plus importante par rapport au résultat obtenu dans son aire d'origine ($\leq 1\text{m}/\text{an}$).

H= hauteur totale (m) ; D= diamètre à 1.30m (cm)

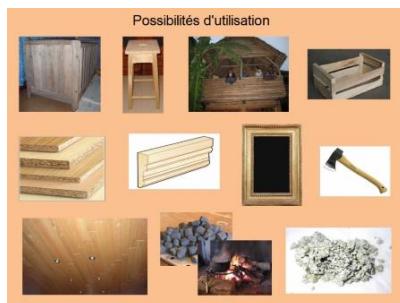


L'espèce présente un index PHF excellent avec un bon élagage.



Crédit DRFGRN

En outre, l'espèce rejette de souche. La production grainière est très importante et le taux de germination moyen des graines est de 83%. Les principales caractéristiques physico-mécanique du bois de Liquidambar à Mandraka sont les suivantes : densité : 0,57, Dureté Monnin : 2,4, Retrait tangentiel : 13%, retrait radial : 7%, Module d'élasticité : 11 000MPa. Son bois modérément dur, moyennement lourd, de texture uniforme lui permet de nombreuses utilisations : ébénisterie, menuiserie, pâte à papier, bois de sciage, bois de placage, bois de contreplaqué, bois de chauffe, charbon....



Conclusion et recommandations

Récemment, on commence à reboiser le verger de provenance de Liquidambar de la Mandraka qui constitue une structure de production de semences améliorées pour le reboisement. La vulgarisation du copalme d'Amérique avec la collaboration du SNGF et le service des eaux et forêts est un moyen pour réduire la pression anthropique sur les forêts naturelles et préserver l'environnement et la biodiversité.

Références

- V. Auberlinder, 1984. Le liquidambar. *Afocel-Armef/Informations-Forêt n°3 (fascicule 252)* :241-252
H. Rakotondraoelina, G.Rakotovao, H.Randrianjafy, 2005. Le copalme d'Amérique, une belle espèce feuillue à croissance rapide pour la production de bois d'œuvre, FOFIFA/DRFP, Fiche technique n° 818, 4p.
H. Rakotovololonalimanana. 2012. Propriétés du bois et caractéristiques dendrométriques de *Liquidambar styraciflua* L. de la Mandraka : étude des potentialités et de la variabilité intraspécifique. Mém. DEA, options Foresterie, développement et environnement. ESSA-Forêts, Univ.Antananarivo. 68p.
H. Rakotovololonalimanana, 2013. Déterminisme génétique et environnemental des propriétés du bois de *Liquidambar styraciflua* L. de La Mandraka : adaptation aux reboisements malgaches et apports à la production ligneuse. Thèse doctorat, Mécanique et génie civile, Univ. Antananarivo, Univ. Montpellier 2. 203p
H. Rakotovololonalimanana, H. Rakotondraoelina, G. Chaix, L. Ramamonjisoa, M-F. Thevenon, H. Randrianjafy, T. Ramananantoandro, 2014. Adaptation et variabilité génétique de la croissance de *Liquidambar styraciflua* L. de l'essai de provenances à Mandraka, Madagascar. *Bois et Forêt des Tropiques*, N°320 (2).

28. Les champignons comestibles de Madagascar : importance et exploitation durable

Emile RANDRIANJOHANY¹, Nirina RAKOTOARIMANGA¹, Luciano A.RAMAROSON¹, Bart BUYCK², Jaona RANAIVO¹ & Herizo RANDRIAMBANONA¹.

¹ Centre National de Recherches sur l'Environnement (CNRE), BP.1739, Labo. de Microbiologie de l'Environnement (LME). 39 rue Rafetisamimanana, Fiadanana. Antananarivo, Madagascar.

² Muséum National d'Histoire Naturelle, Dépt. Systématique et évolution, CP 39, ISYEB, UMR 7205 CNRS MNHN UPMC EPHE, 12 rue Buffon, F-75005 Paris, France.

Résumé : Ce travail donne une présentation inédite et actualisée des champignons comestibles consommés à Madagascar. Les objectifs consistent à améliorer les connaissances taxinomiques et écologiques de ces ressources forestières, à évaluer les perspectives de leur valorisation dans le domaine médical, et à montrer l'urgence de la préservation de leurs habitats naturels. Des enquêtes ethnomycologiques ont été menées dans divers sites répartis sur les hauts plateaux centraux et les régions côtières orientales, en ciblant les populations locales, notamment les collecteurs – vendeurs traditionnels de champignons sauvages. Les échantillons prélevés, photographiés, ont été décrits afin de déterminer leurs noms scientifiques ou leur appartenance aux principaux genres connus. Les taxons ainsi identifiés ont été confrontés aux taxons analogues publiés et reconnus, à la fois, pour leur comestibilité et leurs multiples intérêts médicinaux. Le résultat d'inventaire des champignons comestibles consommés à Madagascar est présenté dans une liste non exhaustive de 70 espèces fongiques, avec les noms scientifiques et les noms vernaculaires malgaches. Ces espèces appartiennent à deux grands groupes : les champignons ectomycorhiziens, toujours associés par symbiose à leurs hôtes ligneux, tels *Uapaca bojeri* (Phyllanthaceae) ou « *Tapia* », *Eucalyptus robusta* (Myrtaceae) et *Pinus patula* (Pinaceae) ; les champignons saprophytes qui vivent sur divers débris végétaux en décomposition. La diversité des espèces, leur distribution, les enjeux écologiques et le potentiel de valorisation dans chaque groupe sont respectivement discutés.

Mots-clés : Mycologie - espèces comestibles – diversité – valorisation - Madagascar,

I) Introduction

Les champignons comestibles sont classés parmi les Produits Forestiers Non Ligneux (PNFL). Leurs utilisations culinaires et médicinales en Orient (Japon, Chine) datent depuis 4000 ans. Les

Macromycètes gagnent une popularité grandissante dans les récentes décades, d'abord à cause de leur valeur nutritionnelle et gustative qui furent très à la mode dans le monde occidental (Europe, USA). Parallèlement, les champignons deviennent des aliments fonctionnels, source de composés bioactives physiologiquement très bénéfiques (Josiana A. Vaz et al., 2011). Les peuples du continent africain consomment traditionnellement des champignons sauvages dont ils ont une assez bonne connaissance. Par contre la connaissance scientifique des macromycètes africains est encore fragmentaire et presque limité aux espèces traitées dans *la Flore iconographique des champignons du Congo*, *la Flore illustrée des champignons d'Afrique Centrale* et *A preliminary agaric flora of East Africa* (Rammelo & R. Walley, 1993). Ces auteurs ont effectué une compilation des travaux des mycologues ayant opéré en Afrique et publié ainsi une centaine de champignons comestibles d'Afrique sud saharienne, y comprises les quelques données sporadiques et anciennes sur les espèces de Madagascar. Le présent travail contribue à l'amélioration des connaissances taxonomiques et écologiques des champignons comestibles malgaches et à la mise en évidence de leurs intérêts potentiels.

II) Matériels et méthodes

II.1 Sites d'étude : Les sites d'études ont été choisis autour des villages où s'exercent les activités traditionnelles de cueillette et de consommation de champignons sauvages. Ils sont notamment répartis dans la région centrale (Arivonimamo, Ambatolampy - Behenjy ; Ambositra - Ambatofinandrahana) et la région orientale (Moramanga, Brickaville, Vatomandry, Toamasina, Fénerive est).

II.2 Enquêtes ethnomycoloqiques : elles sont conduites auprès des villageois qui sont questionnés sur les noms vernaculaires des champignons récoltés, les modes de cuisson, les espèces préférées, les espèces commercialisées et lieux de vente. Ces entretiens sont suivis de promenades en milieux de collectes en compagnie des gens volontaires en vue des prises de photos in situ et de prélèvements d'échantillons.

II.3 Etudes en laboratoire : Les échantillons prélevés sont ramenés au lieu de campement pour des descriptions préliminaires lesquelles sont complétées en laboratoire par des observations plus détaillées, et serviront aux déterminations scientifiques des taxons en utilisant des ouvrages internationaux sur les mycoflores publiées.

III) Résultats et discussions

III.1 Données ethnomycoloqiques

Les enquêtes menées dans l'ensemble des divers sites d'études ont permis d'établir une liste de 70 champignons consommés par les malgaches (tableaux 1 et 2). Ceux-ci sont, tous ou en grande majorité, cités par leurs noms vernaculaires. Du point de vue terminologique, le mot malgache pour désigner les champignons macroscopiques, en général, est « Holatra ». Pour distinguer les espèces entre elles, divers qualificatifs sont rajoutés ; ceux-ci traduisent, soit des caractères morphologiques observés (couleur du carpophore, aspect général, consistance), soit la plante ou la formation associée, soit le type de substrat.

Quelques exemples significatifs de noms vernaculaires peuvent être relevés. « Holamenakely » signifiant « petit champignon rouge » (espèces N° 1, 32, 33 ; Tableaux 1), correspond à trois taxons différents, selon l'endroit de collecte et la population concernée, une chanterelle et deux laccaires. Au sein d'une même formation comme la forêt de tapia, quatre russules s'avérant différents, suite à des observations plus minutieuses d'autres caractères morphologiques sont communément appelées par « Holamanga » (N° 16, 17, 18, 19; Tableaux 1), du moment qu'elles sont teintées entièrement ou partiellement de violet, lilacin ou grenat, en arguant que les nuances proviennent de la nature différente des sols où elles poussent. Les noms associés aux plantes ou à l'habitat sont également nombreux : « Holatapia » (N°14 Tableaux 1), une russule des forêts de tapia ; « Holatratsikana » (N°3 Tableaux 1), une chanterelle associé à l'arbuste hatsikana (*Xylolaena bojerianum* - *Sarcolaenaceae*) ; « Holakaravola » (N°4 Tableaux 1), un bolet associé à une Poaceae, *Aristida sp* ou haravola ; « Holakininina » associé à *Eucalyptus*. Les espèces du genre *Clavulina* sont dénommées « Holapako, Holadrantsana » (N°69, 70 ; Tableaux 2), en raison de leurs aspects coralliens, ou ramifiés. La signification des noms malgaches attribués à un nombre important de champignons est de plus en plus perdue par la population actuelle, bien que transmise par les ancêtres. D'autres noms incompréhensibles et inexpliqués comme « Kômodi » sont attribués à des collybies (N°48, 49 ; Tableaux 2) et à une espèce du genre *Agaricus* ; il s'agit peut-être d'une transformation du terme français collybie, pouvant être indiqué lors du passage probable d'un mycophile étranger dans un village local.

D'après nos enquêtes, l'usage médicinal traditionnel des champignons est méconnu à Madagascar à l'exception d'un polypore rouge (*Pycnoporus cinnabarinus*) utilisée en poudre pour soigner l'oreillon, ainsi qu'un lentin comestible (*Lentinus tuberregium* ou « Holatafa ») lequel est utilisé contre la toux infantile, la fièvre.

III.2 Distribution et diversité des champignons comestibles ectomycorhiziens (ECM)

Parmi les 70 champignons comestibles consommés recensés, 37 espèces appartenant à six familles sont ectomycorhiziennes et sont cantonnées dans trois types de formations forestières (Figure 1) situées dans les sites des hauts plateaux du centre. Il s'agit des forêts claires à *Uapaca bojeri* - Phyllantaceae, ou bois des tapia (Perrier de la Bathie,) avec 51,4% des espèces ECM, les plantations d'*Eucalyptus robusta* - Myrtaceae avec 32 ,4% des espèces ECM, et les plantations de *Pinus patula* - Pinaceae avec 16,2% des ECM. Cette distribution restrictive pour les autres sites de la région orientale occupée pourtant par des massifs de forêts denses humides ainsi que des reliquats de forêts littorales, est expliquée par l'absence des traditions de cueillette de champignons sauvages chez les populations environnantes de ces forêts. La méconnaissance des espèces fongiques chez ces dernières et les craintes vis-à-vis de la consommation des champignons hors de leurs villages, ont été établies lors de nos enquêtes.

La figure 1 montre la répartition des espèces ectomycorhiziens comestibles selon leur appartenance aux six familles représentées et leur habitat respectif. Dans les trois types d'habitats ectotrophes, les familles des Cantharellaceae, Boletaceae et Russulaceae sont les plus représentées en nombre des espèces présentes.

Tableau 1 : LES CHAMPIGNONS CONSOMMÉS A MADAGASCAR - ESPECES ECTOMYCORIZIENNES

N°	Noms scientifiques	Familles	Noms vernaculaires	Habitats
1	Cantharellus platyphyllus var. bojerianum	Cantharellaceae	Holamenakely **	F. claire à "Tapia"
2	Cantharellus sebosus.	Cantharellaceae	Holabony	F. claire à "Tapia"
3	Cantharellus aff. eucalyptorum	Cantharellaceae	Holatratsikana, holamavo**	F. claire à "Tapia"
4	Gyroporus sp.	Boletaceae	Holakaravola	F. claire à "Tapia"
5	Strobilomyces sp1	Boletaceae	Holajanakomby	F. claire à "Tapia"
6	Strobilomyces sp2	Boletaceae	Holatakatra	F. claire à "Tapia"
7	Strobilomyces sp3	Boletaceae	Holatramponbo	F. claire à "Tapia"
8	Xerocomus sp.	Boletaceae	Holatamavo	F. claire à "Tapia"
9	Rubinoboletus sp.	Boletaceae	Holakatikena	F. claire à "Tapia"
10	Amanita sp1	Amanitaceae	Holakibobo	F. claire à "Tapia"
11	Lactarius sp1	Russulaceae	Holadronono	F. claire à "Tapia"
12	Lactarius sp2	Russulaceae	Holadronono	F. claire à "Tapia"
13	Russula edulis	Russulaceae	Holabato**	F. claire à "Tapia"
14	Russula sp1	Russulaceae	Holatapia**	F. claire à "Tapia"
15	Russula sp2	Russulaceae	Holakibaosy	F. claire à "Tapia"
16	Russula sp3	Russulaceae	Holamanga (clair beige rosé)	F. claire à "Tapia"
17	Russula sp4	Russulaceae	Holamanga (violet foncé)	F. claire à "Tapia"
18	Russula cf. purpureomutabilis	Russulaceae	Holamanga (rouge vineux)	F. claire à "Tapia"
19	Russula cf. cyanoxanthae	Russulaceae	Holamanga	F. claire à "Tapia"
20	Russula sp5	Russulaceae	Holabatomanga	F. claire à "Tapia"
21	Amanita rubescens	Amanitaceae	Holakibobo	Eucalyptus
22	Cantharellus madagascariensis	Cantharellaceae	Holamena**	Eucalyptus
23	Cantharellus eucalyptorum	Cantharellaceae	Girolle (ch et st à écailles brunes)**	Eucalyptus
24	Cantharellus nigrescens	Cantharellaceae	Bemainty	Eucalyptus
25	Cantharellus variabilicolor	Cantharellaceae	Holamena**	Eucalyptus
26	Cantharellus tricolor	Cantharellaceae	Girolle (hyménophore jaune)**	Eucalyptus

27		Cantharellus cf. rufopunctatus	Cantharellaceae	Girolle (hym et st blanchâtres) **	Eucalyptus
28		Boletus sp.	Boletaceae	Holabetongotra	Eucalyptus
29		Russula madecassense	Russulaceae	Holakininina	Eucalyptus
30		Russula prolifica	Russulaceae	Holapotsy***	Eucalyptus
31		Russula sp.	Russulaceae	Holapotsy2	Eucalyptus
32		Laccaria cf. lacata	Tricholomataceae	Holamenakely	Plantation Pins
33		Laccaria cf. tortilis	Tricholomataceae	Holamenakely	Plantation Pins
34		Suillus granulatus	Boletaceae	Holakesika	Plantation Pins
35		Suillus luteus	Boletaceae	Holakesika	Plantation Pins
36		Rhizopogon cf luteolus	Rhizopogonaceae	Atodikesika	Plantation Pins
37		Lactarius cf . lignyotus	Russulaceae		Plantation Pins

Tableau2 : LES CHAMPIGNONS CONSOMMÉS A MADAGASCAR - ESPECES SAPROPHYTES

N°		Noms scientifiques	Familles	Noms vernaculaires	Habitats
38		Volvariella volvacea	Pluteaceae	Holadambika, Ampona***	résidus agricoles
39		Pleurotus cf ostreatus	Pleurotaceae	Holampotsy***	résidus agricoles
40		Pleurotus cf pulmonarius	Pleurotaceae	Holampotsy***	résidus agricoles
41		Pleurotus sp.	Pleurotaceae	Holatra palmier***	résidus agricoles
42		Coprinus sp1	Coprinaceae	Holatralakiomo	résidus agricoles
43		Coprinus sp2	Coprinaceae	Holatra palmier	résidus agricoles
44		Marasmiellus cf inoderma	Marasmiaceae	Holapiritika, holadingoza	Résidus agricoles
45		Collybia sp	Marasmiaceae	Holatany	champs de culture
46		Lentinus tuberegianum	Pleurotaceae	Holatafa	champs de culture
47		Lepista sordida	Tricholomataceae	Holapary, Holatsaonjo	champs de culture
48		Gymnopus tamatavae	Marasmiaceae	Kômodi**	pelouse côtière
49		Gymnopus sp	Marasmiaceae	Kômodi**	pelouse côtière
50		Agaricus sp.	Agaricaceae	Kômodi*	pelouse côtière
51		Chlorophyllum molybdites	Agaricaceae	Tataofasika	pelouse côtière
52		Agaricus sp.	Agaricaceae	Holabotry	savane, centre
53		Macrolepia cf dolichaula	Agaricaceae	Holadranambo**	savane, centre
54		Calvatia sp1	Lycoperdaceae	Gabo**	savane, centre
55		Calvatia sp2	Lycoperdaceae	Holadeboka*	savane, centre
56		Podaxis sp.	Podaxaceae	Holapenakoho	savane, centre
57		N V, mention enquête, Indét.	Indét.	Holabetongotra	savane, centre
58		N V, mention enquête, Indét.	Indét.	Holadramizotra	savane, centre
59		Leucoagaricus sp.	Agaricaceae	Holadronono**	savane, côte est
60		Cuphophyllus sp.	Tricholomataceae	Holadroranga**	savane, côte est
61		Calocybe sp.	Tricholomataceae	Betongotra	savane, côte est
62		Schizophyllum commune	Schizophyllaceae	Bangoala	Forêt littorale
63		Armillaria heimii	Tricholomataceae	Holajoloana	Forêt littorale
64		Scitinopogon sp.	Scutigeraceae	Tanatrandraka	Forêt littorale
65		Pleurotus cf sajor- caju	Pleurotaceae	Betadiny	Forêt littorale
66		Nothopanus sp.	Pleurotaceae	Tsimananila	Forêt dense humide
67		Auricularia delicata	Auriculariaceae	Tadinimboalavo**	Forêt dense humide
68		Auricularia cf. judae	Auriculariaceae	Holatramanoro	Forêt dense humide
69		Clavulina sp	Clavariaceae	Holadrapetera, Holapako	Eucalyptus
70		Clavulina albiramea	Clavulinaceae	Holadrantsana**	F. claire à "Tapia"

- a) **Les Russulaceae** : Cette famille composée de deux genres *Russula* et *Lactarius*, sont représentées par 14 espèces. La forêt des tapia compte 8 russules comestibles dont une espèce nouvellement décrite, *Russula edulis* B. Buyck, et 2 lactaires. Les plantations d'eucalyptus comprennent 3 russules comestibles dont une également nouvellement décrite, *R. prolifica* B. Buyck, *R. madecasense* R. Heim et *Russula sp.* et aucun lactaire. Les pinèdes ne représentent qu'une espèce de lactaire boréale (*Lactarius lignyotus*).
- b) **Les Cantharellaceae** : Elles sont représentées par 9 espèces du genre *Cantharellus* rencontrées dans les seules formations des tapia (*Cantharellus platyphyllus* var. *bojerianum* ; *C. sebosus* ; *C. aff. eucalyptorum*) et des Eucalyptus (*Cantharellus eucalyptorum* ; *C. tricolor* ; *C. nigrescens* ; *C. variabilicolor* ; *C. madagascariensis* ; *Cantharellus cf. rufopunctatus*).
- c) **Les Boletaceae** : cette famille comptant 9 espèces comestibles est encore plus représentée dans la forêt des tapia laquelle contient à elle seule 6 espèces appartenant à différents genres : *Rubinoboletus* (1 esp.), *Xerocomus* (2 esp.), *Strobilomyces* (2 esp.), *Gyroporus* (1 esp.). Les bolets trouvés sous pinèdes sont constitués d'espèces boréales introduites, *Suillus granulatus* ; *S. luteus*.

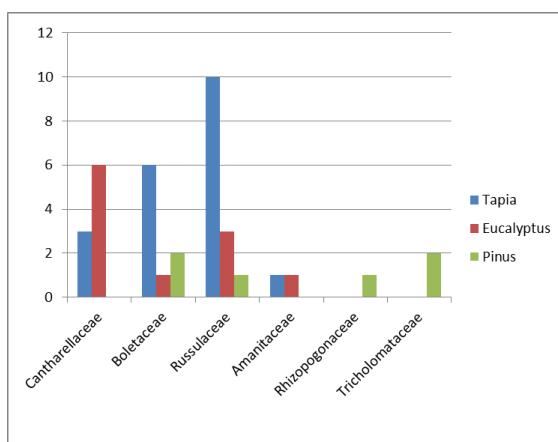


Figure 1 : Diversité taxonomique des champignons ectomycorhiziens comestibles par habitat

III.3 Distribution et diversité des champignons saprophytes comestibles

Les habitats qui hébergent les champignons saprophytes consommés à Madagascar sont plus diversifiés, tout comme les familles représentées (Figure 2). Dans ce groupe des saprophytes, ce sont les sites de la région côtière orientale qui sont plus riches et plus diversifiés en espèces comestibles. Ces milieux comprennent les résidus agricoles (21,2 % des espèces saprophytes), les pourtours dégradés des forêts littorales (12,1 %), les savanes orientales (9,1 %), les pelouses côtières (12,1), champs de culture (9,1 %), les forêts humides de moyenne altitude (9,1 %). Les formations ectotrophes (tapia, eucalyptus et pins) du centre n'abritent que de faibles proportions d'espèces saprophytes, inférieures à 3 %.

Les familles de champignons saprophytes les plus répandues sont les Agaricaceae, Pleurotaceae et Marasmiaceae.

- a) **Agaricaceae** : la famille comprend le genre *Agaricus* avec 1 espèce de la pelouse côtière, 1 espèce en savane du centre ; le genre *Macrolepiota* avec 3 espèces dans la région orientale et 1 espèce en savane du centre.
- b) **Pleurotaceae** : elle comprend le genre *Pleurotus* représenté par 4 espèces de la région orientale sur divers substrats (résidus agricoles, souches de bois,...). Parmi ces pleurotes consommés à Madagascar, figure une variété locale de l'espèce répandue et cultivée abondamment en Asie et en Europe, *Pleurotus ostreatus*.
- c) **Marasmiaceae** : cette famille comprend les genres *Gymnopus* (*Gymnopus tamatavae*, *Gymnopus sp*), *Collybia*, *Marasmiellus*, rencontrés dans les sites orientaux.

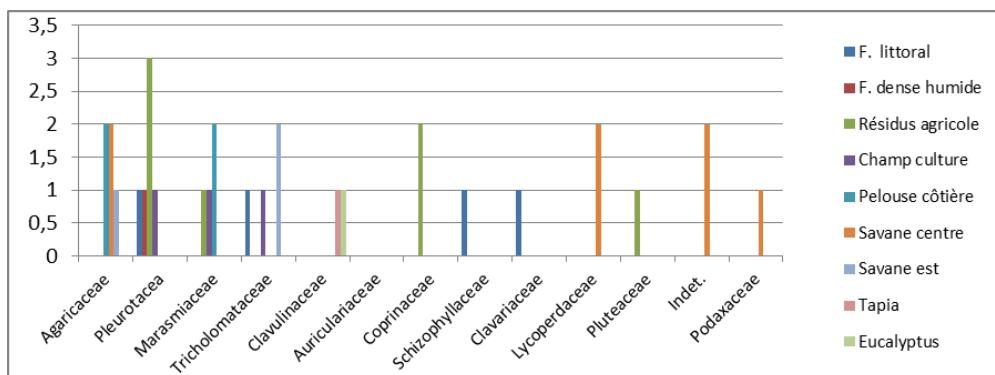


Figure 2 : Diversité taxonomique des saprophytes comestibles par habitat

2.4 Potentiel de valorisation des champignons comestibles et enjeux écologiques

Les services écologiques et socio-économiques représentés par les champignons comestibles et leurs habitats forestiers naturels sont quasi imperceptibles dans les stratégies de gestion de la biodiversité. Les forêts claires à tapia ainsi que les forêts littorales sont deux écosystèmes dont les vestiges n'occupent respectivement que 0,20 % et 0,05 % de la couverture forestière nationale (Moat J. & Smith P. 2007). Ces formations natives sont continuellement soumises à diverses pressions tels que le charbonnage, le reboisement d'arbres introduites invasives, les exploitations minières ou encore l'extension des cultures vivrières. Cette situation tire son origine de l'ignorance généralisée de leur importance en tant que refuges exceptionnelles d'espèces rares, nouvelles et non encore décrites de champignons comestibles ectomycorhiziens. A cet égard, en plus des quelques chanterelles connues et consommées (Tableau1), 8 autres espèces sur les 21 espèces nouvellement décrites ou redécouvertes à Madagascar (Buyck, B. et al., 2012 ; 2015 ; 2016) se trouvent dans les deux types de formations, « Tapia » et forêts littorales. Quelques-unes sont illustrées dans la Figure 3. A noter ici que les espèces du genre *Cantharellus* figurent parmi les excellents comestibles commercialisées sur les marchés des divers continents (Amérique, Asie, Europe, Afrique (Eyssartier, G. 2001 ; Danell E. & F.J. Camacho 1997).



Cantharellus ibityensis Buyck, Randrianjohany & V. Hofstetter (F. Tapia) *C. longisporus* var. *littoralis*& V. Hofstetter (F. littorale)

Figure 3 : Chanterelles comestibles des Forêts littorales et des F. à « tapia ».

Quant aux champignons saprophytes comestibles qui sont généralement cultivables, les publications scientifiques décrivant les propriétés à la fois nutritionnelles et médicinales des champignons macroscopiques ne cessent de croître depuis quelques décennies. Parmi les groupes mieux étudiés figurent les espèces d'Agaric, *Agaricus bisporus* ou champignon de couches et autres (Chang ST. 1999 ; Hossain, M.S. et al. 2007 ; Yu L et al. 1993 ; Karunaratna SC. et al 2016) ; les espèces de Pleurotes comme *Pleurotus ostreatus* et autres (Jednak, A. & Silva, D 2008 ; Khan, M.A. 2010 ; Akindahunsi, A.A. et al. 2006 ; Oyetayo, F.L. et al. 2007) ; beaucoup d'autres espèces dont *Lentinula edodes* ou shiitaké, *Schizophyllum commune* et *Auricularia polytricha* (Nethravathi G.P. et al. 2006).

Les champignons saprophytes comestibles apparentés à ces taxons étrangers, sont également bien représentés à Madagascar, soit en forêts denses humides, soit dans les milieux herbacés savanicoles (Figure 4). La culture de pleurotes et agarics introduites étant pratiquée à Madagascar par l'initiative de quelques opérateurs locaux, il est hautement intéressant de produire des souches locales qui seraient tout à fait nouvelles pour le marché et la recherche de nouvelles molécules biologiquement actives.



Lentinus sp. (F. littorale)



Pleurotus sp. (F. dense humide)



Agaricus sp. « holabotry » (centre) *Agaricus sp.* « Komodi 1 » (littoral est)



Figure 4 : Agarics et Pleurotes comestibles de Madagascar

IV) Conclusion

Les champignons constituent une composante peu connue de la biodiversité de Madagascar par rapport à sa Faune et sa Flore. Leur importance a été mise en évidence par l'étude des espèces comestibles dont 70 sont connues et consommées par la population malgache. Les diverses formations forestières et milieux herbacés inexplorées renferment des taxons comestibles qui restent à découvrir et à décrire sur le plan scientifique. Les mesures contre les déforestations et pour la préservation des écosystèmes naturels gagneraient beaucoup en prenant en considération les rôles et services offerts par les macromycètes. Dans cette perspective, il serait opportun d'instituer des réserves spécialement réservées à la diversité fongique. Les champignons comestibles étant aussi des ressources de haute importance tant pour la nutrition humaine que pour les recherches de nouveaux produits pharmaceutiques et cosmétologiques, les études fondamentales et biotechnologiques relatives à la mycologie restent un champ de recherche très ouvert.

V) Références bibliographiques

- Josiana A. Vaz,, L. Barros, A. Martins, C. Santos-Buelgaf, M. H. Vasconcelos, & Isabel C.F.R. Ferreira, 2011 – Chemical composition of wild edible mushrooms and antioxidant properties of their water soluble polysaccharidic and ethanolic fractions. *Food Chemistry* .DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.11.063
- Rammeloo J. & R. Walleyn, 1993. – The edible fungi of Africa south of Sahara. *National Botanic Garden of Belgium*. Meise. 62p.
- Eyssartier, G. 2001. Vers une monographie du genre *Cantharellus* Adans. : Fr. Thèse de doctorat, MNHN. 257p.
- Danell, E. & F.J. Comacho. 1997. Successful cultivation of the golden chanterelle. *Nature*, 385, p.303.
- Buyck, B., Randrianjohany, E. & G. Eyssartier. 2012. Observations on some enigmatic *Cantharellus* (Cantharellales, Basidiomycota) with lilac-violaceous tints from Africa and Madagascar. *Cryptogamie, Mycologie*, 33 (2) : 167-179.
- Buyck, B., Kauff,F., Randrianjohany, E.& V. Hofstteter. 2015. Sequence data reveal a high diversity of *Cantharellus* associated with native vegetation in Madagascar. *Fungal Diversity* 70(1) : 189-208.
- Buyck, B., Randrianjohany, E.& V. Hofstteter, 2016. Almost one century later... *Cantharellus avellaneus* finally rediscovered ! *Cryptogamie, Mycologie* 37(3) : 259-268.
- Moat J. & Smith P. 2007, Atlas de la végétation de Madagascar. Kew Publishing. pp124.

- Chang ST. 1999 – World production of cultivated edible and medicinal mushrooms in 1997 with emphasis on *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. in China. International Journal Medicinal Mushrooms 1, 291–300.
- Hossain, M.S.; Alam, N.; Amin, S.M.R.; Basunia, M.A.; Rahman, A., 2007 - Essential fatty acid contents of *Pleurotus ostreatus*, *Ganoderma lucidum* and *Agaricus bisporus*. Bangladesh J. Mushroom 2007, 1, 1-7.
- Yu L, Fernig DG, Smith JA, Milton JD, Rhodes JM. 1993 – Reversible inhibition of proliferation of epithelial cell lines by *Agaricus bisporus* (edible mushroom) lectin. Cancer Research 53, 4627–32.
- Karunarathna SC, Chen J, Mortimer PE, Xu JC, Zhao RL, Callac P and Hyde KD, 2016 - A review of genus *Agaricus* in tropical and humid subtropical regions of Asia. Mycosphere 7 (4) : 417- 439.
- Jedinak, A. & Silva, D, 2008 – *Pleurotus ostreatus* inhibits proliferation of human breast and colon cancer cells through p53-dependent as well as p53-independent pathway. Int. J. Oncol. 33, 1307–1313.
- Khan, M.A., 2010 - Nutritional Composition and Hypocholesterolemic Effect of Mushroom: *Pleurotus sajor-caju* and *Pleurotus florida*; LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG: Saarbrücken, Germany, pp 1-11.
- Akindahunsi, A.A. & Oyetayo, F.L., 2006 - Nutrient and antinutrient distribution of edible mushroom, *Pleurotus tuber-regium* (fries) singer. LWT Food Sci. Technol. , 39, 548–553.
- Oyetayo, F.L.; Akindahunsi, A.A. & Oyetayo, V.O., 2007 - Chemical profile and amino acids composition of edible mushrooms *Pleurotus sajor-caju*. Nutr. Health 18, 383–389.
- Nethravati G.P., S.U. Venkateshaiah, S. Mallaiah Dharmesh, S. M. Nanjaraj, & Rjarathnam S., 2006. - Antioxidant Activity of Indigenous Edible Mushrooms. J. Agric. Food Chem. 54, 9764 - 9772.

29. Composition chimique et activité antibactérienne de l'huile essentielle de feuilles d'*Ocotea auriculiformis* Kost. (Lauraceae) endémique de Madagascar

Rigobert. ANDRIANANTENAINA¹, R. RALAMBONDRAHETY¹, D. RABEHAJA³, O. ANDRIAMBELOSON¹, R. RASOLOMAMPIANINA¹, L. RALAMBORANTO²

¹Laboratoire de Microbiologie de l'Environnement, CNRE

²Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, Mention Biochimie Fondamentale et Appliquée

³Département de Phytochimie et Contrôle qualité, Institut Malgache de Recherches Appliquées, Fondation Albert & Suzanne RAKOTO-RATSIMAMANGA, B.P. 3833 101-Antananarivo

Résumé

Ocotea auriculiformis Kost est une plante aromatique, endémique de Madagascar. Elle est utilisée abusivement comme bois de chauffe et ameublement par la population. Notre étude est basée sur l'espèce afin de la valoriser et contribuer à son utilisation rationnelle et en conséquence à sa préservation. Ainsi, nous avons déterminé la composition chimique et l'activité antibactérienne de l'Huile Essentielle (HE) de feuilles.

Les HE sont extraites par entrainement à la vapeur d'eau et hydro-distillation avec leur rendement respectif de 0,35 à 0,45% à l'état sec. Les caractéristiques physico-chimiques sont déterminées à savoir la densité ($0,9456 \pm 0,0001$), du pouvoir rotatoire ($+9.41^\circ \pm 0.31^\circ$), de l'indice de réfraction ($1,4985 \pm 0.0002$), de l'indice d'acide ($3,79 \pm 0,01$) et de l'indice d'ester ($11,22 \pm 0,22$).

Les analyses CPG, CPG-SM et RMN ^{13}C ont permis d'identifier plus au moins 74 produits, dont les composants majoritaires sont dominés par des sesquiterpènes (81.31 %) et des monoterpènes (16.61%).

L'activité antimicrobienne de l'HE, testée sur 9 souches pathogènes montre qu'elle est active vis-à-vis de *Bacillus cereus* et *Streptococcus pneumoniae* avec leur diamètre d'inhibition respectif de 11 et 25 mm.

Les résultats que nous avons obtenus constituent les premières données chimique et biologique de l'HE de feuilles d'*Ocotea auriculiformis* Kost. Ces travaux nous a permis d'envisager l'utilisation de la plante dans différente domaine comme aromathérapie ainsi que sa valorisation socio-économique dans l'avenir.

Mots-clés: *Ocotea auriculiformis*, endémique, huile essentielle, CPG-SM, RMN ^{13}C , antibactériennes, Madagascar.

1-Introduction

La flore malgache est unique par sa richesse, sa diversité et son endémicité. Il existe 14000 espèces sur une superficie de 590000 km². Huit familles botaniques entières, 25% des genres et 85% des espèces ne se trouvent nulle part ailleurs qu'à Madagascar. Malgré le nombre croissant d'études sur cette biodiversité végétale, nombreuses sont les espèces qui n'ont pas encore fait l'objet d'étude approfondies. Actuellement, plusieurs chercheurs se penchent sur la flore endémique de Madagascar afin, d'une part, d'en approfondir la connaissance scientifique et d'autre part, de sauvegarder les espèces menacées ou en voie de disparition.

En effet, les vertus des plantes médicinales et des huiles essentielles (HE) sont connues et utilisées partout, notamment dans les pays en développement comme Madagascar où ces produits naturels constituent la base de la médecine traditionnelle. De plus, les bactéries sont les plus souvent mises en cause dans le cas d'intoxications et infections, leurs traitements par des agents antibactériens chimiques ou des antibiotiques fréquemment, conduits régulièrement à la sélection de souches bactériennes résistantes.

Ainsi, les chercheurs et scientifiques tentent d'ores et déjà de trouver des alternatives efficaces et accessibles à partir de produits naturels qui connaissent de nos jours un regain d'intérêt et jouissent d'une popularité grandissante. Les HE font partie de cette gamme, et s'avère être un choix pertinent face à un risque de contamination précis ou à la nécessité de réduire ou remplacer les agents antibiotiques chimiques ou synthétiques.

Toutes ces observations ont éveillé notre curiosité de mieux connaître la plante aromatique et endémique malgache, *Ocotea auriculiformis* Kost., rencontrée dans la partie Est et Sud-Est de Madagascar (www.tropicos.org). C'est un grand arbre, fortement aromatique, connue sous le nom de Varongy be. Cette plante est utilisée de façon anarchique là où nous avons fait la récolte.

Dans ce contexte, cette étude a été menée pour valoriser cette plante afin de contribuer à son utilisation rationnelle et à sa conservation. Pour cela, nous avons déterminé la composition chimique et activité antibactérienne de l'HE de feuilles. Afin de développer ses potentielles thérapeutiques, approfondir les connaissances sur l'utilisation de cette l'huile.

2- Matériels et méthodes

2-1- Matériel végétal

La plante a été récoltée au mois de juillet 2013 dans la forêt dense humide de Mandraka à S 18° 54' 290 de latitude, E 47° 55' 201 de longitude.

L'identification botanique a été effectuée au laboratoire de l'IRD d'Ambatobe. Un échantillon d'herbier a été déposé au laboratoire du département botanique de la Faculté de Sciences d'Antananarivo de Madagascar sous le numéro de DBEV-15090601.

Les feuilles fraîchement récoltées, sont séchées à l'abri de soleil dans un endroit sec et aéré pendant environ 20 à 30 jours.

2-2- Méthodes

▪ Extraction d'HE

L'HE a été extrait par entraînement à la vapeur d'eau et hydro-distillation (Clevenger) pendant 8 heures. Et, après avoir été déshydratée sur sulfate de sodium sec, sont mis dans un flacon opaque et conservés à la température à moins 20°C, afin de bien protéger leurs propriétés chimiques.

▪ Analyse des propriétés physico-chimiques

Les analyses des propriétés physico-chimiques ont été effectuées selon la norme française (AFNOR) 2000.

▪ Analyse des constituants chimiques

(RABEHAJA D. J. R., 2013)

Analyse CPG

Les analyses chimiques quantitatives ont été faites à l'aide d'un chromatographe Perkin-Elmer Clarus 500, équipé d'un injecteur automatique, de deux colonnes (50 m x 0,22 mm d.i.; épaisseur du film: 0,25 µm), apolaire BP-1 (phase stationnaire polyméthylsiloxane) et polaire BP-20 (phase stationnaire polyéthylène glycol) et de deux détecteurs à ionisation de flamme (DIF). Les conditions opératoires

sont les suivantes : gaz vecteur, hélium ; pression en tête de colonne : 20 psi ; température de l'injecteur et des détecteurs : 250°C ; programmation de température : de 60°C à 220°C (80 min) à raison de 2°C/min, avec un palier de 20 min à 220°C ; injection : mode diviseur avec un rapport 1/60. Le volume d'échantillon injecté est de 0,5 µl issue d'une solution contenant 50 µL de mélange dans 350 µL de CCl₄.

Analyse CPG/SM

L'HE est réalisée sur un chromatographe Perkin Elmer autosystem XL, doté d'un injecteur automatique et d'une colonne apolaire Rtx-1 (60 m x 0,22 mm d.i. ; épaisseur du film : 0,25 µm), couplé à un détecteur de masse Perkin Elmer Turbo Mass. Le gaz vecteur utilisé est l'hélium (1ml/mn) et la pression en tête de colonne est de 25 psi. La température de la chambre d'injection est de 250°C et celle du détecteur 280°C. La programmation de la température consiste en une élévation de 60°C à 230 °C, à raison de 2 °C/min, puis suivie d'un palier de 45 min à 230°C. L'injection se fait par mode split avec un rapport de division de 1/50. La quantité d'échantillon injectée est de 0,2 µl. La détection se fait par un analyseur quadripôle. Les molécules sont généralement bombardées par un faisceau électronique de 70 eV. Les spectres de masse obtenus par impact électronique ont été acquis sur la gamme de masse 35-350 Da.

Analyse RMN ¹³C

Les spectres de RMN ont été enregistrés sur un spectromètre Brücker 400 AVANCE, 9,4 Tesla, à 100,623 MHz pour le carbone-13. Ils ont été enregistrés avec une sonde de 5 mm. Le solvant est le CDCl₃ additionné de tétraméthylsilane (TMS).

Les spectres du ¹³C ont été enregistrés avec les paramètres suivants : angle d'impulsion : 4µs (45°); temps de répétition = 2,7 s correspondant à une acquisition de 128 K avec une largeur spectrale (SW) de 24000 Hz (environ 240 ppm) ; délai de relaxation D1 = 0,1 s ; résolution digitale de 0,183 Hz/pt. Pour l'enregistrement des spectres des huiles, une masse de 30 à 60 mg d'HE est dissoute dans 0,5ml de CDCl₃. Le nombre d'accumulation est compris entre 2000 et 5000 pour chaque enregistrement.

Identification des composés

L'identification des constituants a été réalisée : (i)- CPG se basant sur leurs indices de rétention (Ir) sur les colonnes apolaires et polaires, déterminés par rapport aux indices de rétention d'une gamme étalon d'alcanes; avec ceux des composés de référence ; (ii)- CPG/SM est effectué par un logiciel approprié AMDIS et d'une banque de données de SM NIST qui permet l'identification des composés ; (iii)- Pour le spectre du RMN ¹³C, est réalisé, en comparant les valeurs de déplacements chimiques de chaque carbone de la molécule de l'HE avec celles décrites dans la littérature et ainsi identifier des structures partielles « modèles » utilisables pour effectuer une reconstitution de spectre.

2-3- Analyse microbiologique

▪ Microorganismes étudiés

Le test antimicrobien est réalisé sur les microorganismes suivants : (i) 3 Gram+ : *Bacillus cereus* (ATCC 13061), *Streptococcus pneumoniae* (ATCC 6301), *Staphylococcus aureus* (ATCC 11632) ; (ii) 5 Gram- : *Escherichia coli* (ATCC 70032), *Klebsiella oxytoca* (ATCC 700325), *Salmonella enteridis*, *Enterobacter cloacae* (ATCC 700323), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 9207) ; (iii) 1 levure : *Candida albicans*. Ils ont été choisis pour leurs fréquences élevées à contaminer les denrées alimentaires et pour leur pathogénicité.

Ils nous ont été fournis par le Laboratoire de Microbiologie de l'Environnement, CNRE, Antananarivo, Madagascar.

▪ Procédure microbiologique

La technique utilisée est la méthode de diffusion par disque (Hayes et Markovic ; 2002). L'inoculum utilisé est de 10⁶ UFC/ml. Nous avons utilisé le milieu Hilton sur lequel nous avons déposé aseptiquement les disques (6mm). Après 24h d'incubation à la température de 37°C ± 1°C, l'activité antibactérienne est déterminée en termes du diamètre en mm de la zone d'inhibition autour des disques. Deux témoins sont réalisés : un témoin négatif avec d'eau distillée stérile et un disque d'antibiotique comme témoin positif. Chaque essai est répété trois fois.

Les résultats exprimés par le diamètre de la zone d'inhibition autour de chaque disque sont interprétés selon la sensibilité des souches vis-à-vis de l'HE dérivé par Ponce *et al.* (2003).

3- Résultats et discussions

3-1- Rendement et propriétés physicochimiques

La connaissance des caractéristiques physico-chimiques d'une HE est primordiale puisqu'elle permet de la caractériser ou même de l'identifier (Lazouni *et al.*, 2007). Les résultats des caractéristiques physico-chimiques de l'HE sont résumés dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1: Résultats des caractéristiques physico-chimiques de l'HE

Rendement (%)	Densité	Pouvoir rotatoire	Indice de réfraction	Indice d'Acide	Indice d'Ester
0.35 à 0.47	0,9456 ± 0,0001	+9,41° ± 0,31°	1,4985 ± 0.0002	3,79 ± 0,01	11,22 ± 0,22

Les rendements en HE de la plante étudiée *Ocotea auriculiformis Kost.* ont été calculés sur la base de la matière sèche. Ils sont relativement exploitables par rapport à certaines plantes de la littérature comme les 10 espèces *Ocotea* de Monteverde, Costa Rica avec 0.024 % à 0.287% (Sayaka T. *et al.*, 2007). De plus, c'est une huile légère vu que sa densité est inférieure à celle de l'eau (0,9982).

De nombreux facteurs influencent le rendement, la teneur, les propriétés physico-chimiques et la composition chimique des HE tels que l'espèce, les conditions environnementales, la technique d'extraction, le séchage, la période, le milieu de récolte et l'âge du matériel végétal (Aberchane M. *et al.*, 2001 ; Bourkhiss M. *et al.*, 2011).

3-2- Composition chimique d'HE

Les analyses CPG-DIF, SM et RMN ¹³C ont permis d'identifier environ, plus au moins, 74 produits dont 98.34% identifiés. Les composés identifiés sont majoritairement dominé par des sesquiterpènes (81.31 %) et monoterpenes (16.61%). Les produits majoritaire sont α -humulène (42.60 %), β -pinène (8.45%), (*E*)- β -caryophyllene (7.78%), humulène epoxyde II (6.61%), α -pinène (6.39%), β -eudesmol (3.06%), Guaiol (2.98%) et β -selinene (2.04%).

Le profil chromatographique se trouve dans la figure 1 ci-dessous.

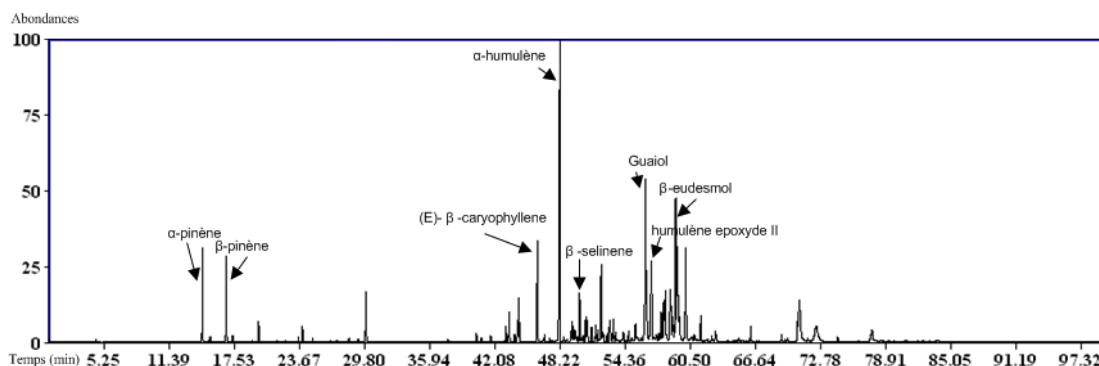


Figure 1 : Profil chromatographique de l'HE d'*Ocotea auriculiformis Kost.*

3-1- Activité antimicrobienne

L'activité antimicrobienne de l'HE, testées sur 9 souches pathogènes montre qu'elle est active vis à vis *Bacillus cereus* et *Streptococcus pneumoniae* avec un diamètre d'inhibition de 11 et 25 mm.

Tableau 2: Résultats de l'activité antimicrobienne de l'HE, testées sur 9 souches

Nº	Souches bactériennes	Gram	HE de Feuilles	Témoin +		Témoin -
				Netilmycine	Spectinomycine	H ₂ O
1	<i>Bacillus cereus</i>	+	11	12	6	6
2	<i>Staphylococcus aureus</i>		6	6	6	6
3	<i>Streptococcus pneumoniae</i>		25	6	9	6
4	<i>Escherichia coli</i>	-	6	6	6	6

5	<i>Enterobacter cloacae</i>		6	6	6	6
6	<i>Pseudomonas</i>		6	6	6	6
7	<i>Salmonella enteriditis</i>		6	6	6	6
8	<i>Klebsiella oxytoca</i>		6	6	6	6
9	<i>Candida albicans</i>		Levure	6	6	6

HE : Huile essentielle ; Témoin+ : Antibiotique ; Témoin - : eau distillé ; 6 : absence d'inhibition ; >6 : présence d'inhibition

L'HE d'*Ocotea auriculiformis* Kost. témoigne une activité antibactérienne intéressante par rapport aux antibiotiques de référence, surtout contre les bactéries *Streptococcus pneumoniae* et *Bacillus cereus*. En effet, ces deux souches hautement pathogène, présentent une sensibilité élevée à l'huile par rapport aux autres souches.

L'activité antimicrobienne de l'HE d'*Ocotea auriculiformis* Kost. peut être expliquée par son profil chimique riche en terpéniques, notamment l' α -pinène et β -pinène. Ces derniers sont connus par leurs activités biologiques à savoir antibactériennes, anti-inflammatoires, antiviraux, expectorants, sédatifs, herbicides et insectifuges (Ghanmi et al., 2007).

Aussi, en raison de la complexité de la composition chimique des HE, l'activité antimicrobienne observée pourrait aussi être due à la présence d'interaction entre les différents constituants.

4- Conclusion et perspectives

Les résultats que nous avons obtenus constituent les premières données chimique et biologique. En effet, il y a une efficacité d'inhibition plus marquée de l'HE de feuilles d'*Ocotea auriculiformis* Kost. Ainsi, ces résultats préliminaires peuvent faire l'objet d'études plus approfondies (mode d'application, faisabilité, cout, etc.) pour l'utilisation des propriétés de l'HE de cette plante dans le domaine varié.

Les travaux encours concernant l'identification responsable de l'activité microbienne, consiste à la détermination des concentrations minimales inhibitrices (CMI) et bactéricides (CMB) de l'HE sur les souches sensibles ainsi que la recherche d'autres activités biologiques telles que l'activité antioxydante.

5- Références bibliographiques

AFNOR. Huiles essentielles. Echantillonnage et méthodes d'analyse (Tome 1), Monographies relatives aux huiles essentielles (Tome 2), (Volumes 1 et 2). 2000.

Aberchane M. , Fechtal M. , Chaouch A. , Bouayoune T. Influence de la durée et de la technique d'extraction sur le rendement et la qualité des HE du cèdre de l'Atlas (*Cedrusatlantica manetti*). Annales de la recherche forestière au Maroc ISSN 0483-8009 CODEN AFRMA, 2001 ; 34 :110- 118.

Bourkhiss M, Hnach M, Lakhifi T, Boughdad A, Farah A, Satrani B. Effet de l'Age et du Stade Végétatif sur la Teneur et la Composition Chimique des HE de *Thuya de Berbere*. Les technologies de laboratoire, 2011; 6(23): 64-68.

Ghanmi M. et al.. Composition chimique et activité antimicrobienne de l'essence de térébenthine du pin maritime (*Pinus pinaster*) et du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) du Maroc. *Acta Bot. Gallica*, 2007 ; 154(2) : 293- 300.

Hayes A.J., Markovic B.. Toxicity of australian essential oil *Backhousia citriodora* (Lemon myrtle). Part 1. Antimicrobial activity and in vitro cytotoxicity. *Food Chem Toxicol*, 2002; 40: 535-543.

Lazouni H. A., Benmansour A., Taleb-Bendiab S.A., Chabane D.. Composition des constituants des HE et valeurs nutritive du *Foeniculum vulgare*, Mill. Science & Technologie, 2007 ; 25 : 7-12.

Ponce A., Fritz R., Del V.C., Roura S. (2003).Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologic*.

RABEHAJA D. J. R. , Production et analyse d'HE de plantes aromatiques et médicinales de Madagascar, caractérisation par RMN ^{13}C , CPG (Ir) et CPG-SM; Thèse de Doctorat en Chimie,2013; 199p.

Sayaka Takaku, William A. Haber, William N. Setzer. Leaf essential oil composition of 10 species of *Ocotea* (Lauraceae) from Monteverde, Costa Rica. Biochemical Systematics and Ecology, 2007 ; 35 : 525-532.

<http://www.tropicos.org>

30. Etude de l'activité cicatrisante de l'extrait de *Desmodium hirtum* (FABACEAE)

Fidisoa HELIARIVELO^{1,2}, Patricia RANDRIANAVONY², Fanantenanirainy RANDIMBIVOLOLONA², Djoudi ROUKIA¹ et Jean François RAJAONARISON¹

¹ Laboratoire de Recherche en Biotechnologie Environnement et Santé (LRBES), Facultés des Sciences de Technologies et de L'Environnement (FSTE), Université de Mahajanga.

² Laboratoire de Pharmacologie Générale, Pharmacocinétique et Cosmétologie (LPGC), Facultés des Sciences, Université d'Antananarivo

Résumé. Cette étude porte sur l'activité cicatrisante de l'extrait des feuilles de *Desmodium hirtum* sur les plaies ouvertes cutanées chez le rat. Il s'agit d'une plante utilisée en médecine traditionnelle malgache dans le traitement des plaies cutanées. L'extrait a été appliqué sous forme de crème (eau dans huile) à 10%, 1 fois par jour. Les résultats montrent que les plaies traitées avec l'extrait se ferment au bout de 12 jours, contre 18 jours chez les témoins. La réduction de la surface des plaies est très rapide entre le 5^{ème} et le 9^{ème} jour. Au 5^{ème} jour de traitement, la surface des plaies traitées avec l'extrait végétal est de $49,61 \pm 2,98 \text{ mm}^2$ contre $75,32 \pm 5,35 \text{ mm}^2$ chez les témoins ($p<0,05$). Au 9^{ème} jour, la surface des plaies traitées avec l'extrait est de $7,55 \pm 0,56 \text{ mm}^2$ contre $22,96 \pm 2,83 \text{ mm}^2$, ce qui donne des vitesses de cicatrisation de $12,92 \text{ mm}^2/\text{jour}$ contre $6,06 \text{ mm}^2/\text{jour}$, chez les lots d'animaux traités et témoins ($p<0,05$), respectivement. L'extrait diminue la durée de la phase inflammatoire à 5 jours chez les plaies traitées contre 9 jours chez les témoins. Il accélère également l'apparition des granulations au 6^{ème} jour chez les plaies traitées contre 10^{ème} jour chez les témoins. Cette activité cicatrisante serait attribuée aux tannins, flavonoïdes et stéroïdes contenus dans la plante.

Mots clés : *Desmodium hirtum*, plaies cutanés, cicatrisant, rat

Introduction

La plaie est une rupture de la continuité de la peau, elle peut être causée par une coupure, éraflure, morsure ou par des actes chirurgicaux. Le rétablissement de la peau affectée consiste à une réparation ou régénération des tissus locaux par un processus biologique qu'on appelle la cicatrisation (FLANAGAN et coll., 2000). La peau est un organe complexe recouvrant le corps entier. Elle représente environ 2 m^2 de surface et 15% du poids total du corps d'un adulte. Elle assure des fonctions essentielles comme la protection contre les agressions physiques, chimiques et biologiques extérieures, la sensibilité, le métabolisme, la synthèse de vitamine D, et la thermorégulation. La peau est composée de trois couches : l'épiderme, le derme et l'hypoderme. L'épiderme est la couche la plus externe ou superficielle, il est en contact direct avec l'environnement extérieur. Il est mince, composé d'un épithélium pavimenteux, stratifié et kératinisé. Le derme est une couche interne plus épaisse, souple et attachée à l'épiderme. Il contient des protéines appelées collagène qui assure la souplesse et la résistance de la peau. Enfin, l'hypoderme est la couche la plus profonde de la peau, il se trouve sous le derme. C'est un tissu graisseux vascularisé, composé de lobules adipeux et des tissus conjonctifs auréolaires (KANITAKIS, 2002 ; ADOLF et coll., 2006). L'objectif de ce travail est d'étudier l'activité cicatrisante de l'extrait des feuilles de *Desmodium hirtum*.

Matériels et méthodes

Enquêtes ethnobotaniques. Des enquêtes ethnobotaniques formelles ont été effectuées dans le District de Fandriana, Région d'Amoron'i Mania, au mois d'Avril 2016. Tout le monde, sans distinction d'âge, ni de sexe, a été enquêté. Des questions précises ont été posées sur chaque individu concernant les plantes utilisées localement pour la prise en charge des plaies. Des enquêtes spécifiques ont ensuite été effectuées sur *D. hirtum*. Les informations reçues ont été notées et un échantillon de chaque plante mentionnée a été récolté et mise en herbier, puis identifiée à l'Herbarium de Tsimbazaza, Antananarivo. Les résultats obtenus ont été analysés en calculant le taux d'utilisation de ces plantes selon la formule :

$$T(\%) = \frac{\text{Nombre d'utilisateurs de la plante}}{\text{Nombre total d'utilisateurs}} \times 100$$

Avec T: taux d'utilisation

Partie chimique

Extraction. Des feuilles de plante *D. hirtum* (Fig. 1) ont été récoltées au mois d'Avril 2016, dans le district de Fandriana, région d'Amoron'i Mania.

Les feuilles ont été séchées à l'ombre, à la température ambiante pendant 2 mois. Elles ont ensuite été découpées, puis broyées à l'aide d'un broyeur à marteau. 80 g de cette poudre ont été macérés à la température ambiante dans un mélange éthanol-eau (60:40) pendant 3 jours. Le macérât obtenu a été filtré à l'aide d'un papier filtre et le filtrat a été évaporé à sec à l'aide d'un distillateur, à la température de 80° C. L'extrait sec ainsi obtenu a été pesé afin de calculer le rendement selon la formule :

$$R(\%) = \frac{\text{masse de l'extrait obtenu}}{\text{masse de la poudre}} \times 100$$

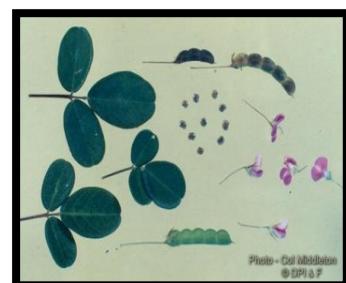


Figure 1. *Desmodium hirtum* (Fabaceae)

Criblage phytochimique. Un criblage phytochimique de l'extrait hydroalcoolique des feuilles de *D. hirtum* a été effectué pour déterminer les différentes familles chimiques qui y sont présentes. Ce test a été réalisé en utilisant des réactifs spécifiques pour chaque famille chimique. Pour exprimer la quantité de famille chimique présente dans l'extrait, les signes suivants ont été utilisés : (+) présence en faible quantité, (++) présence en quantité moyenne et (+++) présence en forte quantité.

Partie pharmacologique

L'extrait de la plante étudiée a été appliqué sous forme de crème, 1 fois par jour jusqu'à la fermeture de la plaie et ses effets sur les différentes phases de la cicatrisation ont été observés.

Animaux utilisés. Des rats Wistar des 2 sexes, âgés de 3 mois et pesant entre 200 et 250 g ont été utilisés. Ils ont été répartis en 2 lots : le premier a servi de témoin et traité avec de la crème de base, et le deuxième a été soigné avec la même crème contenant de l'extrait de *D. hirtum*.

Préparation de la crème de base. Les ingrédients de la phase aqueuse ont été placés dans un récipient en inox, dans un bain marie à 80° C. D'autre part, la cire d'abeille a été découpée en petits morceaux et mélangée avec le reste des ingrédients de la phase grasse, dans un autre récipient en inox. Cette phase a été chauffée au bain marie à la même température. Puis, la phase aqueuse a été versée petit à petit dans la phase grasse, en fouettant continuellement, jusqu'à l'obtention d'une crème homogène stable (ALLO, 2005) : c'est la crème de base.

Préparation de la crème à 10%. L'extrait de *D. hirtum* a été préparé sous forme de crème à 10% pour les tests biologiques. Pour cela, 0,5 g de l'extrait *D. hirtum* ont été mélangés avec 4,5 g de crème de base.

Création de la plaie. Les rats ont été anesthésiés par inhalation avec de l'éther diéthylique. Puis, la zone scapulaire de l'animal a été épilée à l'aide d'une bandelette couverte de cire à épiler tiède. Ensuite, 2 plaies circulaires de 10 mm de diamètre ont été créées au niveau de la zone épilée, de part et d'autre de la colonne vertébrale des animaux, à l'aide d'un dispositif comportant une lame tranchante de 10 mm de diamètre.

Application topique de l'extrait de *D. hirtum*. Juste après la création de la plaie, 5 mg de crème ont été appliqués sur la plaie des animaux. La crème de base a été appliquée sur les plaies des animaux du lot témoin, et la crème contenant l'extrait végétal à 10% a été appliquée sur les plaies des rats du 2^{ème} lot.

Etude de l'effet de l'extrait de *D. hirtum* sur les différentes phases de la cicatrisation. L'état des plaies a été observé tous les jours, à la même heure jusqu'à leur fermeture complète.

Etude de l'effet de l'extrait de *D. hirtum* sur la phase inflammatoire. La phase inflammatoire est caractérisée par la rougeur et l'œdème de la berge des plaies, ainsi que la présence de l'exsudat au niveau de leur surface. L'apparition et la durée de ces signes d'inflammation sur les plaies ont été notées chez les animaux des 2 lots (WILGUS et coll., 2014).

Etude de l'effet de l'extrait de *D. hirtum* sur la phase de granulation. La phase de granulation est caractérisée par la présence de granulations au niveau de la surface des plaies pour combler la perte en substance et contracter celles-ci. Le temps d'apparition de ces granulations au niveau de la surface des plaies ont été noté sur les plaies des animaux des 2 lots (KANITAKIS, 2002).

Etude de l'effet de *D. hirtum* sur la phase d'épithérialisation. Cette phase est caractérisée par la formation d'une membrane épithéliale qui couvre la surface de la plaie. L'effet de l'extrait sur cette phase a été étudié en évaluant le temps d'apparition de cette membrane (HUNT et coll. 2000; SMITH et coll. 1998).

Etude de l'effet de l'extrait de *D. hirtum* sur la vitesse de cicatrisation : La vitesse de cicatrisation a été calculée à partir de la contraction de la surface des plaies. Cette dernière a été mesurée tous les jours à la même heure par la méthode de planimétrie directe.

Expression et analyse des données

Les résultats ont été exprimés sous forme de moyenne \pm écart type réduit ($\bar{m} \pm$ e.s.m.). Le test « t » de student a été utilisé pour comparer les moyennes, et la valeur de $p < 0,05$ a été considérée significative.

Résultats

Enquêtes ethnobotaniques. 7 plantes ont été recensées pour la prise en charge des blessures cutanées. Parmi ces plantes, *Desmodium hirtum* est la plante la plus utilisée en médecine traditionnelle pour soigner les plaies cutanées, avec un taux d'utilisation de 33,33%.

Rendement de l'extraction. 11 g d'extrait de *D. hirtum* ont été obtenus, soit un rendement de 12,5%.

Constitution phytochimique de *D. hirtum*. Les différentes grandes classes de familles chimiques détectées dans l'extrait de *D. hirtum* sont décrites dans le Tableau I.

Tableau I. Composition phytochimique de l'extrait foliaire de *D. hirtum*

Composés chimiques	*Teneur
Alcaloïdes	+++
Tannins	+++
Sucres réducteurs	+++
Triterpènes	+++
Stéroïdes	+++
Leucoanthocyanes	++
Saponines	++
Flavonoïdes	+
Composés phénoliques	+

*(+) : présence en faible quantité ; (++) : présence en quantité moyenne ; et (+++) : présence en forte quantité.

Effet de l'extrait de *D. hirtum* sur la phase inflammatoire. Au 2^{ème} jour de leur création, les plaies présentent toutes des signes d'inflammation : la surface des plaies des deux lots est recouverte d'excès d'humidité, et leurs bords sont rouges et enflés (Fig. 2). En présence de l'extrait végétal, les signes d'inflammation diminuent à partir du 3^{ème} jour et disparaissent totalement au 5^{ème} jour (Fig. 3B), tandis qu'ils ne disparaissent qu'au 8^{ème} jour chez le lot témoin (Fig. 3A).

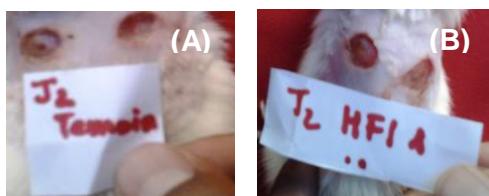


Figure 2. Phase d'inflammation des plaies : Photos montrant la rougeur et l'œdème au niveau des bords, ainsi que l'excès d'humidité au niveau de la surface des plaies. (A) : plaies traitées et (B) : plaies, témoins.



Figure 3. Phase inflammatoires des plaies. Photos montrant l'absence des signes d'inflammation chez les plaies traitées (B) comparées à celles des témoins (A).

Effet de l'extrait de *D. hirtum* sur la phase proliférative. La phase de prolifération commence au 6^{ème} jour chez les plaies traitées avec l'extrait (Fig. 4B), contre 10^{ème} jour chez les plaies témoins (Fig. 4A).



Figure 4 . Phase proliférative des plaies. Photos montrant le tissu de granulation sur la surface des plaies traités avec l'extrait végétal (B) comparées à celles des témoins (A).

Effet de l'extrait de *D. hirtum* sur la phase d'épithérialisation. Au 9^{ème} jour, les plaies traitées avec l'extrait de *D. hirtum* sont recouvertes d'épithélium rose (Fig. 5B), tandis que l'épithérialisation n'a lieu qu'au 13^{ème} jour chez les témoins (Fig. 5A).



Figure 5. Phase d'épithérialisation des plaies. Photos montrant l'épithérialisation des plaies traitées avec l'extrait (B) et les témoins (A).

Effet de l'extrait de *D. hirtum* sur la pha se contraction des plaies. La contraction des plaies traitées avec l'extrait végétal est très rapide (Fig. 6). En effet, au 5^{ème} jour de traitement, la surface de celles-ci est de $49,61 \pm 2,98 \text{ mm}^2$ contre $75,32 \pm 5,35 \text{ mm}^2$ chez les plaies témoins (Fig. 7). Au 9^{ème} jour, la surface des plaies traitées avec l'extrait végétal est de $7,55 \pm 0,56 \text{ mm}^2$ (Fig. 7) et celles-ci se referment complètement au 12^{ème} jour (Fig. 6B). Au même jour, la surface des plaies témoins est de $22,96 \pm 2,83 \text{ mm}^2$ (Fig. 7) et les plaies ne se referment qu'au 18^{ème} jour (Fig. 6A).

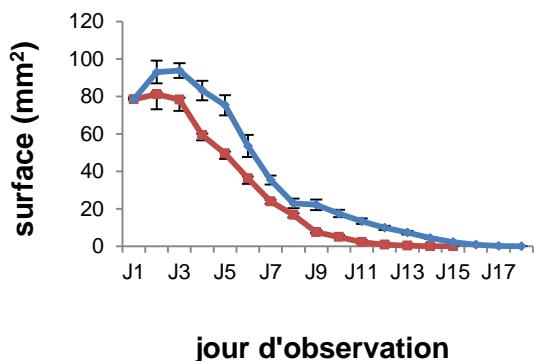


Figure 7. Variation de la surface des plaies en fonction du temps d'observation. En rouge la surface des plaies traitées avec l'extrait de *D. hirtum* et bleu, celle des témoins. Chaque point représente la moyenne \pm e.s.m. ($n=12$; $p<0,05$).

Effet de l'extrait de *D. hirtum* sur la vitesse de cicatrisation : La vitesse de cicatrisation des plaies traitées avec l'extrait végétal est plus élevée comparée à celle du lot témoin. Cette vitesse augmente entre J5 et J9 pour atteindre la valeur maximale au 9^{ème} jour avec une valeur de $12,92 \pm 2,98 \text{ mm}^2/\text{jour}$ contre $6,06 \pm 0,28 \text{ mm}^2/\text{jour}$ chez le lot témoin (Figure 8).

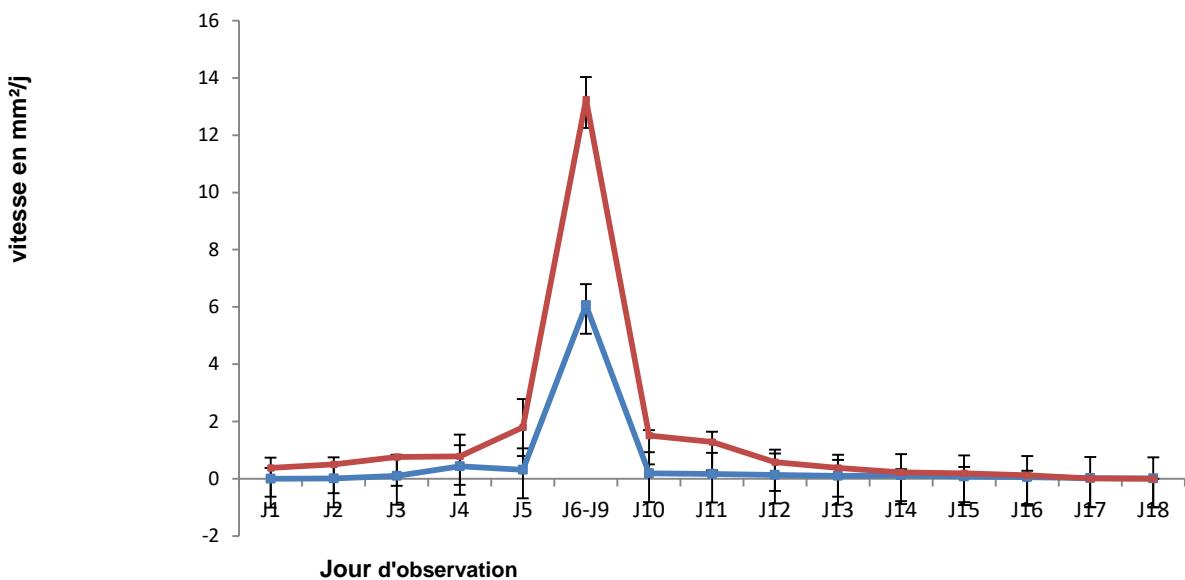


Figure 8. Variation de la vitesse de la cicatrisation des plaies en fonction du temps d'observation. En rouge celle des plaies traitées avec l'extrait de *D. hirtum* appliqué et en bleu, celle du lot témoin. Chaque point représente la moyenne \pm e.s.m. ($n=12$; $p<0,05$).

Discussion

Les enquêtes ethnobotaniques que nous avons effectuées dans le district de Fandriana, région d'Amoron'i Mania, ont indiqué que *D. hirtum* était utilisée par les Tradipraticiens comme cicatrisante. Cette étude a été menée sur des plaies ouvertes expérimentales créées chez le rat ; et puisque l'activité pharmacologique d'une plante dépend des métabolites secondaires qu'elle renferme, une étude phytochimique a été réalisée pour déterminer les différentes familles chimiques présentes dans cet extrait. Pour étudier l'activité cicatrisante de l'extrait de *D. hirtum*, celui-ci a été appliqué sous forme de crème qui est plus appropriée pour une application locale sur une plaie ouverte. Cette crème a été appliquée à la surface de la plaie une fois par jour jusqu'à sa fermeture complète. Nos résultats montrent que les plaies traitées avec l'extrait se ferment plus tôt par rapport aux plaies témoins. Nous avons également noté que l'application de la crème contenant l'extrait diminue la durée de la phase inflammatoire, accélère l'apparition des granulations au niveau de la surface des plaies et la réépithérialisation. Ces effets seraient dus à la présence des différentes familles chimiques dans l'extrait. Les tanins sont connus comme favorisant la vasoconstriction rapide au niveau des petits vaisseaux c'est-à-dire qu'ils jouent un rôle important pendant l'hémostase (BRUNETON, 1999). Les composés phénoliques sont connus comme étant des inhibiteurs de l'inflammation au niveau de la partie lésée et renforçant sa protection contre les agents extérieurs. Ces effets sont attribués à leurs propriétés antibactérienne et antioxydant (SIGER et coll., 2007; WATERMAN et LOCKWOOD, 2007). Ces résultats sont confirmés par d'autres études qui ont démontré que l'extrait de *Lavandula officinalis* raccourcit la durée de l'inflammation des plaies, grâce aux flavonoïdes que renferme cette plante (MOTA et coll., 1985). En outre, les stéroïdes dans l'extrait des feuilles de *Pedilanthus sp* possèdent une activité anti-inflammatoire, connus comme étant responsables de l'accélération de la cicatrisation des plaies (DWECK, 2002). L'extrait de feuilles de *D. hirtum* qui a fait l'objet de notre étude ; diminue la durée de la phase inflammatoire et contient ces différentes familles chimiques, ce qui nous permet d'émettre une hypothèse que son activité anti-inflammatoire serait due à la présence des tanins, des flavonoïdes et des stéroïdes qui s'y trouvent en grande quantité. La diminution de la durée de la phase inflammatoire explique l'apparition rapide des granulations chez les plaies traitées avec l'extrait végétal par rapport aux témoins (GHOSH et coll., 2012). Ces granulations contiennent des néovaisseaux et des myofibroblastes contractiles. La contraction de ces fibrilles est à l'origine du rapprochement des berges de la plaie. L'accélération de la fermeture des plaies pourrait s'expliquer par le nombre élevé de ces fibres contractiles chez les plaies traitées avec l'extrait végétal comparé à celles du lot témoin (MARTIN C. et coll., 2008). Les tanins et les flavonoïdes pourraient être impliqués dans la différentiation des fibroblastes à l'origine de l'augmentation du nombre de myofibroblastes comme dans le cas de *Cassia occidentalis* qui contient aussi cette famille chimique (MARTIN C. et coll., 2008). Les néovaisseaux assurent le ravitaillement des cellules impliquées dans le comblement des plaies, ce qui expliquerait la rapidité de l'épithérialisation des plaies traitées avec

l'extrait végétal. Les résultats que nous avons obtenus sont similaires à ceux obtenus avec *Allium cepa* Linn. Cette plante raccourt la durée de la cicatrisation des plaies, en particulier celle de la phase inflammatoire, et les auteurs ont conclu que cette plante possédait une activité cicatrisante (CHITRA et coll. 2009). Aussi pouvons-nous dire que *D. hirtum* (FABACEAE) possède une activité cicatrisante. Néanmoins, des études plus approfondies apporteront plus d'informations sur les familles chimiques responsables de ces différentes activités ainsi que leurs mécanismes d'action.

Conclusion

Le choix de *D. hirtum* est basé sur son utilisation traditionnelle malgache. La décoction des feuilles de cette plante sont utilisées en médecine traditionnelle malgache, pour soigner les blessures cutanées. Les résultats que nous avons obtenus nous permettent de conclure que l'extrait hydroalcoolique des feuilles de *D. hirtum* possède une activité cicatrisante car elle favorise rapidement la phase de granulation et accélère la fermeture des plaies. Cette activité cicatrisante serait due à la présence des tannins, des flavonoïdes et des stéroïdes dans l'extrait. Des études plus poussées sont nécessaires pour isoler et identifier les molécules responsables de cette activité et élucider leur mécanisme d'action.

Bibliographie

- ADOLF F., SPRUMONT P., MICHAEL S. (2006). Le corps humain: anatomie – physiologie. Ed. Boeck Supérieur, Amazone, 5^{ème} Ed., France, 200-202.
- ALLO O. (2005).Pharmacie galénique. 2^{ème} éd, Groupe liaison France, 97- 98.
- BRUNETON J. (1999). Les tannins. Editions médicales internationales, p.369-404.
- CHITRA S., PATIL M., RAVI K., SWALI P. (2009). Preliminary Phytochemical Investigation and wound healing activity of *Allium cepa*Linn. *Int.J.Pharm.Pharmacol.* **2**:167-175.
- DWECK A. (2002). Herbal medicine for the skin. Their chemistry and effects on skin and mucous membranes. *Personal Care Magazine* **3** (2): 19-21.
- FLANAGAN M. (2000).The physiology of wound healing.*J. Wound. Care*, **9** (6): 299-300.Evaluation of the wound healing activity of methanol extract of Pedilanthustithymaloides (L.) Poit leaf and its isolated active constituents in topical formulation. *J. Ethnopharmacol.*, **142** (3):714-22.
- KANITAKIS J. (2002). Anatomy, histology and immunohistochemistry of normal human skin. *Eur. J. Dermatol.*, **12** (14): 390- 401.
- MARTIN C., ANDRE J., KATSANIS G., POIRIER J. (2008). Histologie : organes, systèmes et appareils. Rev. *Faculté de Médecine Pierre Marie CURIE*, PCEM2- DCEM1, France, 67-72.
- MOTA M., THOMAS G., BARBOSA F. (1985).Anti-inflammatory actions of tannins isolated from the bark of *Anacardiumoccidentale**J.Ethnopharmacol.*, **1**: 245-263.
- RODERO M., KHOSROTEHRANI K. (2010) Skin wound healing modulation by macrophages. *Int. J .Clin. Exp. Pathol.*, **3** (7): 643-53.
- SIGER A., NOGALA-KALUCKA M., LAMPART-SZCZAPA E. (2007). The content and antioxidant activity of phenolic compounds in cold-pressed plant oils, *Journal of Food Lipids*, **15**: 137-149.
- WATERMAN E., LOCKWOOD B. (2007). Active components and clinical applications of olive oil. *Alternative Medicine Review*, **12(4)**:331-342.
- WILGUS T.A., ROY S., DANIEL M. (2013).Neutrophils and Wound Repair: Position Actions and Negative Reactions. *Adv. Wound Care (New Rochelle)*, **2** (7): 379-388.

31. Etude de l'activité antihyperglycémique de l'extrait brut de *Ficus sakalavarum* (MORACEAE) chez le rat

OMARY Housseny, ROUKIA Djoudi, RAVELOMANANA Sitraka et RAJAONARISON Jean François

Laboratoire de Recherche en Biotechnologie Environnement et Santé (LRBES), Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement de l'Université de Mahajanga

Résumé. Les enquêtes ethnopharmacologiques effectuées dans la ville de Mahajanga ont révélé que les écorces de la plante *Ficus sakalavarum* étaient utilisées en décoction pour traiter traditionnellement le diabète. Ainsi, en vue de mettre en évidence scientifiquement, l'activité antihyperglycémique de l'extrait brut de l'écorce de cette plante, des tests *in vivo* ont été effectués chez des rats normoglycémiques. Après administration de l'extrait végétal aux doses de 500 et 1000 mg/kg, par voie orale à T=30 min, la glycémie passe de 6.76 ± 0.58 mmol/L à 5.43 ± 0.37 mmol/L et de 4.96 ± 0.30 mmol/L à 4.46 ± 0.40 mmol/L, respectivement. Lors du test de tolérance au

glucose (4 g/kg), l'administration de la dose de 1000 mg/kg de l'extrait de *Ficus sakalavarum*, réduit significativement l'hyperglycémie transitoire à $126.37 \pm 7.77\%$ (vs $314.64 \pm 22,27\%$ pour le contrôle, $p<0.05$) par rapport à la dose de 500 mg/kg ($172.17 \pm 14.90\%$). Au bout de 30 min seulement, la dose de 1000 mg/kg de l'extrait de *Ficus sakalavarum* présente une réduction de glycémique plus importante et significative de l'ordre de 60.16% (par rapport au lot de rats témoins, $p<0.05$) par rapport à celle obtenue avec la dose de 500 mg/kg jusqu'à la 90^{ème} min. Par ailleurs, l'extrait de *Ficus occidentalis* contient des tannins, terpénoïdes, anthocyanes, composés phénoliques, flavonoïdes et des alcaloïdes qui pourraient être les responsables de l'effet antihyperglycémique observé. Le diabète étant une maladie constituant un problème important de santé public, notamment dans les pays en voie de développement comme Madagascar, cette étude permettrait de mieux appréhender l'utilisation de *Ficus occidentalis* pour son traitement et s'inscrirait par conséquent, dans les perspectives d'un développement durable.

Mots clés: *Ficus sakalavarum*, glucose, antihyperglycémie, diabète, plantes médicinales

Introduction

Le diabète est une hyperglycémie chronique qui touche environ 2 % de la population mondiale (KING et coll., 1998). Le diabète de type 1 représente 10 à 15 % de la population diabétique et le diabète de type 2 touche 85 à 90 % des diabétiques. Cette maladie est due, soit à la destruction autoimmune des cellules bêta productrices d'insuline (cas de diabète de type 1), à un antécédent familial ; des régimes alimentaires déséquilibrés, à l'obésité, et à un mode de vie sédentaire (BOYLE et coll., 2001). Elle est en augmentation constante en raison du vieillissement, de l'expansion de la population et de l'urbanisation rapide, associée à une alimentation transformée (LEFEBVRE, 2008). La phytothérapie antidiabétique connaît à ce jour un essor important du fait de la découverte de plus en plus croissante d'extraits de plantes efficaces dans le traitement du diabète (JAYAKAR et SURESH, 2003 ; PARI et VENKATESWARN, 2002). Par contre, les traitements des tradipraticiens ne précisent pas le type de diabète traité, mais ont montré leur efficacité dans la réduction de la glycémie (ALOUMBA, 2007). Selon les enquêtes ethnopharmacologiques effectuées dans la région Boeny en juin 2016, l'écorce de *Ficus sakalavarum* est utilisée en médecine traditionnelle malgache sous forme de décoction comme antidiabétique. Ainsi, cette étude a pour but de mettre en évidence l'activité antihyperglycémique de l'extrait de *F. sakalavarum*.

Matériels et méthodes

Matériel végétal. *Ficus sakalavarum* est un arbre originaire d'Afrique centrale. Il pousse dans les régions tropicales et subtropicales et dans certaines régions de Madagascar. L'écorce du tronc de *F. sakalavarum* a été utilisée pour cette étude.

Animaux d'expérience. Des rats de souche Wistar, sans distinction de sexe, âgés de 3 à 4 mois et ayant un poids moyen compris entre 180 et 210 g ont été utilisés. Les animaux ont été répartis en 3 lots constitués de 3 rats : lot 1 (témoin) traité avec l'eau distillée, et lots 2 et 3 traités respectivement, avec des doses de 500 mg/kg, et 1000 mg/kg de l'extrait de l'écorce de *F. sakalavarum*. Tous les produits sont administrés par voie orale dans un volume de 2 ml. La glycémie des rats a été évaluée avec des bandelettes, à l'aide d'un glucomètre de marque « On Call Plus® ».

Préparation de l'extrait hydro-alcoolique de *ficus sakalavarum*. L'écorce de la plante a été découpée et séchée à l'ombre pendant 2 mois. Puis elle a été mise en poudre à l'aide d'un broyeur à marteau de marque « Brook Crompton® ». La poudre a été macérée dans un mélange éthanole-eau (60:40) pendant 3 jours à la température ambiante. Le macérât a été filtré à l'aide d'un papier filtre et le filtrat a ensuite été évaporé à sec à l'aide d'un évaporateur à la température de 75° C. L'extrait obtenu a été pesé et le rendement de l'extraction a été calculé suivant la formule :

$$\text{Rendement} = \frac{\text{Poids de l'extrait obtenu}}{\text{Poids de la poudre}} \times 100$$

Etude phytochimique. Un criblage phytochimique a été effectué pour identifier les familles chimiques présentes dans l'extrait hydroalcoolique d'écorces de *F. sakalavarum*. Il est basé sur des réactions de coloration ou de précipitation en présence de réactifs spécifiques (FONG et coll., 1997).

Études pharmacologiques. L'effet antihyperglycémique de l'extrait brut de *F. sakalavarum* a été étudié chez des rats normoglycémiques. Tous les animaux ont été mis à jeun pendant 18 h. Ensuite, la glycémie de base a été déterminée et les différents produits ont été administrés. 30 min après. Une solution de glucose à 50% a été administrée par voie orale à la dose de 4 g/kg de poids corporel (MBODJ, 2003). Enfin, la glycémie a été mesurée toutes les 30 min pendant 90 min.

Etude de l'effet de l'extrait de *F. sakalavarum* sur la tolérance au glucose. Cette étude consiste à déterminer la tolérance au glucose suivant la formule :

$$\text{Glycémie de lots traités} \\ (\%) \text{ de variation de la glycémie} = \frac{\text{Glycémie de base}}{\text{Glycémie de base}} \times 100$$

Étude de l'effet de l'extrait de *F. sakalavarum* sur la variation de la glycémie. L'objectif de ce test est d'observer l'influence de l'extrait de *F. sakalavarum* sur la variation glycémique pendant 90 min.

Étude de l'effet de l'extrait de *F. sakalavarum* sur la réduction de la glycémie. Après l'administration d'une solution hyper-glucosée, le taux de réduction a été calculé après 30, 60 et 90 min. Le pourcentage de la réduction glycémique a été déterminé suivant la formule :

$$(\%) \text{ de réduction} = \frac{\text{Glycémie Témoin} - \text{Glycémie Traité}}{\text{Glycémie Témoin}} \times 100$$

Analyse et expression des résultats. Les résultats ont été exprimés sous forme de moyenne \pm écart type. Les moyennes obtenues ont été comparées entre elles en utilisant le test « t » de Student et une valeur de $p < 0.05$ est considérée comme significative.

Résultats

Composition phytochimique. A partir de 200 g de poudre de l'écorce de *F. sakalavarum*, 12.4 g d'extrait brut ont été obtenus, soit un rendement de 6.2 %. Le Tableau I montre les résultats du criblage phytochimique de *F. sakalavarum*.

Tableau I. Composition phytochimique de l'extrait hydroalcoolique d'écorces de *F. sakalavarum*.

FAMILLES PHYTOCHIMIQUES	SIGNE QUANTITATIVE
TANNINS	+++
SUCRES REDUCTEURS	+++
STÉROÏDES	+++
TERPENOÏDES	+++
ANTHOCYANES	++
SAPONINES	++
COMPOSÉS PHENOLIQUES	++
COUMARINES	++
FLAVONOÏDE	+
ALCALOÏDE	+

(++) : en grande quantité,

(++) : en moyenne quantité,

(+) : en faible quantité,

(-) : en très faible quantité.

Effet de l'extrait de *F. sakalavarum* sur la tolérance au glucose. 30 min après l'administration de la solution glucosée, la tolérance au glucose est plus élevée chez les animaux traités comparés aux témoins. En effet, le pourcentage de variation de la glycémie est moins élevé que chez le lot témoin. (Fig. 1)

-100% à $314.64 \pm 22.27\%$ pour le lot 1,

-100% à $172.17 \pm 14.90\%$ pour le lot 2,

-100% à $126.37 \pm 7.77\%$ pour le lot 3, qui est significativement différent ($P < 0.05$) par rapport aux autres lots.

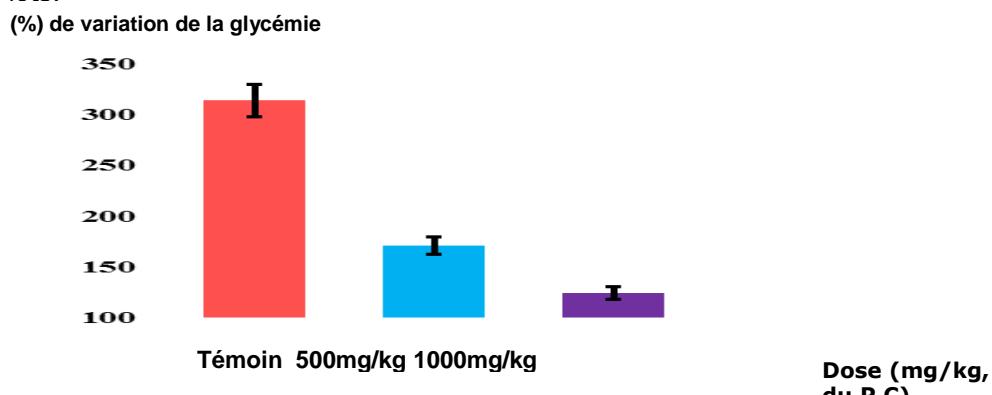


Figure 1 : Effet de l'extrait de *F. sakalavarum* sur la tolérance au glucose.

Effet de l'extrait de *F. sakalavarum* sur la variation de la glycémie. A $T = 0$ min, la glycémie de base est de 3.9 mmol/L et à $T = 30$ min jusqu'à $T = 90$ min, la glycémie varie comme suit : 12.36 ± 0.87 mmol/L à 5.76 ± 0.25 mmol/L pour le lot 1 (témoins), 6.76 ± 0.58 mmol/L à 5.70 ± 0.30

mmol/L pour le lot 2 (500 mg/kg), 4.96 ± 0.3 mmol/L à 4.46 ± 0.4 mmol/L pour le lot 3 (1000 mg/kg). De 0 à la 30^{ème} min, la glycémie augmente et le lot témoin présente la glycémie la plus élevée. A partir de 30^{ème} min, la glycémie commence à diminuer. Cette baisse est très marquée au niveau des lots traités avec l'extrait de *F. sakalavarum*.

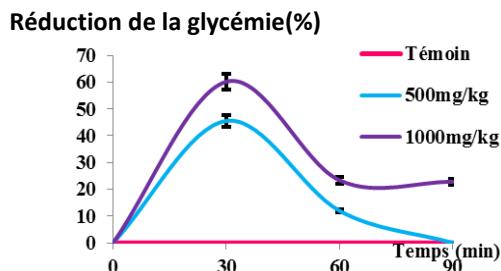


Figure 3 : Réduction de la glycémie en fonction du temps.

Effet de l'extrait de *F. sakalavarum* sur le taux de réduction de la glycémie. A la 30^{ème} min jusqu'à la 90^{ème} min, le taux de réduction glycémique (figure 3) varie comme suit : 45.52% à 0% pour le lot à 500 mg/kg, 60.16% à 22.80% pour le lot à 1000 mg/kg

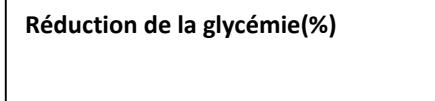
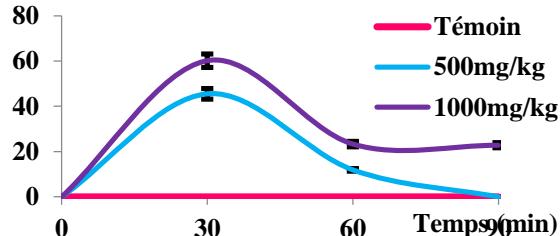


Figure 4 : Réduction de la glycémie en fonction du temps.



Discussion

Des études menées par RAGUNATHAN et SULOCHANA en 1994 sur le test de tolérance au glucose ont montré que le flavonoïde isolé de la fleur de *Hibiscus vitifolius* Linn (MALVACEAE) augmente la tolérance au glucose. *F. sakalavarum* possède également ce composé phytochimique et il serait possible que le flavonoïde présent dans son extrait soit responsable de la tolérance au glucose. Pour la réduction de la glycémie, les résultats montrent que la dose de 1000 mg/kg réduit significativement la glycémie. Cette réduction dépendante de la dose, comme c'est le cas de l'extrait butanolique des feuilles de *Sclerocary abirrea* (ANACARDIACEAE) décrit par KEITA et coll., (1998). En 2012, MELANI et ses collaborateurs ont affirmé que les tanins, les stéroïdes, les terpénoïdes et les saponines sont réputés pour avoir une propriété antihyperglycémique. Par analogie, *F. sakalavarum* possède également ces familles chimiques, et ces métabolites secondaires pourraient être responsables de l'effet antihyperglycémique.

En 2007, DILIP et ses collaborateurs, ont démontré que les anthocyanes augmentent la sécrétion d'insuline. Ensuite, pour KAMBOUCHE et ses collaborateurs en 2008, l'extrait de *Anabasis articulata* (CHENOPODIACEAE) présente une activité antihyperglycémante qui est due aux saponines. Par comparaison de nos résultats et ces études citées précédemment, on pourrait penser que l'activité antihyperglycémique des écorces de *F.sakalavarum* serait due aux anthocyanes et aux saponines qu'elles contiennent. Cependant, l'effet antihyperglycémique de l'extrait de *F. sakalavarum* pourrait s'expliquer par la présence d'un ou de plusieurs composés qui agiraient séparément ou en synergie, comme cela a été montré par MARLES et FARNSWORTH en 1995.

Conclusion

La présente étude préliminaire permet de mettre en évidence l'activité antihyperglycémique de l'extrait brut hydroalcoolique d'écorces de *F. sakalavarum*. Cet extrait augmente la tolérance au glucose et diminue la glycémie. Cette activité pourrait être due à la présence des différents

métabolites secondaires présents dans l'extrait, agissant seuls ou en synergie. Il nous a permis également de justifier l'utilisation de cette plante en médecine traditionnelle malgache.

Bibliographie

- ALOUMBA A. (2007). Approche anthropo-psychologique des usages thérapeutiques et « médico-magiques » du genre *Gnetum*. In Mialoundama F. Le kokoumfumbu (GNETACEAE), une plante alimentaire d'Afrique centrale. *L'Harmattan* : 187- 211.
- BOYLE J.P., HONNEYCUTT A. et NARAYAN K.M. (2001). Projections of diabetes burden through 2050: Impact of changing demography and disease prevalence in the US. *Diabete Care*, **24**: 1936-1940.
- DILIP G. et TETSUYA K. (2007). Anthocyanins and anthocyanin-richextracts: role in diabetes and eye function. *Asia. Pac. J. Clin. Nutr.* **16** (2) : 200-208.
- FONG H.H.S., TIN-WA M. et FARNSWORTH N.R. (1977). Phytochemical screening. University of Illinois, Chicago (USA). *Collg. ofpharmac.* : 6-7.
- JAYAKAR B. et SURESH B. (2003). Antihyperglycaemic effect of *Aporosa Lindleyana* in normal and alloxan induced diabeticrats. *J. of Ethnopharmacol.*, **84** (2-3) : 247-249.
- KAHN S.E., PRIGEON R.L., MCCULLOCHD.K. BOYKO E.J., BERGMAN R.N. et SCHWARTZ M.W. (1993). Quantification of the relationship between insulin sensitivity and beta-cell function in human Subjects, Evidence for a hyperbolic function.
- KAMBOUCHE N.B., MERAH A., DERDOUR S., BELLAHOUEL J., BOUAYED A., DICKO C., YOUNOS. et R SOULIMANI. (2008). Hypoglycemic and antihyper glycemic effects of *Anabasis articulata* (Forssk) Moq (Chenopodiaceae), an Algerian medicinal plant. *Afr. J. Biotechnol.*, **8** (20) : 5578-5583.
- KEITA A., MARIKO E., et HAIDARA T.K. (1998). Etude de l'activité hypoglycemiant des feuilles de *sclerocaryabirrea* (A. RICH) HOCHST. (ANACARDIACEAE). *J. Pharm. Méd. Trad. Afr.*, **10** : 16-25.
- KING H., AUBERT R.E. et HERMAN W. (1998). Global burden of diabetes 1995- 2025: prévalence, numerical estimates and projections. *Diabetes Care*, **21** : 1414-1431.
- LEFEBVRE P. (2008). La pandémie de diabète, un fléau cardiovasculaire et une menace pour les systèmes de santé et l'économie mondiale. *Médecine des maladies Métabolique*, **2**(2) : 169-179.
- MARLES R.J. et FARNSWORTH NR. (1995). Antidiabetic plants and their active constituents. *Phytomed.*, **2** : 137-189.
- PARI L. et VENKATESWARAN S. (2002). Hypoglycaemic activity of *scopariadulcis* L. Extractin in alloxan induced hyperglycaemic rats *Phytpther. Res.*, **16** (7) : 662-664.
- RAGUNATHAN V. et SULOCHANA N. (1994). A new flavonol bioside from the flower of *Hibiscus vitiflius* Linn. And its hypoglycaemic activity. *J. of Ind. Chemic. Soc.*, **71** : 705-706.
- MBODJ N.A. (2003). *Etude de l'activité antidiabétique des extraits acétonique, méthanolique et hexanique de Vernonia coloratachez des rats wistar*. Thèse pour l'obtenir le grade de Docteur en pharmacie : DAKAR : Faculté de Médecine, et d'Odonto-Stomatologie département de Pharmacie de l'Université ChekAnta Diop.

32. Evaluation biologique des extraits de *Lygodium lanceolatum* desv. (schizaeaceae), plante endémique malgache à vertu antiasthmatique

Dimbiniala ANDRIAMAMONJISOA*, Laurence RALAMBORANTO**, Maminirina ANDRIANTSOA*, Roseline V. RAMAROSON**, Stephan R. RAKOTONANDRASANA*, Andriamalala RAKOTONDRAFARA*, Michel A. RATSIMBASON*, Vincent E. RASAMISON*.

* Centre National d'Application de Recherches Pharmaceutiques

** Laboratoire de Biochimie Fondamentale et Appliquée, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo

Mots clés : *Lygodium lanceolatum*, toxicité, brine shrimp test, activité anti-anaphylactique, antidegranulation mastocytaire, antimicrobienne.

RESUME

Le *Lygodium lanceolatum* Desv.(Schizaeaceae), une fougère rampante endémique de Madagascar est reconnue comme antiasthmatique dans la médecine traditionnelle malgache ; notre objectif consiste en une évaluation biologique séquentielle de sa riche vertu thérapeutique. Cette plante n'a pas encore fait l'objet d'une recherche scientifique plus approfondie sur ce sujet. Le présent travail

consiste à une caractérisation de l'extrait brut éthanolique (Ext ETOH) et de l'extrait chloroformique (Ext CHCl₃), issus de cette plante. Les tests de toxicité aiguë sur souris ont montré que les deux extraits de feuilles de cette plante provoquent des symptômes toxiques ou toxidrômes passagers. Cependant aucune dose létale n'a été observée par voie orale et par voie intra-péritonéale. Le test de toxicité *in-vitro* sur larve de crevette *Artemia salina* ou « brine shrimp test » a montré que ces deux extraits sont faiblement toxiques. Les deux extraits de plante administrés par voie orale à la dose de 100mg.Kg⁻¹ prévient chacun un bronchospasme d'origine anaphylactique sur un cobaye sensibilisé à l'ovalbumine. *In-vitro*, le test d'antidegranulation mastocytaire sur mastocytes isolés de rat a montré un effet inhibiteur partiel de la libération d'histamine pour l'Ext ETOH et un effet inhibiteur total de la dégranulation chimique des mastocytes pour l'Ext CHCl₃. Par ailleurs, une activité antimicrobienne est évaluée par la méthode de microdilution en milieu liquide, sur la forme hyphale de *Candida albicans*, sur *Escherichia coli*, et enfin sur *Staphylococcus aureus*, les deux extraits ont démontré des effets positifs intéressants.

INTRODUCTION

Le genre *Lygodium lanceolatum* Desv. (Schizaeaceae) est une plante endémique de Madagascar. C'est une fougère rampante, qui peut être envahissante. Cette plante semperfivente est citée plusieurs fois dans la médecine traditionnelle malgache dans les traitements de diverses maladies, en particulier la toux, l'asthme, la fièvre et le malaria. Notre travail consiste en une évaluation scientifique séquentielle de sa riche vertu thérapeutique. Le principal objectif est la valorisation de notre ressource naturelle pour l'utilisation rationnelle et durable à fin de la préservation de cette plante médicinale moins connue mais utilisée à Madagascar.



Lygodium lanceolatum Desv. « Karakarataloho, Famatotrakanga »

Source des photos : RAKOTONANDRASANA S.R. (CNARP)

METHODES

Extraction

L'extraction est faite par macération à froid, de 100g de poudre de plante dans 600ml d'éthanol 95°, et mise à l'obscurité pendant 24 heures; le filtrat a été évaporé sous pression réduite pour avoir l'extrait éthanolique brut (Ex ETOH) et soumis à des partages liquide-liquide successivement avec l'hexane et le chloroforme; après évaporation, l'extrait chloroformique (Ex CHCl₃) est obtenu.

Tests biologiques

Test de toxicité aiguë sur souris « swiss »: une méthode inspirée de celle de REED-MUENCH, et décrite par GOME et al, (1).

Les doses administrées par voie intra-péritonéale (i.p.) étaient de 100mg.Kg⁻¹, 300mg.Kg⁻¹ et de 1000mg.Kg⁻¹ tandis que celles par voie orale étaient de 30mg.Kg⁻¹, 100mg.Kg⁻¹, et 300mg.Kg⁻¹

Toxicité sur larve de crevette

« brine-shrimp test » (2), la quantification de la létalité des larves de crevette de saumure est considérée comme un outil utile pour l'évaluation préliminaire de la toxicité. Il a également été démontré l'existence d'une corrélation entre la cytotoxicité et la létalité des larves de crevettes dans les extraits végétaux (3).

Les concentrations finales utilisées pour nos extraits, dans les cupules contenant de l'eau de mer artificielle, étaient de 10 à 1000µg.ml⁻¹.

Test de bronchospasme *in vivo*, avec une modification de la méthode de KONZETT-RÖSSLER (4): Test sur des cobayes sensibilisés à l'ovalbumine (OVA), anesthésiés et en respiration artificielle: l'effet des extraits sur le choc anaphylactique provoqué par l'injection de l'antigène de sensibilisation par voie intraveineuse est évalué.

Les extraits ont été administrés deux fois par voie orale : 24h et 1h avant l'expérience, à la dose de 100mg.Kg⁻¹.

Test d'antidegranulation mastocytaire *in vitro*, sur des mastocytes isolés de rat par la méthode de PERCOLL reprise et adapté par PATEL et al/ en 2011 (5): le microdosage de l'histamine libéré, après action de dégranulant chimique, le composé 48/80 ($300\mu\text{g.ml}^{-1}$), est réalisé par la méthode fluorimétrique utilisant un fluorimètre lecteur de microplaques FLX800 BIO-TEC.

Les extraits sont testés à 10-30-100 $\mu\text{g.ml}^{-1}$ en contact avec les mastocytes isolés.

Test d'activité antimicrobienne par la méthode de microdilution en milieu liquide, méthode inspirée de celle décrite par la CLSI (6), sur la forme hyphale de *Candida albicans*, sur *Escherichia coli* et enfin sur *Staphylococcus aureus*.

La concentration finale en extrait pendant l'incubation est de l'ordre de 2 à 1000 $\mu\text{g.ml}^{-1}$.

RESULTATS

- Les tests de toxicité aiguë sur la souris ont montré que les deux extraits de plante provoquent des toxidromes passagers à 300mg.Kg^{-1} par voie i.p.; et par voie orale à 300mg.Kg^{-1} , il n'y a pas de signe de toxicité apparente. Cependant aucune dose létale n'a été observée pour les deux extraits (Ex ETOH et Ex CHCl₃) pour les doses maximales testées 1000mg.Kg^{-1} (voie i.p.) et 300mg.Kg^{-1} (voie orale).
- Le test de toxicité sur larve de crevette a montré que ces deux extraits sont faiblement toxiques selon la référence citée par MOUSSEUX (7), CL₅₀=426,57 $\mu\text{g.ml}^{-1}$ pour l'Ex ETOH et CL₅₀=306 $\mu\text{g.ml}^{-1}$ pour l'Ex CHCl₃
- Les deux extraits de plante administrés par voie orale à la dose de 100mg.Kg^{-1} préviennent chacun d'un bronchospasme d'origine anaphylactique (provoqué par l'OVA, voie intraveineuse) sur cobaye pré-sensibilisé par cet antigène.

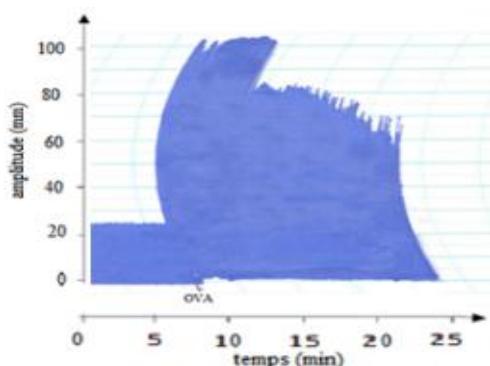


Fig. 1: Réponse à une injection i.v. de l'OVA à un cobaye sensibilisé (témoin)

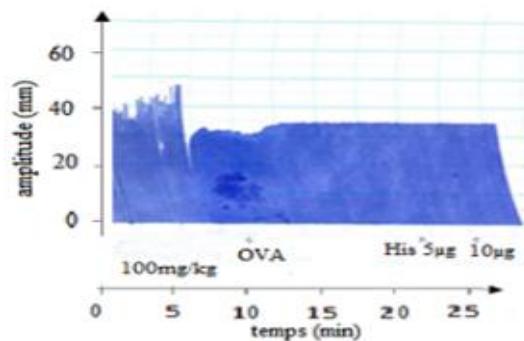


Fig. 2: Réponse du cobaye sensibilisé et traité par Ex CHCl₃

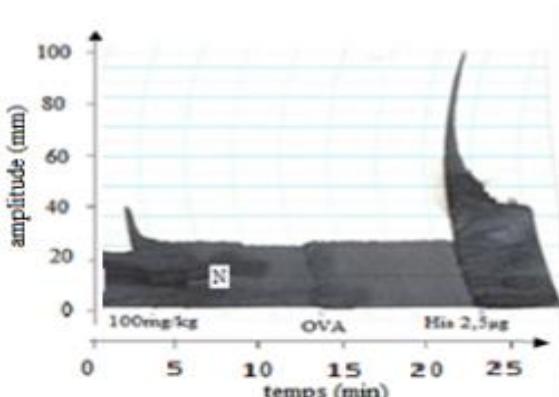


Fig. 3: Réponse du cobaye sensibilisé et traité par Ex ETOH

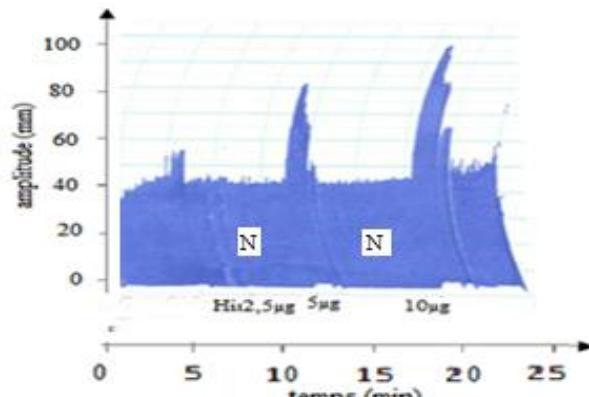


Fig. 4: Réponse à l'histamine du cobaye non sensibilisé (contrôle)

- Le test d'antidegranulation mastocytaire sur des mastocytes isolés de rat a montré un effet inhibiteur partiel de la libération d'histamine pour l'Ex ETOH et un effet inhibiteur total de la dégranulation chimique des mastocytes pour l'Ex CHCl₃

Tableau1: Activité antidégranulation

Test	Fluorescence \pm sem	Observation
MND	3037,8 \pm 6,7	TEMOIN
MD par 48/80	5905,8 \pm 49,5	TEMOIN
48/80: Ex ETOH 10 μ g/ml	3562,0 \pm 24,2	Inhibition partielle
48/80: Ex ETOH 30 μ g/ml	3894,0 \pm 26,3	Inhibition partielle
48/80: Ex ETOH 100 μ g/ml	4123,3 \pm 30,4	Inhibition partielle
48/80: Ex CHCl ₃ 10 μ g/ml	2858,3 \pm 11,5	Inhibition totale
48/80: Ex CHCl ₃ 30 μ g/ml	2906,1 \pm 10,8	Inhibition totale
48/80: Ex CHCl ₃ 100 μ g/ml	2919,0 \pm 32,5	Inhibition totale

MND: Mastocytes non dégranulés

MD: Mastocytes dégranulés

- Les deux extraits ont démontré des effets positifs intéressants d'après un test d'activité antimicrobienne par la méthode de microdilution en milieu liquide.

Tableau 2: Activité antimicrobienne

Germe test	Extrait testé	CMI (μ g.ml $^{-1}$)
<i>Candida albicans</i> (forme hyphale)	Ex ETOH	250
	Ex CHCl ₃	125
<i>Escherichia coli</i>	Ex ETOH	8
	Ex CHCl ₃	< 2
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ex ETOH	< 2
	Ex CHCl ₃	< 2

DISCUSSIONS ET CONCLUSION

Ces résultats plaideraient pour la préservation de cette plante et pour ses utilisations traditionnelles dans la prise en charge de l'asthme et/ou de l'allergie: ses extraits sont inoffensifs et pourraient contenir des substances cytotoxiques compte tenu du résultat du « brine shrimp test » (CARBALLO JL et al, 2002) ; ils avaient une activité antibactérienne et un effet inhibiteur d'un bronchospasme d'origine allergique avec une inhibition de la dégranulation des mastocytes isolés, qui sont des cellules effectrices contenant plusieurs médiateurs responsables de l'allergie et l'asthme.

L'inhibition du bronchospasme d'origine anaphylactique et l'inhibition de la dégranulation mastocytaire plaideraient en faveur de cette plante sur l'asthme allergique, ce qui rejoint l'utilisation traditionnelle. De plus ses larges effets antibactériens seraient un atout potentiel pour ses éventuelles exploitations. Ces résultats inciteraient la préservation de cette plante et à exploiter ses multiples intérêts.

REFERENCES

- MB GOME, K KOUAKOU, A TOURE, F TRAORE. (2011), *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5(5): 1777-1789.
 GE LEWIS (1995). *S. Afr. J. Sci.*, 91: 382.
 LJ CARBALLO, ZL HERNANDEZ-INDA, P PEREZ, MD GARCIA-GRAVALOS. (2002), *Biotechnology*, 2:17.
 P NEJMAN-GRYZ, H GRUBEK-JAWORSKA , J GLAPINISKI , R CHAZAN. (2006), *Pneumonol. Alergol. Pol.*, 74(1):106-12.
 T PATEL, C RAJSHEKAR, R PARMAR. (2011), *J.Phar.Phyt.*, 3(8) :114-117.
 REX et al (2008), Clinical and Laboratory Standards Institute, CLSI document M27-A3.
 MOUSSEUX M., (1995), Rapport de stage de DEUST AQUACULTURE, Université Française du Pacifique- Nouvelle Calédonie, pp20.

REMERCIEMENT :

Nous remercions particulièrement les institutions suivantes:

- Centre National d'Application de Recherches Pharmaceutique, Antananarivo, Madagascar, notre institution de rattachement.
- Département de Biochimie Fondamentale et Appliquée, Facultés des Sciences Université d'Antananarivo, pour la collaboration.
- Académie de Recherche et d'Enseignement Supérieur (ARES) de l'Université d'Antananarivo, pour son aide.

33. Evaluation de l'activité cicatrisante de *Erythrophleum couminga* (CAESALPINIACEAE) chez le rat

HAYRIA Stéphanah, ROUKIA Djoudi, RAVELOMANANA Sitraka, et RAJAONARISON Jean François

Laboratoire de Recherche en Biotechnologie Environnement et Santé (LRBES), Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement (FSTE) de l'Université de Mahajanga

Résumé. A Madagascar, *Erythrophleum couminga* (CAESALPINIACEAE), connue sous le nom vernaculaire *komanga*, est largement utilisée traditionnellement, en tant qu'anti-inflammatoire et cicatrisante par la population de SOALALA (Région BOENY). En effet, cette plante endémique de Madagascar est très réputée pour son activité anti-inflammatoire et cicatrisante grâce à son latex, mais qui est aussi毒ique. Il est donc nécessaire d'approfondir par des études pharmacologiques et phytochimiques, la connaissance de cette plante. Ainsi, des tests *in vivo* ont été réalisés sur des rats Wistar à partir des extraits hydro-alcooliques foliaire et racinaire de *Erythrophleum couminga*. Le criblage phytochimique de ces extraits a permis de mettre en évidence, la présence, en très forte teneur, de tannin et de saponine. Quant aux tests biologiques, les résultats ont montré que les plaies provoquées sur des lots de rats traités avec les extraits végétaux se refermaient plus rapidement par rapport à celles du lot témoin. En effet, les plaies des lots traités se referment dès le sixième jour de traitement alors que celles non traitées du lot témoin, ne commencent qu'à partir du neuvième jour. Les extraits de *Erythrophleum couminga* réduisent le temps d'inflammation et accélèrent la formation des granulations sur la surface de la plaie. Cela pourrait être dû à la présence de tannin et de saponine dans les extraits car ces composés sont décrits comme possédant des propriétés anti-inflammatoire et cicatrisante. Ces résultats justifient amplement l'utilisation traditionnelle de *Erythrophleum couminga* comme anti-inflammatoire et cicatrisante. Toutefois, elle est aussi connue pour sa toxicité. Ainsi, des études plus approfondies doivent être menées afin d'évaluer sa toxicité permettant ainsi de mieux appréhender l'utilisation de cette plante en médecine traditionnelle et par la population de SOALALA.

Mots clés : Extrait, d'*Erythrophleum couminga*, activité cicatrisante, rat

INTRODUCTION

La cicatrisation est un processus biologique et physiologique qui permet une réparation d'une plaie. D'après l'OMS en 2008, le traumatisme physique est une des principales causes de décès chez l'enfant et l'adolescent dans le monde dont près de 90% sont accidentels. Environ 80% des populations d'Afrique recourent à la médecine traditionnelle qui utilise les plantes médicinales pour soulager ou guérir leurs pathologies. Dans le cas d'une blessure grave, la plupart de la population malgache utilise les plantes pour se soigner à cause de l'éloignement et de l'absence des centres hospitaliers (NORSCIA et coll, 2006), mais aussi du coût trop onéreux des médicaments pharmaceutiques. Une de ces plantes est représentée par *Erythrophleum couminga* (nom vernaculaire, *komanga*). Il s'agit d'une plante endémique de la côte Ouest de Madagascar. C'est un grand arbre de 20 mètres de hauteur qui résiste au pourrissement et est très toxique. Les racines, les écorces et les feuilles de cette plante sont utilisées comme cicatrisantes par les habitants de SOALALA (Région Boeny). Cette étude a pour objectif de mettre en évidence l'activité cicatrisante des extraits de feuilles et de racines de *E. couminga*.

MATERIELS ET METHODES

Matériels végétaux. Les feuilles et racines de *E. couminga* ont été récoltées dans le district de SOALALA, au mois de juillet 2016. Elles ont été séchées à l'ombre, à la température ambiante pendant 2 mois.

Matériel animal. Des rats Wistar mâles et femelles, pesant entre 150 et 200 g ont été utilisés.

PARTIE CHIMIQUE

Préparation de l'extrait. Les feuilles et racines de *E. couminga* ont été découpées en petits morceaux, puis broyées à l'aide d'un broyeur électronique. 150 g de poudre de feuilles et 150 g de poudre de racines ont été macérées séparément dans un mélange d'Ethanol-Eau (60:40) pendant une semaine à la température ambiante. Les macérats obtenus ont été filtrés et évaporés à la température de 75° C. Les extraits obtenus ont été pesés et les rendements ont été calculés suivant la formule :

$$\text{Rendement (\%)} = \frac{\text{poids de l'extrait}}{\text{poids de la poudre}} \times 100$$

Etude phytochimique. Un criblage phytochimique a été effectué avec l'extrait de la plante entière de *Erythrophleum couminga*. L'étude est basée sur des réactions de coloration et/ou de précipitation en présence de réactifs spécifiques (FONG et coll., 1997).

PARTIE PHARMACOLOGIQUE

L'activité de *Erythrophleum couminga* a été évaluée par l'application journalière de la crème de l'extrait de la plante. La vitesse de cicatrisation et le temps de réduction des plaies ont été déterminés.

Préparation de la crème de base. Une crème de base a été fabriquée suivant les compositions des différents composés décrites dans le Tableau I.

Tableau I : Les compositions de la crème

Composant	Quantité	Fonction
Cire d'abeille	2,60 g	Epaississant
Huile d'amande douce	10,70g	Adoucissant
Borax	0,10g	Conservateur
Eau de rose aromatisée	6,60g	Solvant et aromatisant

Préparation des crèmes à 10% des extraits de *Erythrophleum couminga*. 0,3 g de chaque extrait brut de feuilles et de racines de *E. couminga* a été dissout séparément dans 2,7 g de crème de base.

Création des plaies. Les rats ont été anesthésiés avec de l'éther diéthylique par inhalation. Deux plaies circulaires de 1 cm de diamètre ont ensuite été provoquées à l'aide d'un dispositif tranchant au niveau de la partie préalablement épilée sur le dos de l'animal. Les incisions ont été profondes et arrivent jusqu'aux muscles sous-jacents de l'hypoderme. La peau incisée a été enlevée complètement. A chaque manipulation, les plaies ont été surveillées, observées, nettoyées, et mesurées par planimétrie directe avant l'application des deux types de crème. Pour cela, les animaux ont été repartis en 3 lots de trois rats : le premier lot a servi de témoin et a reçu la crème de base, le deuxième a été traité avec la crème contenant de l'extrait de feuilles (MS16f) à 10%, et le troisième a été traité avec la crème contenant de l'extrait de racines (MS16r) à 10%.

Etude de l'effet des extraits de *Erythrophleum couminga* sur la phase inflammatoire des plaies. Pour étudier l'effet des extraits végétaux sur la phase inflammatoire, des observations à l'œil nu des signes d'inflammatoires (œdème, douleur, rougeur, chaleur) ont été effectuées.

Etude de l'effet des extraits de *Erythrophleum couminga* sur la phase de réparation des plaies. Le recouvrement des croûtes a été observé et la surface de la plaie a été calculée.

Etude de l'effet des extraits de *Erythrophleum couminga* sur la phase ré-épithérialisation des plaies. Les vitesses de fermeture des plaies ont été déterminées pour caractériser cette phase.

Etude de l'activité des extraits de *Erythrophleum couminga* sur la réduction de la surface des plaies. La diminution journalière de la surface des plaies a été déterminée suivant la formule :

$$S = r^2\pi$$

Avec

S: surface de la plaie (mm²/jour)

r : rayon de la plaie

π : 3,14

Étude de l'activité des extraits de *Erythrophleum couminga* sur la vitesse de cicatrisation.

Après avoir mesuré le diamètre et calculé la surface des plaies tous les jours à la même heure, la vitesse de cicatrisation a été déterminée suivant la formule:

$$V = \frac{S_n - S(n-1)}{T_n - T(n-1)}$$

Avec :

V : vitesse de la contraction de la plaie (mm²/jour)

S_{n-1} : surface de la plaie le jour avant la mesure

S_n : surface de la plaie au jour n de la mesure

T_{n-1} : Temps de la plaie au jour d'avant

T_n : Temps de la plaie au jour n.

Expression et analyse des résultats. Les résultats ont été exprimés sous forme de moyenne ± écart type. Les moyennes ont été comparées entre elles en utilisant le test « t » de Student.

RESULTATS

Extraction. Avec 150 g de poudre de feuilles et 150 g de poudres de racines, 29,6 g d'extrait foliaire (MS16f) et 38,7 g d'extrait racinaire (MS16r) ont été obtenus, ce qui correspond aux rendements de 19,7% et de 25,8% pour les feuilles et les racines, respectivement.

Composition phytochimique. Les résultats du criblage phytochimique de l'extrait de feuilles de *Erythrophleum couminga* sont représentés dans le Tableau II.

Tableau II : Les grandes familles chimiques présentes dans l'extrait hydroalcoolique de feuilles de *Erythrophleum couminga*

Familles chimiques	Teneur
Saponine	+++
Tannin	+++
Leucoanthocyane	++
Composé phénolique	++
Alcaloïdes	++
Anthocyane	+
Stéroïdes	+
Terpénoïde	+

+++ : Présence en très forte quantité,
++ : Présence en moyenne quantité,
+ : Présence en faible quantité.

Création des plaies. Des plaies ont été créées sur le dos du rat à l'aide d'un dispositif tranchant (Photo 1).



Photo 1 : Crédit des plaies sur le dos du rat.

Effets des extraits de *Erythrophleum couminga* sur la phase inflammatoire des plaies. Au 2^e jour de la création des plaies, les signes de l'inflammation sont minimes pour les 2 lots de rats traités (MS16f et MS16r) par rapport au lot témoin. En effet, chez les lots traités, c'est seulement la rougeur qui est persistante. Au 4^e jour, le lot témoin présente encore des tuméfactions (Photo 2).



Photo 2. Comparaison des plaies du rat témoin et des rats traités avec les extraits de feuilles (MS16f) et de racines (MS16r) de *Erythrophleum couminga* pendant la phase inflammatoire des plaies.

Effets des extraits de *Erythrophleum couminga* sur la phase de réparation. Chez les lots traités, au 2^e jour de la création des plaies, les croutes recouvrent toute la surface des lésions et les plaies sont toutes sèches. Elles sont plus épaisses et persistantes (Photo 3). Chez le lot témoin, le bourgeonnement n'a été observé qu'au 4^e jour.

Effets des extraits de *Erythrophleum couminga* sur la phase de ré-épithérialisation des plaies. La phase de ré-épithérialisation est caractérisée par la fermeture des plaies. L'épiderme commence à se reformer dès le 6^e jour chez les lots traités avec les extraits végétaux (MS16f et MS16r). Tandis que celle du lot témoin ne commence à se refermer qu'au 9^e jour (Photo 4).

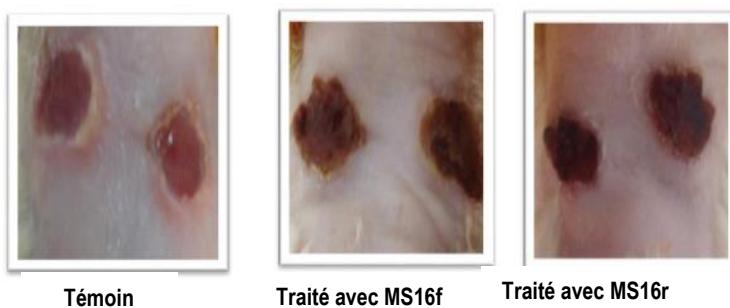


Photo 3 : Comparaison des plaies du rat témoin et des rats traités avec les extraits de feuilles (MS16f) et de racines (Ms16r) de *Erythrophleum couminga* pendant la phase de réparation des plaies.



Photo 4 : Comparaison des plaies des rats témoin et traités avec les extraits de feuilles (MS16f) et de racines (MS16r) de *Erythrophleum couminga* pendant la phase de ré-épithérialisation des plaies.

Effets des extraits de *Erythrophleum couminga* sur la réduction de la surface des plaies. La surface de la plaie du lot témoin commence à diminuer à J4. Tandis que pour les lots traités, les surfaces diminuent dès J2. Il n'y a presque plus de plaies sur les lots traités avec les extraits de *E. couminga* à J8. (Fig. 1).

Activités des extraits de *Erythrophleum couminga* sur la vitesse de cicatrisation des plaies.
 Au J4, la vitesse de cicatrisation est au maximum pour les 2 lots traités avec les extraits MS16f et MS16r. Par contre, la vitesse de cicatrisation du lot témoin n'atteint son maximum qu'au J6 (Fig. 2).

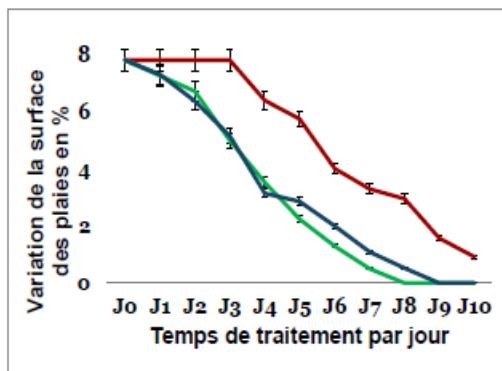


Figure 1. Variation de la surface des plaies traitées avec la crème de base (en rouge), avec les crèmes à 10% des extraits de feuilles (MS16f, en vert) et de racines (MS16r, en bleu) de *Erythrophleum couminga* en fonction de la durée des traitements (n=9, p<0,05).

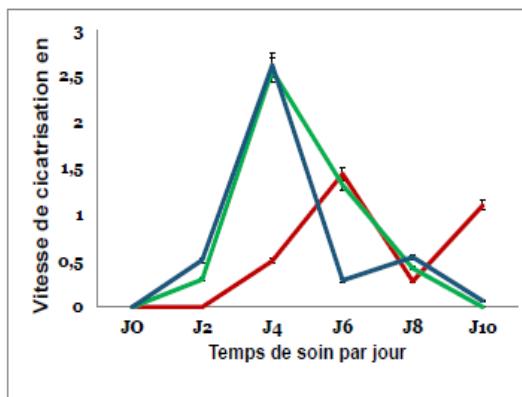


Figure 2. Vitesses de cicatrisation des plaies traitées avec la crème de base (en rouge), avec les crèmes à 10% des extraits de feuilles (MS16f, en vert) et de racines (MS16r, en bleu) de *Erythrophleum couminga*, par rapport à la durée des traitements (n=9, p<0,05)

DISCUSSION

AMAROWICE et coll (2008) ont démontré que les tanins ont une activité cicatrisante liée à leurs propriétés antibactériennes qui accélèrent la fermeture de la plaie. Ces travaux ont été confirmés par ceux de NGROUPAYO (2016). Par ailleurs, d'autres études sur les saponines ont montré que ces composés avaient aussi une activité cicatrisante, en réduisant la phase inflammatoire. Les extraits de *E. couminga* (MS16f et MS16r) raccourcissent la phase inflammatoire et par conséquent, accélèrent la cicatrisation des plaies. Ces extraits contiennent aussi des tanins qui sont possédent des activités cicatrisante et antibactérienne. Comme les résultats le montrent, les extraits foliaire (MS16f) et racinaires (MS16r) de *E. couminga* augmentent la vitesse de cicatrisation. Cette accélération de la cicatrisation pourrait être due à la diminution de la durée de la phase inflammatoire et/ou à l'accélération du bourgeonnement. Ainsi les effets cicatrisants de *E. couminga* pourraient être dus à l'interaction entre les métabolites secondaires contenus dans les extraits.

CONCLUSION

Cette étude a permis de mettre en évidence l'activité cicatrisante des extraits de feuilles (MS16f) et de racines (MS16r) de *Erythrophleum couminga*. En effet les extraits de *E. couminga* augmentent la vitesse de cicatrisation et diminuent la durée de recouvrement de la plaie. *Erythrophleum couminga* renferme en forte teneur, des tanins et des saponines qui sont connus pour leurs effets cicatrisants. Cependant, compte tenu de la forte toxicité de la plante, l'étude supplémentaire de son effet cytotoxique s'avère indispensable.

BIBLIOGRAPHIE

- AMAROWICZ R., DYKES G.A., PEGG R.B.(2008). Antibacterial activity of tannin constituents from Phaseolus vulgaris, Fagopyrumesculentum, Corylusavellana and Juglansnigra. Fitoterapia. 79(3): 217-219.
- FONGH H.S., TINWAN FARNSWORTH N. R., (1977). Phytochemical Screening. College of Pharmacy University of Illinois Chicago. USA: 275: 6-7. 4^{eme} journée de formation et d'information ; prévention du risque infectieux en EHPAD.
- NGOUPAYO J., ASSONFACK F. R. M,
- CHELEA M., DJIELE N.P. et NDELO J. (2016). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, Evaluation of the antimicrobial activity of tannin extracted from the barks of E.g (Caesalpiniceae)", 287-291.
- NORSCIA I., et BORGOGNINI-TARLI S.M. (2006). Ethnobotanical reputation of plant species from two forests of Madagascar: a preliminary investigation.Journal of Botany, South African,Elsevier, 72 : 656-660.

34. Identification des constituants chimiques et évaluations biologiques de *Razafimandimbisonia minor* (Rubiaceae)

H. Rakotoarivelo², M. Rakotoarisoa¹, F. Randriamalinoro¹, M. Andrianjakaniaina¹, S. Michel³, B. Deguin³, E. Seguin³, P. Vérité³, D. Ralambomanana², **S. T. R.RALAMBONIRINA^{1*}**

¹Centre National d'Application de Recherches Pharmaceutiques, Antananarivo, Madagascar

² Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, Chimie des Produits Naturels, Antananarivo,

³Laboratoire de Pharmacognosie, UMR CNRS 8638 COMETE, Université Paris Descartes, Faculté de Pharmacie de Paris - 4, Avenue de l'Observatoire - 75006 Paris, France.

Résumé

Ce travail de recherche consiste à évaluer les activités biologiques et d'identifier les structures chimiques des composés actifs de l'extrait méthanolique de la tige de *Razafimandimbisonia minor* (Rubiaceae), plante endémique de Madagascar.

Des procédés chimiques préliminaires comme l'extraction par solvant, le criblage phytochimique, le fractionnement et la purification ont été utilisés. L'identification structurale des produits isolés a été établie grâce à l'utilisation de diverses techniques chromatographiques et spectrales (RMN, CPG/SM). L'évaluation des activités antibactériennes a été réalisée par antibiogramme. La méthode utilisée pour mesurer l'activité antioxydante est celle du piégeage des radicaux libres, à l'aide du DPPH. L'activité antiplasmodiale a été mesurée *in vitro* contre *Plasmodium falciparum* FCM29, une souche résistante à la chloroquine

Le criblage phytochimique de l'extrait méthanolique de la tige de cette plante a permis de mettre en évidence la présence des produits terpénoïdes, polyphénols et tanins.

Les fractionnements et purifications de cet extrait ont conduit à l'isolement du stigmastérol, du (-)-épicatéchine, de l'acide benzoïque, du sitostérol, du fraxine et d'un flavonol.

Les analyses biologiques ont montré que *Razafimandimbisonia minor* a une activité antibactérienne qui est plus spécifique sur *S. enterica*, *S. flexnerii*, *P. mirabilis*, *S. aureus*, *B. cereus*, *L. monocytogenes*, *S. pyogenes* et *S. pneumoniae*.

L'extrait méthanolique possède aussi une activité antioxydante intéressante, cet extrait a le pouvoir de réduire le DPPH à 93,33% et ceci varie de 9,54% à 89,93% pour les fractions issues du fractionnement.

En ce qui concerne les résultats de l'activité antiplasmodiale, elle a montré une CI₅₀ comprises entre 2,8 µg/ml et 17,1 µg/ml pour les fractions obtenues et de 24,03 µg/ml pour l'extrait méthanolique.

Mots-clés : *Razafimandimbisonia minor*, Rubiaceae, phytochimie, activité antibactériennes, antioxydante et antiplasmodiale

1. Introduction

La nature est la principale source de remèdes pour presque toutes les maladies et la médecine traditionnelle est peu coûteuse et ne provoque pas des effets secondaires indésirables. Madagascar possède un patrimoine biologique et écologique unique au monde, dont le degré d'endémisme est de 80 % pour la faune et de 85% pour la flore [1]. Les Rubiaceae représentent 7 à 9 % de la phytodiversité de la Grande Ile. Elles constituent l'une des plus vastes familles d'Angiospermes. Le groupe compte 13 000-14 000 espèces pour 670 genres environ, à répartition cosmopolite [2].

Elles sont abondantes et omniprésentes dans les forêts tropicales humides et sèches [3]. Certaines espèces ont fait l'objet d'étude chimique et biologique mais d'autres sont encore peu connues. *Razafimandimbisonia minor* (Rubiaceae) est une plante endémique de Madagascar, qui à notre connaissance n'a pas encore fait l'objet d'une étude chimique ni biologique. Le principal objectif de la présente étude consiste à évaluer les activités antimicrobiennes et antioxydantes de l'extrait méthanolique de la tige de cette plante, ainsi que d'isoler et de déterminer les structures chimiques des composés principaux actifs.

2. Matériels et méthodes

2.1 Plantes étudiées

L'espèce végétale a été cueillie avec leurs rameaux, chacune des parties a été séchée, et broyée à l'aide d'un broyeur mécanique jusqu'à l'obtention d'une poudre fine, puis conservée dans un endroit sec à l'abri de la lumière et de la chaleur. Les organes considérés sont présentés dans le tableau n°1 avec les lieux et dates de récolte, ainsi que les noms vernaculaires et l'utilisation traditionnelle.

Tableau n°1 : Plante étudiée, récolte et données ethnobotaniques

Ref Herbier	Nom scientifique	Organe étudié	Lieu et date de récolte	Noms vernaculaires	Utilisations traditionnelles
ROL 734ST1*	<i>Razafimandimbisonia minor</i>	Tige	Moramanga – Octobre 2014	Hazomborondreo, Tapialahy, Voamalitony	Infection néphrologique*

*Les utilisations traditionnelles proviennent des enquêtes effectuées par les botanistes du CNARP.

2-2 Extraction par macération

400 g de poudre de la tige ont été macérés dans 800ml de mélange solvant CH₂Cl₂/MeOH80 (20 :80 ; V/V) soumis à une agitation pendant quelques minutes à la température ambiante puis le mélange est laissé reposer dans un récipient hermétique pendant 24 heures. Le filtrat est débarrassé du solvant par évaporation sous vide.

2-3 Le criblage phytochimique

Le criblage phytochimique a été réalisé pour détecter les familles de molécules présentes dans la plante [4]. Les méthodes sont basées sur l'utilisation des réactifs spécifiques pour chaque famille à détecter. Les réactions chimiques sont basées par la formation de complexes insolubles ou de complexes colorés à partir de poudre de plante ou d'extrait hydroéthanolique.[5]

2-4 CCM préliminaires

Les CCM ont été réalisées sur gel de silice (phase normale). Pour les dépôts, chaque extrait est mis en solution dans le méthanol. Pour l'élution, trois systèmes de polarités variées ont été utilisés, dont CH₂Cl₂/MeOH(99,8 : 0,2 ; V/V) ; CH₂Cl₂ / MeOH (82 : 18 ; V/V) et AcOEt/MeOH/H₂O (100/16,5/13,5 ; V/V/V) afin d'obtenir les profils des produits contenus dans l'extrait. La plaque est ensuite observée sous UV (à 366 nm) puis révélées avec un réactif non spécifique, la vanilline perchlorique sulfurique.

2-5 Fractionnement et isolement

Les fractionnements et l'isolement de l'extrait méthanolique ont été effectués sur des colonnes chromatographiques en utilisant le gel de silice comme phase fixe et des solvants de polarités différentes comme phase mobile. La chromatographie sur couche mince (CCM) a été utilisée pour les suivis des fractionnements. Les produits isolés ont été identifiés par analyses spectrales (RMN et CPG/SM).

2-6 Analyses biologiques

2-6-1 Activité antibactérienne

L'étude de l'activité antibactérienne des plantes a été effectuée en deux étapes. La première consiste à l'antibiogramme (mesure de zone d'inhibition par méthode de diffusion sur disque : 1 mg de produit par disque) sur une dizaine d'espèces bactériennes de référence (Gram négatif : *Escherichia coli* ATCC 8739, *Salmonella enterica* ATCC 13076, *Shigellaflexnerii* ATCC 12022, *Proteus mirabilis* ATCC 35659, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 10145, *Yersinia enterocolitica* ATCC 23715, *Enterobacter cloacae* ATCC 13047, *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048; et Gram positif : *S. aureus* ATCC 11632, *B. cereus* ATCC 14579, *L. monocytogenes* ATCC 19114, *C. perfringens* ATCC 13124, *S. pyogenes* ATCC 19615, *S. pneumoniae* ATCC 6305) et sur une levure (*C. albicans* ATCC 10231).

La deuxième étape consiste à la détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) et la concentration minimale bactéricide (CMB) sur les extraits ayant présenté des résultats positifs lors de la première étape et sur les souches sensibles

2-6-2 Activité antioxydante

L'évaluation de l'activité antioxydante a été réalisée en deux étapes : la première méthode utilise la méthode biotaugraphy (étude qualitative), c'est une méthode analytique qui combine la CCM avec un test biologique [4].

La deuxième méthode consiste à l'évaluation quantitative du pouvoir antioxydant. Le radical libre DPPH+ est connu pour sa couleur violet-foncé et sa forte absorbance à 517 nm une fois dissous dans le méthanol. Cette activité est déterminée selon la méthode d'Awika (2003).

L'activité antioxydante qui exprime la capacité de piéger le radical libre est estimée par le pourcentage de décoloration du DPPH en solution dans le méthanol. Elle est donnée par la formule suivante :

$$\text{Pourcentage(%) d'Inhibition de DPPH} = (\text{Abs}_{\text{control}} - \text{Abs}_{\text{test}} / \text{Abs}_{\text{control}}) \times 100$$

2-6-3Activité antiplasmodiale

Cette étude est fondée sur la mesure de la fluorescence de la solution contenant le parasite *Plasmodium falciparum* par ajout d'un fluorophore, le SYBR Green I[6]. Le taux de fluorescence est considéré comme proportionnel à la quantité de *P. falciparum* respective dans chaque puits. Les valeurs d'IC₅₀, les concentrations de médicaments qui réduisent de 50% le taux de fluorescence, donc la croissance, sont ensuite déduites par calcul [6].

Résultats et discussions

3-1 Rendement de l'extraction

Le résultat d'extraction par macération au mélange de CH₂Cl₂/Méthanol (20 :80 ; V), les masses des extraits obtenus et le rendement d'extraction sont présentés sur le tableau 2 ci-dessous :

Tableau 2 : Résultats d'extraction brute

Code des plantes	Masse de poudre végétale	Masse d'extrait obtenu	Rendement d'extraction	Apparence de l'extrait
ROL-734 ST1	400 g	26,61 g	6,65%	Brun
ROL-734 LF1	300 g	40,90 g	13,63%	Vert

3-2 Criblage phytochimique

Les résultats obtenus lors du criblage phytochimique sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Résultats de criblage phytochimique de la tige de *R. minor*

Familles chimiques	Réactifs de caractérisation	Résultats
Composés phénoliques		
Coumarines	NaOH, lampe U.V. de λ 254 nm et 366 nm	+++
Flavones	HCl, Mg	+++
Flavonols	HCl, Mg, Alcool isoamylrique	-
Flavanones, flavanonols	HCl, Mg	-
Anthocyanes	HCl, NH ₄ OH	-
Leucoanthocyanes	HCl à chaud	++
Anthraquinones libres	Eau, Benzène, NH ₄ OH	-
Hétérosides anthracéniques	HCl, CHCl ₃ , NH ₄ OH	+
Tanins	NaCl, Gélatine	++ +
Tanins condensés	FeCl ₃	+++
Tanins hydrolysables	FeCl ₃	-
Polyphénols	Gélatine 1%, H ₂ O NaCl	+++
Phénols, flavanes	Vanilline chlorhydrique	+
Terpénoïdes		

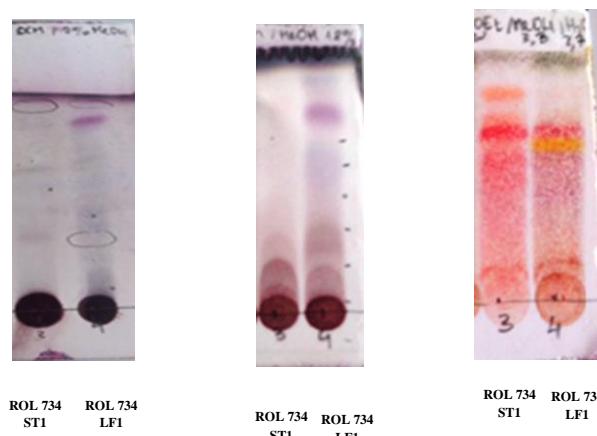
Stérols insaturés	H ₂ SO ₄	+++
Stéroïdes lactoniques	Acide picrique, NaOH, Acide 3,5-dinitrobenzoïque, KOH	+++ +++
Triterpénoïdes	Anhydride acétique, H ₂ SO ₄ , antimoine	+
Stéroïdes		+++
Iridoïdes	HCl, Ethanol, Glycérol, CuSO ₄	-
Saponines	Hauteur mousse	-
Cardénolides	H ₃ PO ₄ , Acide trichloracétique, lampe U.V.	+
Hétérosides désoxy-2-sucres	FeCl ₃ , Acide acétique	+++
Autres		
Alcaloïdes	KI, I ₂ , HgCl ₂ , Bi(NO ₃) ₃ , Acide tartrique	-
Hétérosides cyanogènes	CHCl ₃ , Picrate de sodium	+
Polysaccharides	Ethanol	-

- : absence + : faible présence ++ : présence abondante +++ : présence très abondante.

3-3 CCM préliminaires

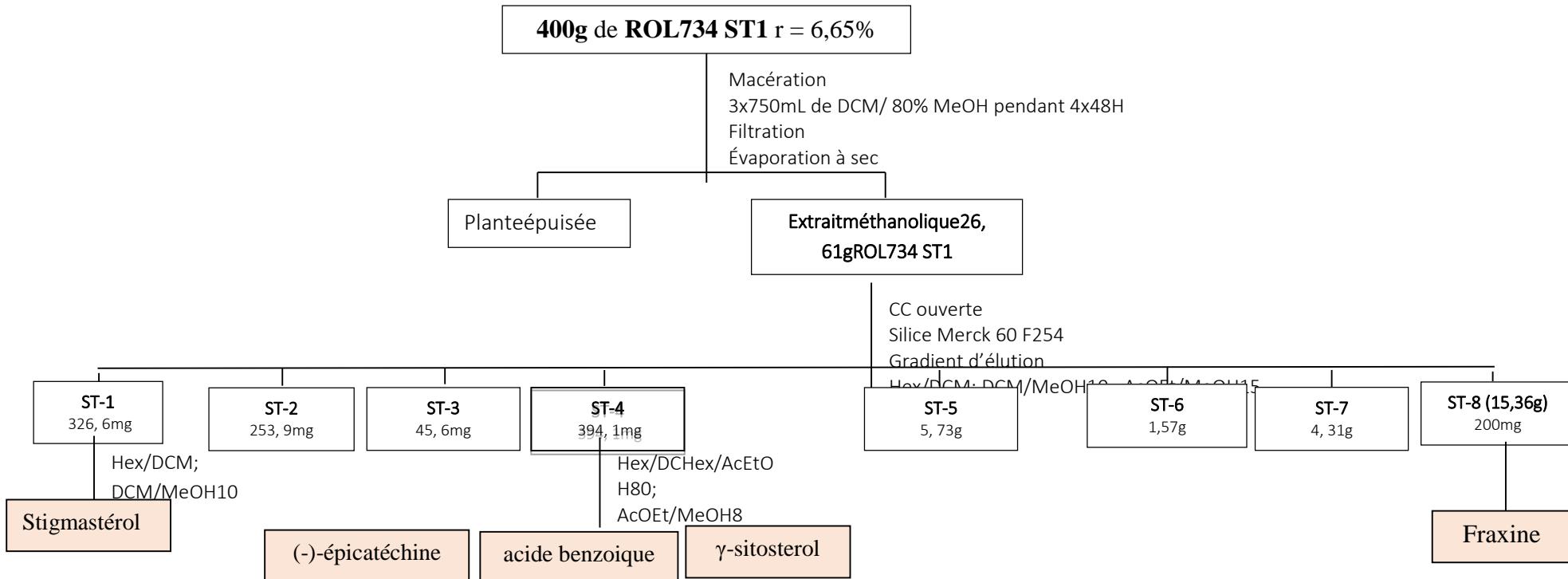
L'analyse en CCM a montré la richesse de cette plante en produit polaire. En tenant compte des résultats de criblage phytochimique, ces produits peuvent correspondre à des composés phénoliques et des terpénoïdes.

Figure 1: Photos de CCM des extraits ayant les meilleurs profils (éluants : CH₂Cl₂ / 2 % MeOH ; CH₂Cl₂ / 18 % MeOH et AcOEt/



3-4 Fractionnement et isolement

Le fractionnement de 26,61 g d'extrait méthanolique de *R. minor* sur colonne ouverte de gel de silice avec un gradient Hex/DCM; DCM/MeOH10 ; AcOEt/MeOH15 a permis d'obtenir 8 fractions numérotées ST1 à ST8. Certaines fractions ont été purifiées sur colonne ouverte de gel de silice. La figure n°1 résume le protocole d'extraction, de fractionnement et d'isolement des composés issus de **ROL734 ST1**. Jusqu'à présent 05 produits ont été identifiés par les analyses spectrales (RMN, CPG/SM).



3-5 Activité antibactérienne

Les résultats sur l'évaluation de l'activité antibactérienne sont reportés dans le tableau 4

Tableau 4 : Résultats des activités antibactériennes de l'extrait méthanolique de la tige de *R.minor* et détermination de CMI et CMB sur les souches sensibles avec HI>10 mm

<i>R. Minor</i>	Souches	Actif sur	Diamètre d'Halo d'inhibition (mm)	CMI ($\mu\text{g/ml}$)	CMB ($\mu\text{g/ml}$)
Tiges	Gram(-)	<i>S. enterica</i>	12±0.5	=500	>1000
		<i>P. mirabilis</i>	12±0	=500	>1000
		<i>S. flexnerii</i>	11±0	=500	>1000
	Gram(+)	<i>L.monocytogene</i>	12±0	=500	>1000
		<i>S. aureus</i>	11±0	>1000	>1000
		<i>B. cereus</i>	10±0	=500	>1000
		<i>S.pyogenes</i>	11±0	=250	>1000
		<i>S.pneumoniae</i>	12±0	>1000	>1000

Ayant pris référence aux normes de Ponce et al.(2003), sur la mesure de la zone d'inhibition, on a pu constater que : l'extrait de ROL734ST1 s'est révélé actif sur 8 souches;

dont 5 souches bactériennes Gram + (*S. aureus*, *L. monocytogene*, *B. cereus*, *S. pneumoniae*, *S. pyogenes*) et 3 souches Gram - (*S. enterica*, *S. flexnerii*, *P. mirabilis*) ont été sensibles à l'extrait ROL734ST1 avec des diamètres d'inhibition compris entre 10 à 12mm.



Inhibition de la croissance de *P.mirabilis*, *S. enterica* et *S. flexnerii* par l'extrait méthanolique de *R. minor*.

Etant donné que l'extrait brut est actif sur quelques souches, et qu'il a un rendement assez élevé, la CMI et la CMB peut être évalué afin de mieux élucider leur activité antibactérienne. Ces résultats montrent que l'extrait brut a une valeur comprise entre 250 $\mu\text{g/ml}$ et 1000 $\mu\text{g/ml}$ pour la CMI et égale à 1000 $\mu\text{g/ml}$ pour la CMB, contre les 5 souches testées. Lorsque le rapport CMB/CMI d'une substance anti-microbienne est inférieur ou égal à quatre (≤ 4) la substance a un effet bactéricide [40]. D'où L'extrait brut a un effet bactéricide vis-à-vis des 5 souches testées dont *S. aureus*, *B. cereus*, *S. pyogenes*, *E. cloacae*, *S. pneumoniae*

3-6 Activité antioxydante

Le criblage de l'activité antioxydante par la méthode « bioautography » de l'extrait brut et des fractions ont été effectué, ainsi que la quantification du pouvoir antioxydant par la méthode DPPH en utilisant le spectrophotomètre UV/visible.

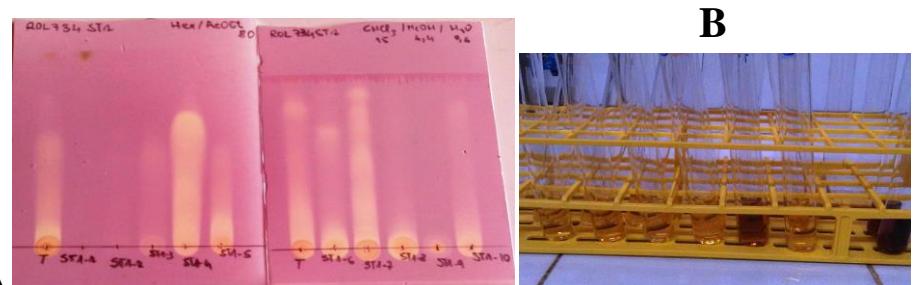


Figure 3: Résultat de l'étude antioxydante des 10 fractions de ROL734ST1
Eluant :Hex/AcOEt (20/80) et CHCl₃/MeOH/H₂O (75/22/3)
révélée avec le DPPH

Cette figure présente les résultats de la révélation des plaques par la solution méthanolique de DPPH à 25% de méthanol, il existe de deux types de zones :

- Des zones (ou bandes) claires traduisant la capacité de l'extrait ou de ses composants à piéger le radical libre DPPH.
- Des zones violettes montrant la présence de radical libre DPPH non piégé.

L'extrait brut ainsi que les fractions ST3, ST4, ST5, ST6, ST7 et ST8 présentant tous des zones claires, possèdent une activité antioxydante ; tandis que les fractions ST1, ST2, ST3 et ST9 ne présentent pas d'activités significatives.

Résultats de la quantification du pouvoir antioxydant

Le pouvoir antioxydant de l'extrait brut et de ces fractions détecté lors du criblage a été quantifié dans le but de comparer leur capacité antioxydante avec celle d'un antioxydant standard l'a-tocophérol. Les extraits et les fractions sont testés à une concentration unique égale à 1mg/ml. Des concentrations situées entre 6,25 µM à 100 µM et

150 µM à 600 µM de l'a-tocophérol sont utilisées pour établir les courbes standards (Figure 4). Les résultats sont récapitulés dans le tableau 5.

Tableau 5: Résultats de la quantification des activités antioxydantes de l'extrait brut et des groupes des fractions de *R. minor* pour une dose de 1mg/ml. (CNARP)

R. minor	% d'inhibition de DPPH	équivalent a-tocophérol µM/mg/mL d'extrait
Extrait brut (Tige)	93,33	548,77
Fractions : ST1	17,02	37,72
ST2	36,22	57,16
ST3	85,75	466,90
ST4	82,20	427,21
ST5	89,27	506,32
ST6	89,93	513,76
ST7	86,76	478,20
ST8	63,16	213,87

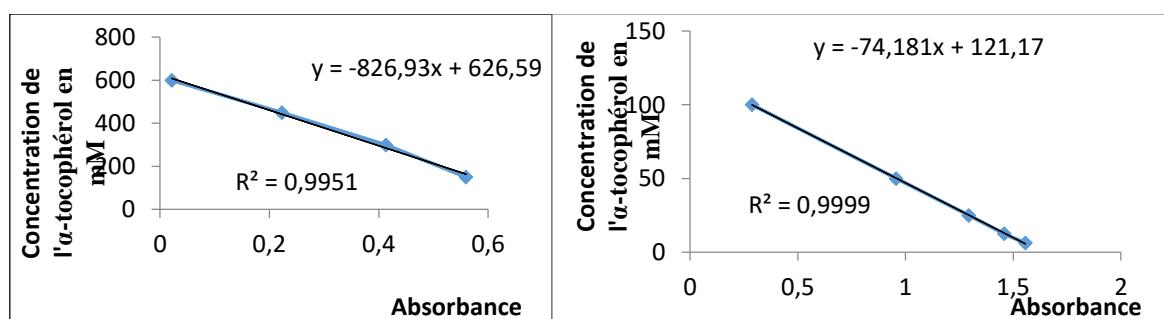


Figure 4 : Courbes standards 6,25µM à 100 µM et 150 µM à 600 µM de l'a-tocophérol

D'après les résultats, à une concentration de 1mg/ml, l'extrait brut réduit le DPPH à une valeur de pourcentage d'inhibition de 93,33%. Et pour les fractions ceci varie de 9,54% à 89,93%. La fraction ST6 étant la plus active dont le pourcentage d'inhibition est de 89,93%.

En amenant chaque valeur d'absorbance du DPPH non réduit dans les équations des courbes de tendance de l'a-tocophérol $y_1 = -74,18x + 121,1$ ($R^2 = 0,999$) et $y_2 = -826,9x + 626,5$ ($R^2 = 0,995$), la capacité à réduire le DPPH varient en équivalent a-tocophérol de 30,204 µM/mg/ml d'extrait à 513,76 µM/mg/ml d'extrait pour les groupes de fractions tandis que l'inhibition correspondant à l'équivalent a-tocophérol égal à 548,77 µM/mg/ml d'extrait pour l'extrait brut.

3-7 Activité antiplasmodiale

Le test antiplasmodial a été effectué sur l'extrait brut de ROL734ST1 et sur les huit fractions obtenues, les résultats sont montrés sur la figure 5.

Cette figure montre que l'extrait brut et les six groupes ont un effet sur le parasite et l'activité est plus intéressante sur le groupe ST6 ayant une concentration d'inhibition de $CI_{50}=2,8 \mu\text{g/ml}$.

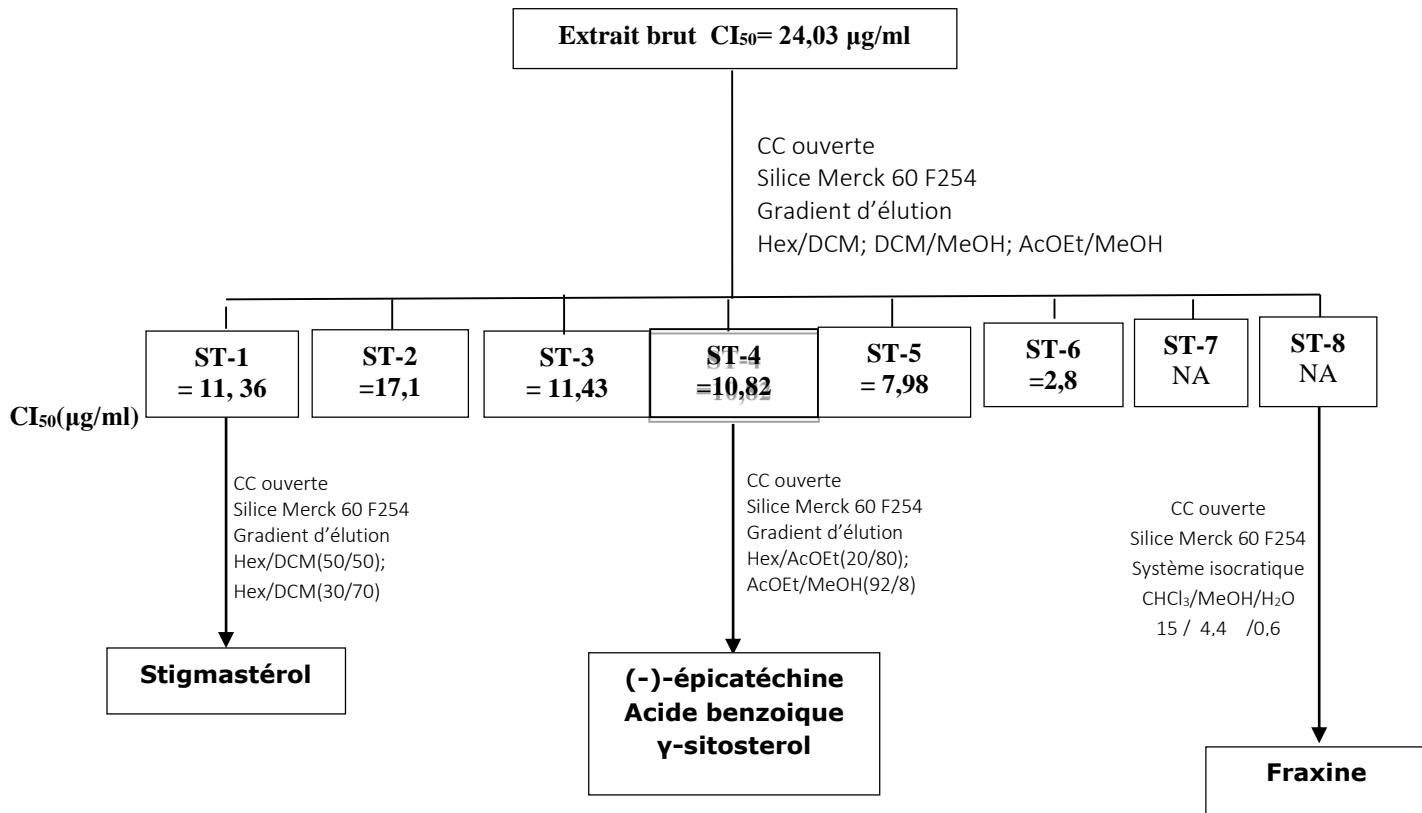


Figure 6: Résultats des tests antiplasmodial de l'extrait brut et des groupes de fractions de *R. minor*.

Donc les substances actives se trouvent principalement dans les groupes de fractions ST6, ST5, ST4 et ST1 qui ont respectivement une valeur de concentration d'inhibition de $CI_{50}=2,8 \mu\text{g/ml}$, $CI_{50}=7,98 \mu\text{g/ml}$, $CI_{50}=10,82 \mu\text{g/ml}$ et de $CI_{50}=11,36 \mu\text{g/ml}$. L'extrait brut et ces fractions ont montré une activité antiplasmodiale in vitro sur *P. falciparum* FCM29.

Conclusion et perspectives

Dans ce travail, l'étude a porté sur l'identification des constituants chimiques et l'évaluation de l'activité biologique de la tige de *Razafimandimbisonia minor* (Rubiaceae) par des procédés chimiques préliminaires : extractions, purification, isolement et par quelques techniques d'études biologiques, telles que l'antibiogramme, la méthode DPPH et la méthode de fluorescence avec SYBR Green I, puis identification structurale des produits isolés. Ces recherches ont été réalisées grâce à l'utilisation de diverses techniques d'extraction, et de méthodes chromatographiques et spectrales.

Cette plante est endémique de Madagascar et elle est utilisée dans la médecine traditionnelle pour traiter les maux néphrologiques.

Le fractionnement et purification de l'extrait brut ont permis d'isoler une vingtaine de produits qui ont été soumis à des analyses par CPG/SM et RMN. Jusqu'à présent, 5 structures ont été identifiées celles du stigmastérol, le (-)-épicatéchine, l'acide benzoïque, le γ -sitostérol, un le fraxine.

L'extrait brut et les fractions obtenues après fractionnement ont été soumis à des tests antibactériens, antioxydant et antiplasmodial.

D'après le résultat de l'évaluation de l'activité antimicrobienne de ROL734ST1, par la méthode des disques, a montré que *S. enterica*, *S. flexnerii*, *P. mirabilis*, *S. aureus*, *B. cereus*, *L. monocytogenes*,

S. pyogenes et *S. pneumoniae* ont été sensibles. Lorsque le rapport CMB/CMI d'une substance est inférieur ou égal à quatre (**≤ 4**) la substance a un effet bactéricide. D'où l'extrait brut a un effet bactéricide vis-à-vis des 5 souches testées dont *S. aureus*, *B. cereus*, *S. pyogenes*, *E. cloacae*, *S. pneumoniae*. Cette plante est dotée d'une activité antibactérienne.

Le résultat obtenu lors de l'évaluation de l'activité antioxydante montre la potentialité de l'extrait brut et des 6 fractions (ST3 à ST8) à piéger le radical libre DPPH , la capacité à réduire le DPPH varient en équivalent α-tocophérol de 30,204 µM/mg/ml d'extrait à 513,76 µM/mg/ml d'extrait pour les fractions tandis que l'inhibition correspondant à l'équivalent α-tocophérol égal à 548,77 µM/mg/ml d'extrait pour l'extrait brut. Ainsi nous pouvons en déduire que cette plante possède une activité antioxydante intéressante.

De plus, l'évaluation de l'activité antiplasmodiale de l'extrait brut et de ces fractions a été faite *in vitro* sur *P. falciparum* FCM29. Elle a montré leur potentialité antiplasmodiale avec des IC50 comprises entre 2,8 µg/ml et 17,1 µg/ml pour les fractions et égale à 24,03µg/ml pour l'extrait brut. Cette recherche a fourni les premières informations chimiques et biologiques sur la plante *Razafimandimbisonia minor*.

Références

- Goedefroit S., 2002, Stratégies patrimoniales au paradis de la nature, in *Patrimonialiser la nature tropicale*, M.-C. Cormier-Salem et al. (éds.), Editions de l'IRD, Collection Colloques et séminaires, 467 p.
- Moulya. 2007a. — Systématique de la tribu des Ixoreae A.Gray (Rubiaceae) : phylogénie, biogéographie et taxonomie. Thèse de Doctorat, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, France, 310 p.
- Razafintsalama, V. et al. 2016. Etudes des activités antimicrobienne et antioxydante de l'extrait de racine d'*Anthospermumpurrieri* (Rubiaceae) *Mada-Hary*, ISSN 2410-0315, VOL. 5.
- Shittu O. B., Alofe F. V., Ogundaini A. O. and Tiwalade T. A. ,2006. Bioautographic Evaluation of antibacterial metabolite production by Wild Mushrooms, *Afr.J. Biomed.Res.*, 9, 57-62.
- J. J. Bruneton, 1993. Pharmacognosie, Phytochimie. Plantes médicinales. 2^{ème} édition. Paris, Lavoisier.Technique-Documentation.
- M.K. Yoo, H.C. Lee, B.K. Moon, Y.C. Lee, 2008. Relative antioxidant and cytoprotective activities of common herbs. *Food Chemistry*, 106, pp929-936.
- Tyler N. Bennett, Michelle P., Bojana G., Clement S., Andrew D. Kosar, Eugene D., Roepe P. D., 2004, Novel, rapid and inexpensive cell-based quantification of antimalarial drug efficacy, *Antimicrobial agents and chemotherapy*, May 2004, Vol 48, N°5, pp1807-1810

35. Composition et comparaison des constituants de l'arôme de vanilles de Madagascar et de La Réunion

Felamboahangy RASOARAHONA^{1,a}, Jimmy CHANE-MING², Jean-Patrick IDOUMBIN², Hippolyte KODJA³, Jean Roger E. RASOARAHONA¹, Béatrice RAMAROSON RAONIZAFINIMANANA¹

¹ Ecole Doctorale Génie des Procédés et des Systèmes Industriels, Agricoles et Alimentaires (GPSIAA), et Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département IAA, Université d'Antananarivo;

² Unité Analytique CYROI, La Réunion

³ UMR Qualisud, IUT Saint-Pierre, Université de La Réunion, France

1. Contexte

Plusieurs études ont porté sur les constituants des gousses du genre *Vanilla* (*V. planifolia*, *V. madagascariensis*, *V. tahitensis* et *V. pompona*) (RAMAROSON-RAONIZAFINIMANANA, 1988 ; BRUNSCHWIG, 2009 ; BRUNSCHWIG et al., 2009 , WERKHOFF et al., 2005 ; GALETTO et al., 1978 ; SCHARRER et al., 2002 ; PEREZ-SILVA et al., 2006 ; KLIMES et LAMPARSKY, 1976 ; SINHA, 2008).

La méthode par Chromatographie gazeuse (CG) équipée avec la spectrométrie de masse (SM) est considérée comme une des méthodes les plus populaires dans l'analyse des constituants volatiles des gousses de vanilles préparées.

Dans ses travaux de Recherche, TOTH (2012) a utilisé la méthode DTD-GC-MS (Direct Thermal Desorption Gaz Chromatographic mass Spectra) pour identifier les constituants des gousses de vanille de Tanzanie, des vanilles Bourbon, d'Indonésie, d'Ouganda et de Tahiti. Il a ainsi pu identifier plusieurs composés nouveaux encore non rapportés auparavant.

Une étude a aussi été axée sur la comparaison de *V. planifolia* de Madagascar avec la *V. planifolia* d'Ouganda (ZHANG et al., 2012), cela, aussi bien sur la concentration en composés volatils totaux que sur les composés odoriférants, dans le but d'une authentification de *V. planifolia*, selon leur origine. 246 composés ont été identifiés, en utilisant le logiciel AMDIS (Automated Mass Spectral Deconvolution and Identification System). Ces composés identifiés sont issus des familles chimiques suivantes : hydrocarbones, aldéhydes, cétones, alcools, phénols, acides, esters/lactones, éthers et des hétérocycles. Il est à noter que la concentration en composés volatils totaux en excluant la vanilline est de 301mg/kg pour les vanilles Bourbon et de 398mg/kg pour les vanilles d'Ouganda. La vanilline est le constituant principal des gousses, le guaiacol est le deuxième constituant en considérant la teneur aussi bien pour les vanilles Bourbon que les vanilles d'Ouganda. En ce qui concerne la différence entre ces vanilles de ces deux origines, 40 constituants retrouvés dans les vanilles Bourbon ne sont pas retrouvés dans les vanilles d'Ouganda, tandis que seuls 21 constituants dans les gousses d'Ouganda ne se retrouvent pas dans les vanilles Bourbon.

Une récente étude (GALEAS, 2015) a eu pour objet d'étudier le profil aromatique des vanilles du Mexique (*V. pompona*). L'extraction par solvant, en utilisant de l'éthanol-dichlorométhane, a été sélectionnée pour les analyses par GC-MS et GC-O. 123 constituants volatils ont pu être identifiés chez *V. pompona* dont 26 ont été identifiés pour la première fois dans les gousses de vanille. Le profil aromatique de l'extrait de *V. pompona* comprend neuf classes chimiques: hydrocarbures (24), alcools (20), esters (18), cétones (13), acides aliphatiques (13), phénols (11), composés hétérocycliques (11), Les aldéhydes (12) et les éthers (1). Les composés les plus abondants pour *V. pompona* sont la vanilline, l'alcool anysilique, le 5-(hydroxymethyl)-2-furfural, le p-anisaldehyde, le p-vinyl guaiacol, l'acétate d'anisyle, le methyl linoleate, le methyl linolelaidate et le tricosane.

La méthode HS-SPME-GC/MS a été utilisée pour identifier les composés volatils dans les gousses de vanille (*V. planifolia* G. Jackson) originaires de Mexique (HASSAN et al., 2016). 81 composés ont été détectés et 77 ont pu être identifiés. Il s'agit de 21 dérivés de shikimate, 14 terpènes, 12 dérivés de furane, 6 esters, 7 acides, 4 cétones, 5 aldéhydes, 4 hydrocarbures, 3 alcools and 1 pyrrole. Parmi ces constituants, 31 ont été reportés comme composés aromatiques les gousses préparées de *V. planifolia* et de *V. tahitensis* et 11 composés aromatiques n'ont pas encore été cités dans les gousses de vanille.

Dans un objectif d'identifier une gamme diversifiée de vanille Réunionnaise, une étude préliminaire a été effectuée dans le but d'identifier, selon le terroir, des marqueurs de composés volatils contenus dans le bouquet aromatique de la gousse commerciale (IDOUMBIN et al., 2012). Une soixantaine de produits volatils ont pu être séparés par la GC et 28 composés majeurs identifiés par MS/MS. Les résultats obtenus ont montré que les échantillons des trois zones de culture de La Réunion étaient différents. Les teneurs en vanilline et en guaiacol par leur variabilité ont permis de différencier les gousses de ces zones de production différentes. La composition des gousses obtenues en culture en sous-bois a aussi pu être différenciée de celles cultivées sous ombrière.

Certains constituants des gousses de vanille peuvent être considérés « marqueurs » de l'origine de la gousse de vanille et même de sa qualité ou de son mode de culture ou du mode de préparation.

2. Matériels & méthodes

Les échantillons

L'étude s'est effectuée sur un total de 21 échantillons dont 17 provenant de quatre zones de production de Madagascar et 4 des trois zones de production de La Réunion.

Tous les échantillons sont issus de la récolte 2012.

A noter que pour les vanilles de La Réunion, seuls deux facteurs varient : la zone de culture et l'utilisation d'ombrière ou non pour la culture du vanillier. L'espèce de vanille utilisée ainsi que les méthodes de traitements sont les mêmes.

Tandis que pour les vanilles de Madagascar, les facteurs de variabilité sont les suivants :

- *Zone de production* (climat, pluviométrie, type de sol ...);
- *Techniques culturales* (utilisation ou non de fertilisants, utilisation d'ombrières, calendrier cultural ...);
- *Méthodes de préparation* (durée de l'échaudage, méthodes de séchage, méthode de conditionnement ...).

Le tableau suivant met en évidence les différents échantillons pour l'analyse GC-MS.

Code échantillon	Qualité – caractéristiques	Année de récolte	Origine
M1/2013/01	Non fendues rouges, sèches	2013	Sambirano

M1/2013/02	Fendues rouges	2013	Mandrtsara
M1/2013/03	Non fendues TK	2013	Sambirano
M1/2013/04	Non fendues rouges	2013	Mandrtsara
M1/2013/05	Non fendues TK	2013	Mandrtsara
TOTAL (M1)			5
M2/2013/01	Mélange de non fendues rouges et noires	2013	Antalaha
M2/2013/02	Non fendues noires	2013	Antalaha
M2/2013/04	Non fendues noires	2013	Sambava
M2/2013/05	Non fendues noires	2013	Antalaha
M2/2013/06	Noires non fendues	2013	Andapa
TOTAL (M2)			5
Code échantillon	Qualité - caractéristiques	Année de récolte	Origine
M3/2013/01	Noires non fendues	2013	Analajirofo
M3/2013/02	NFN	2013	Mananara
M3/2013/03	Rouges et noires, fendues et non fendues	2013	Soanierana Ivongo
M3/2013/04	Rouges et noires, fendues et non fendues	2013	Vavatenina
M3/2013/05	Rouges et noires, fendues et non fendues	2013	Fenerive Est
TOTAL (M3)			5
M4/2013/01	Noires non fendues	2013	Mananjary
M4/2013/02	Très secs mais souples - Noires NF	2013	Manakara
TOTAL (M4)			2
R1/2013/01	Noires non fendues	2013	Ste Suzanne
R1/2013/02 (SO)	Non fendues	2013	Ste Suzanne (Sous ombrière)
R2/2013/04	Non fendues	2013	Ste Rose
R3/2013/05	Non fendues	2013	St Philippe
TOTAL (R)			4
TOTAL (Tous les échantillons)			21

- L'analyse en GC-MS

Préalablement à l'analyse par GC-MS, la préparation des gousses de vanille est la suivante :

- Prise de trois gousses de vanilles représentatives du lot considéré ;
- Découpage à 2 cm des extrémités ;
- Le milieu a été découpé en très petits morceaux et mélangé de manière homogène ;
- L'analyse a été répétée deux fois sur un même échantillon pour vérifier la répétabilité.

L'extraction ainsi que les identifications des composés volatils des échantillons de gousses de vanille ont été réalisées en utilisant la méthode Headspace couplée à la GC-MS/MS (PEREZ SILVA *et al.*, 2006 ; DE JAGER *et al.*, 2008). Après incubation à 85°C pendant 10 min. sous agitation, un volume gazeux de 1mL est prélevé et injecté en GC-MS/MS en mode splitless. La programmation de températures est la suivante: 60°C à 160°C (2°C/min.). La colonne utilisée est une ZB-5ms phenomenex (95 % apolaire et 5 % polaire) dont les dimensions sont les suivantes : 30 m (longueur) x 0,25 mm (diamètre interne) x 0,25 µm (épaisseur). La détection est effectuée par un spectromètre de masse avec trappe d'ion, cela en balayage Full Scan.

- Méthode d'exploitation des résultats

Après l'obtention des chromatogrammes, les premières tentatives d'identification ont été effectuées sur le logiciel intégré de traitement des chromatogrammes Openchrom (www.openchrom.net) : Il s'agissait de:

*Détection des pics

*Intégration des aires

Le calcul du pourcentage (proportion) pour chaque pic détecté a été effectué à partir de l'Indice de Kovats ainsi que l'indice d'ester en tenant compte des esters et alcanes de référence. L'Indice de Kovats pour chaque constituant est calculé de la manière suivante :

$$IK_x = I1 + \left(\frac{T_x - T1}{T2 - T1} \right) * 100$$

où I1 est l'indice de Kovats de l'alcane précédent le composé x, T1 et T2 les temps de rétention des alcanes encadrant le composé x.

Les indices de Kovats et Indices d'ester obtenus ont été utilisés pour déterminer un certains nombres de composés via flavornet. Un intervalle de plus et moins 100 a été utilisé pour déterminer une liste de composés possibles autant par l'Indice de Kovats que par l'indice d'ester (www.flavornet.org).

Ces deux listes de composés (sur FlavorNet et sur openchrom) ont été croisées et ont été retenus les composés qui apparaissent à la fois dans les deux listes (obtention de 5 à 20 composés).

Pour procéder à une élimination des composés et pour restreindre au maximum la liste obtenue de FlavorNet, ont été effectuées :

- Une comparaison des valeurs obtenues avec celles obtenues de la littérature (comparaison des IK et IE sur les mêmes colonnes) (ADEDEJI, 1993 ; BONHSACK, 1971 ; BLACK, 2005 (*V. tahitensis*) ; BUNSHCWIG, 2009 (*V. tahitensis*), DE ROVIRA, 2007 ; DIGNUM, 2002 ; GALEA, 2015 (*V. pompona*) ; GATFIELD, 2007 ; HASSAN *et al.*, 2016 ; KANISAWA, 1993 ; KLIMES et LAMPARSKY, 1976 ; KRISHNA, 2003 ; PEREZ-SILVA, 2006a ; SCHARRER, 2002a ; SHIOTA, 1975 ; TOTH, 2012 ; VIDAL, 1989 ; WERKHOFF, 1996 ; ZHANG *et al.*, 2012).
- Une comparaison selon quelques bases de données :
 - *NIST 08 – AMDIS 32/lib/NISTTW.
 - *NIST 05 – AMDIS 32/lib/Perkin-Elmer_2013_Apolar.
- Une comparaison avec les pics traités par le logiciel :
 - NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library (NIST 08) and NIST Mass Spectral Search Program (Version 2.0f) –AMDIS 2.71.

Une comparaison des spectres sur les bibliothèques de ADAMS (2001) ou du site internet de NIST (www.nist.gov).

3. Résultats et discussions

Plus d'une centaine de pics ont été détectés pour beaucoup d'échantillons, une élimination s'est donc avérée nécessaire pour restreindre ce nombre. Une élimination des pics dont le pourcentage est inférieur à 0,5 % du total en composés volatils (TCV).

Ont donc été retenus :

- Pour les vanilles de La Réunion : 36 pics à identifier ;
- Pour les vanilles de Madagascar : 43 pics à identifier.

Pour les vanilles toutes origines confondues, il y a 61 pics à identifier au total.

Au terme des identifications, 37 constitués ont pu être identifiés :

Cps	TR	Nom du composé	N°CAS	IK Exp	IK Theo	Vanilles Mada	Vanilles Réunion
Cps 8	3,30	Isovaleraldéhyde	590-86-3	637	618		
Cps 9	3,54	Furan-2-ethyl	3208-16-0	664	703		
Cps 11	3,81	3-hepten-1-ol, acetate	1576-78-9	693			
Cps 12	3,90	3-méthyl-1-butanol	123-51-3	695	736		
Cps 13	4,31	Toluene	108-88-3	750	773		
Cps 16	4,61	2-Methylbuten-3-ol	115-18-4	773			
Cps 17	4,79	2-hexen-1-ol	928-95-0	777	741		
Cps 18	6,32	Hexanol	111-27-3	867	851		

Cps 20	6,92	Styrene	100-42-5	892	893		
Cps 21	8,32	α -pinene	232-087-8	932	939		
Cps 23	9,86	Phenol	108-95-2	972	980		
Cps 25	10,50	Furan-2-pentyl	3777-69-3	988	994		
Cps 26	11,12	(Z)-3-hexenyl acetate	3681-71-8	1003	1001		
Cps 27	13,15	Phenylethanal	122-78-1	1041	1049		
Cps 28	14,57	p-cresol	106-44-5	1068	1075		
Cps 29	15,23	Guaiacol<ortho>	90-05-1	1081	1089		
Cps 30	16,47	Nonanal	124-19-6	1104	1104		
Cps 31	16,96	3-terpinen-1-ol	586-82-3	1112	1137		
Cps 33	21,36	4-methylguaiacol	93-51-6	1184	1171		
Cps 34	21,59	Methyl Salicylate	119-36-8	1187	1172		
Cps 37	31,41	α -copaene	3856-25-5	1342	1377		
Cps 38	31,66	Eugénol	97-5-3-0	1346	1364		
Cps 39	33,13	Terpinyl acetate ?	80-26-2	1370	1352		
Cps 40	33,70	Methyl cinnamate	103-26-4	1379	1379		
Cps 41	34,17	Vanilline	121-33-5	1387	1410		
Cps 42	35,55	(E)- α -bergamotene?	13474-59-4	1409	1431		
Cps 43	35,79	Isocaryophyllene	13877-93-5	1413	1438		
Cps 45	37,96	α -guaiene	3691-12-1	1448	1453		
Cps 46	39,00	γ -muurolene	30021-74-0	1466	1475		
Cps 47	39,19	β -caryophyllene (E)	87-44-5	1469	1467		
Cps 49	40,13	Germacrene D	37839-63-7	1484	1487		
Cps 50	40,63	β -bisabolene	495-61-4	1493	1498		
Cps 51	41,79	δ -cadinene	483-76-1	1523	1519		
Cps 52	41,94	Calamenene	483-77-2	1515	1523		
Cps 53	42,69	Germacrene B	15423-57-1	1528	1562		
Cps 56	47,99	α -cubebene	17699-14-8	1620	1345		
Cps 57	48,83	(-)cubenol	17699-14-8	1636	1645		

En ce qui concerne, les différentes classes de constituants, la répartition est la suivante :

	Vanilles de Madagascar	Vanilles de La Réunion
Moyenne Hydrocarbures	0,26%	17,65%
Moyenne Alcools	6,43%	5,09%
Moyenne Esters	3,52%	2,13%
Moyenne Phénols	26,58%	20,99%
Moyenne composés hétérocycliques	9,33%	4,05%
Moyenne Aldéhydes	46,47%	45,56%

Plus particulièrement, pour les vanilles de Madagascar, le tableau suivant met en évidence la répartition des différents constituants selon les différentes régions.

Noms	RT	%Moy	IK moy	Sambirano	SAVA	Atsinanana	V7V
Isovaleraldehyde	3,30	8,13	636,33				
Furan-2-ethyl	3,55	3,77	664,87				
3-hepten-1-ol, acetate	3,80	3,80	692,88				
3-methyl-1-butanol	3,90	4,97	703,68				
Toluene	4,31	0,35	750,37				
2-methylbuten-3-ol	4,61	0,85	783,94				
2-hexen-1-ol	4,79	4,49	801,32				
Hexanol	6,32	0,63	866,61				
Styrene	6,92	1,12	892,32				
Phenol	9,85	0,94	971,36				
Furan-2-pentyl	10,51	7,98	988,41				
(Z)-3-hexenyl acetate	11,12	0,38	1003,23				
Phenylethanal	13,15	0,43	1041,53				
p-cresol	14,59	0,64	1068,60				
Guaiacol<ortho>	15,26	22,96	1081,32				
Nonanal	16,47	1,66	1103,63				
3-terpine-1-ol	16,96	0,78	1111,58				
4-methylguaiacol	21,37	10,14	1183,73				
Methyl salicylate	23,60	0,66	1219,38				
Eugénol	31,66	3,12	1346,40				
Terpinyl acetate ?	33,16	1,28	1370,43				
Methyl cinnamate	33,68	3,41	1378,70				
Vanilline	34,19	36,25	1386,83				
(E)-α-bergamotene ?	35,55	0,43	1408,95				
Isocaryophyllene	35,79	0,49	1412,76				
β-bisabolene	40,63	0,26	1492,93				
δ-cadinene	40,81	0,16	1512,66	1412,76			

4. Conclusion

Les résultats obtenus montrent que d'une zone de production à une autre mais surtout d'un pays de production à un autre, la composition aromatique des gousses de vanille est très variable. En effet, certains constituants peuvent être propres aussi bien à une zone de production qu'à un pays. Cette composition dépend surtout de la méthode de préparation, du terroir et du mode de culture. Cependant, d'autres facteurs peuvent être en jeu comme le stade de maturité lors de la récolte, le mode de conservation ...

Les constatations sur l'influence du mode de culture qui intervient dans la composition chimique des gousses sont vérifiées (IDOUMBIN, 2012) surtout pour les vanilles de La Réunion qui ont été préparées de la même manière de façon traditionnelle mais qui seul, le mode de culture constitue la différence.

Le mode de préparation peut aussi avoir une influence sur la composition chimique des gousses car par exemple, plusieurs échantillons de Madagascar qui ont été cultivés dans une même région mais avec des préparateurs différents présentent de forte variabilité d'un point de vue aromatique.

En classant les constituants en 6 grandes classes, des différenciations entre les vanilles de La Réunion et de Madagascar ont pu être effectuées. Les vanilles de Madagascar sont constituées par des teneurs en phénols et en composés hétérocycliques plus élevées que celles des vanilles de La Réunion.

Le profil aromatique des vanilles de Madagascar diffère aussi des vanilles de La Réunion en ce qui concerne la composition en sesquiterpènes qui est élevée pour les vanilles de La Réunion. Parmi les échantillons de La Réunion, l'échantillon qui a été cultivé sous ombrière montre un profil aromatique très différent de celui des échantillons de La Réunion cultivés en sous-bois, il est très riche en sesquiterpènes (environ 55 % des CVT). Par exemple, la teneur en δ-cadinene est 149 fois plus élevée par rapport à moyenne de ce constituant pour les vanilles de Madagascar et même au sein des échantillons de La Réunion, cette valeur est encore très élevée.

5. Références bibliographiques

- RAMAROSON RAONIZAFINIMANANA B., (1988) Composition Chimique de la fraction lipidique des gousses de trois espèces du genre *vanilla*, PhD diss., Faculté des Sciences et techniques de St-Jérôme, Aix-Marseille, France.
- BRUNSCHWIG C. (2009), Contribution à la caractérisation phytochimique et sensorielle de la vanille de Tahiti (*Vanilla tahitensis*), 232p. Thèse de Doctorat en Science de l'Université de la Polynésie française, spécialité Chimie Moléculaire.
- BRUNSCHWIG, C., COLLARD, F.C., BIANCHINI, J-P., RAHARILOMANANA, P. (2009). Evaluation of chemical variability of cured vanilla beans (*Vanilla tahitensis* and *Vanilla planifolia*). Natural product communications, 4 (10), 1393-1400.
- WERKHOFF, P., & GÜNTERT, M. (1997). Identification of some ester compounds in Bourbon vanilla beans. LWT-Food Science and Technology, 30(4), 429-431.
- GALETTA, W. G., & HOFFMAN, P. G. (1978). Some benzyl ethers present in the extract of vanilla (*Vanilla planifolia*). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 26(1), 195-197.
- SCHARRER, A., & MOSANDI, A. (2002). Progress in the authenticity assessment of vanilla. 2. δ13CV-PDB correlations and methodical optimisations. Deutsche Lebensmittel-Rundschau, 98(4), 117-121.
- IDOUMBIN J.P., KODJA H., CÔME B., CHANE-MING J.- 2012- Etude des composés volatiles de la gousse noire de la vanille par la méthode headspace statique couplée à la GC-MS/MS : mise en évidence d'une relation terroir/mode de culture/bouquet aromatique. VII Congrès du CIPAM, 6-9 Novembre Saint-Denis La Réunion.
- PEREZ-SILVA, A., ODOUX, E., BRAT, P., RIBEYRE, F., RODRIGUEZ-JIMENES, G., ROBLES-OLVERA, V., GARCIA-ALVARADO, M.A. & GÜNTART, Z. (2006). GC-MS and GC-olfactometry analysis of aroma compounds in a representative organic aroma extract from cured vanilla («*Vanilla planifolia*» G. Jackson) beans. Food chemistry, 99(4), 728-735.
- KLIMES, I., LAMPARSKY, D. (1976) Vanilla volatiles - comprehensive analysis. Int Flavours food Additives.;7, 272-291.
- SINHA, A. K., SHARMA, U. K., & SHARMA, N. (2008). A comprehensive review on vanilla flavor: extraction, isolation and quantification of vanillin and others constituents. International journal of food sciences and nutrition, 59(4), 299-326.
- TOTH, S. J. (2012). Comparison and integration of analytical methods for the characterization of vanilla chemistry (Doctoral dissertation, Rutgers University-Graduate School-New Brunswick).
- TOTH, S., LEE, K. J., HAVKIN-FRENKEL, D., BELANGER, F. C., & HARTMAN, T. G. (2010). 11 Volatile Compounds in Vanilla. Handbook of vanilla science and technology, 183-219.
- ZHANG, C., LI, X., LIAN, L., CHEN, Q., ABDULMALIK, O., VASSILEV, V., LAI, CS.& ASAKURA, T. (2004). Anti-sickling effect of MX-1520, a prodrug of vanillin: an in vivo study using rodents. British journal of haematology, 125(6), 788-795.
- ZHANG, S., & MUELLER, C. (2012). Comparative Analysis of Volatiles in Traditionally Cured Bourbon and Ugandan Vanilla Bean (*Vanilla planifolia*) Extracts. Journal of agricultural and food chemistry, 60(42), 10433-10444.
- GALEAS, M. D. P. (2015). Gas chromatography-mass spectrometry and gas chromatography-olfactometry analysis of aroma compounds of *vanilla pompona* schiede (Doctoral dissertation, Rutgers University-Graduate School-New Brunswick).
- HASSAN, S., ARACELI, P. S., DENIS, B., DE LOS ÁNGELES, V. V. M., MAYRA, N. G., & DELFINO, R. L. (2016). Identification of volatile compounds in cured Mexican vanilla (*Vanilla planifolia* G. Jackson)

- beans using headspace solid-phase microextraction with gas chromatography-mass spectrometry. *Fruits*, 71(6), 407-418.
- ADEDEJI, J., HARTMAN, T. G., & CHI-TANG, H. O. (1993). Flavor characterization of different varieties of vanilla beans. *Perfumer & flavorist*, 18(2), 25-33.
- GATFIELD, I., HILMER, J. M., WEBER, B., HAMMERSCHMIDT, F., REISS, I., POUTOT, G., BERTRAM, H., & MEIER, D. (2007). Raw materials: Chemical and biochemical changes occurring during the traditional madagascan vanilla curing process effects on the sensory qualities of cured beans. *Perfumer & flavorist*, 32(7).
- KANISAWA, T. (1993). Flavor development in vanilla beans. *Kouryou*, 180(5), 113-123.
- KRISHNA, KUMAR, V., BINDUMOL, G. P., POTTY, S. N., & GOVINDARAJU, C. (2011). Processing of vanilla (*Vanilla planifolia* Andrews) beans-Influence of storing fresh beans, killing temperature and duration of killing on quality parameters. *Journal of Spices and Aromatic Crops*, 16(1).
- VIDAL, J. P., FORT, J. J., GAULTIER, P., & RICHARD, H. (1989). Vanilla aroma extraction by dense carbon dioxide. *Sciences des Aliments* (France).
- WERKHOFF, P., & GÜNTERT, M. (1997). Identification of some ester compounds in Bourbon vanilla beans. *LWT-Food Science and Technology*, 30(4), 429-431.
- ZHANG, C., LI, X., LIAN, L., CHEN, Q., ABDULMALIK, O., VASSILEV, V., LAI, CS.& ASAKURA, T. (2004). Anti-sickling effect of MX-1520, a prodrug of vanillin: an in vivo study using rodents. *British journal of haematology*, 125(6), 788-795.
- ZHANG, S., & MUELLER, C. (2012). Comparative Analysis of Volatiles in Traditionally Cured Bourbon and Ugandan Vanilla Bean (*Vanilla planifolia*) Extracts. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(42), 10433-10444.

36. L'utilisation des plantes dans la prise en charge bucco-dentaire : développement social en santé

RANJARISOA Lala Nirina*, RANDRIANARIVONY J*, RAZANAMIHAJA N*, RAFATRO H**

*École Doctorale Nutrition-Environnement-Santé (EDNES) / Université de Mahajanga

**Laboratoire d'Evaluation Pharmaco-Clinique (LEPC) / IMRA Fondation Albert et Suzanne Rakoto-Ratsimamanga

Résumé

Selon l'OMS, la biodiversité (écosystème) est essentielle pour la vie quotidienne et la santé. Une bonne santé est nécessaire pour une bonne productivité. Les impacts négatifs des maladies bucco-dentaires sur la qualité de vie journalière sont bien documentés. Les douleurs et complications infectieuses qu'elles engendrent sont causes d'absentéismes au travail et ainsi entravent la productivité. La prise en charge précoce de ces pathologies est vivement recommandée. Mais, pour les populations rurales qui n'ont pas accès aux soins dentaires, il est primordial de se tourner vers d'autres solutions. Il est connu que Madagascar regorge de plantes médicinales. Toutefois, très peu d'études ont été menées sur les plantes utilisées par la population pour atténuer les douleurs bucco-dentaires.

L'objectif de cette étude transversale était de recueillir des informations sur les plantes les plus utilisées par la population dans la province de Mahajanga à cet effet.

Méthodologie

Une enquête ethnobotanique concernant l'utilisation de plantes en santé buccale était réalisée en 2012. Un échantillonnage par grappes à trois niveaux a été appliqué lors du choix des sites d'étude. Les répondants étaient composés de chefs de ménage. Ont été recueillis à partir d'un questionnaire semi-structuré: le nom des plantes, la partie utilisée, le mode de préparation et d'administration.

L'analyse des données a été réalisée avec le logiciel SPSS 20.0.

« L'Informant Consensus Factor » ou ICF et le « Fidelity level » ou FL étaient calculés pour identifier les informations et les plantes les plus utilisées.

Les résultats ont révélé que 93% des interviewés avaient eu recours à des plantes pour calmer les douleurs bucco-dentaires ce qui montre que c'est un problème de santé publique. Environ 63 espèces de plantes ont été rapportées et reconnues scientifiquement pour les caries dont *Cajanus cajan* (L.) Millsp qui était le plus utilisé, en feuilles pilées, placées dans la cavité carieuse et le soin dure environ 5 jours. L'ICF était de 0,83 pour les caries dentaires et de 0,81 pour les parodontopathies.

Conclusion : Cette diversité de plantes utilisées pour les maladies bucco-dentaires est d'une grande importance pour la recherche en pharmacologie.

Mots clés : plantes médicinales, prise en charge bucco-dentaire, ICF, FL, Madagascar

Introduction

Justifications :

Selon l'OMS, la biodiversité (écosystème) est essentielle pour la vie quotidienne et la santé. Une bonne santé est nécessaire pour une bonne productivité. Les impacts négatifs des maladies bucco-dentaires sur la qualité de vie journalière sont bien documentés. Les douleurs et complications infectieuses qu'elles engendrent sont causes d'absentéismes au travail et ainsi entravent la productivité. La prise en charge précoce de ces pathologies est vivement recommandée. Mais, pour les populations rurales qui n'ont pas accès aux soins dentaires, il est primordial de se tourner vers d'autres solutions. Il est connu que Madagascar regorge de plantes médicinales. Toutefois, très peu d'études ont été menées sur les plantes utilisées par la population pour atténuer les douleurs bucco-dentaires.

L'objectif de cette étude transversale était de recueillir des informations sur les plantes les plus utilisées par la population dans la province de Mahajanga à cet effet.

Méthodologie

- Lieu et période d'étude

L'enquête a eu lieu dans les 4 régions de Mahajanga. L'étude s'était déroulée d'Août 2012 à Mars 2013

- Type d'étude

Il s'agit d'une étude transversale descriptive

- Population d'étude

L'enquête-interview a été menée chez les chefs de famille et adultes de 18 ans et plus.

- Nombre d'individus

Cette étude a été réalisée chez 446 individus.

- Analyse des données

Le logiciel SPSS 20.0 a été utilisé pour la saisie et l'analyse des données. Les indices Informant Consensus Factor (ICF) et Fidelity level (FL) étaient utilisés selon, respectivement, les formules suivantes :

$ICF = N_{ur} - N_t / N_{ur} - 1$ avec N_{ur} = nombre de citation de chaque catégorie de maladie,

N_t = nombre total des plantes utilisées pour cette maladie

$FL = N_p / N \times 100$ avec N_p = nombre d'informateurs qui clament l'utilisation d'une espèce de plante pour traiter une maladie particulière, N = nombre d'informateurs qui utilisent les plantes comme médicaments pour soigner une maladie donnée.

RÉSULTATS

Parmi les participants, les femmes étaient plus nombreuses que les hommes (54,50% contre 45,50%) avec un sexe ratio de 1,2.

Environ 72% d'entre eux se trouvaient dans la tranche d'âge ≥ 18 ans et < 44 ans. Près de 81% étaient des agriculteurs. La satisfaction après utilisation des plantes a été de 69% chez tous les individus.

Près de 93% des interviewés avaient utilisé les plantes pour la carie dentaire.

En tout, 73 espèces de plantes ont été répertoriées dont 65 ont été identifiées scientifiquement. Parmi ces 65 espèces identifiées, 63 étaient reconnues pour leur rôle dans le traitement de la carie dentaire. Dans cette étude, la famille des Fabaceae a été la plus nombreuse (au nombre de 10) dont fait partie *Cajanus cajan* Millsp. La partie de plante la plus utilisée était la feuille. Les feuilles pilées ont été mises dans la cavité carieuse et le soin durait environ 5 jours d'après les utilisateurs.

Pour *Cajanus cajan* Millsp, l'ICF était de 0.83 pour la carie dentaire et de 0.81 pour la parodontopathie tandis que le FL était de 21,2% (carie) et de 37,8% pour la parodontopathie.

Discussion

L'insécurité a été l'une des limites de notre étude car elle a empêché la conduite de l'enquête dans un « Fokontany » prévu dans le protocole. Un autre lieu a été choisi pour le remplacer.

La tranche d'âge des répondants, entre 18 et 44 ans s'inscrit à l'âge de pleine productivité. Et si une douleur survient pendant cette période, celle-ci pourrait entraîner des absentéismes au travail, causes de freins de productivité. En outre, la majorité était des agriculteurs qui travaillent dur pour accomplir leur tâche quotidienne qu'une douleur dentaire pourrait gêner. Pour y remédier, l'utilisation des plantes a été l'une des alternatives que les individus en milieu rural ont trouvée. Parmi eux, près de deux tiers avait rapporté une satisfaction montrée par le soulagement de la douleur après leur

utilisation. Parmi les 73 plantes répertoriées, 65 espèces de plantes ont été identifiées avec leur nom scientifique et beaucoup ont été prouvées avoir été utilisées pour les problèmes bucco-dentaires dans d'autres pays. Parmi ces plantes, 63 d'entre elles (97%) étaient destinées pour la douleur dentaire. Ces 63 espèces de plantes trouvées et identifiées montrent une marque de richesse en plantes médicinales à Mahajanga, comparée à l'étude de Kala à l'Est de l'Himalaya en 2005 où 158 plantes ont été recensées mais 3 seulement étaient destinées à cette pathologie.

La famille des Fabaceae a été la plus utilisée dont *Cajanus cajan* Millsp. Il a été rapporté par Saxena et al en 2010 et Sharma et al en 2011 que cette plante est riche en termes de nutrition car elle contient de l'amidon, des protéines, du calcium, du manganèse, des fibres brutes, des lipides, des oligo-éléments et des minéraux. Ce sont les plantes de ce genre qui sont favorables à la population dans les pays en développement comme alimentation. La présence du calcium, des oligo-éléments et des minéraux est aussi importante pour la santé des dents. Dans cette enquête, les feuilles crues pilées ont été les plus utilisées laissant agir directement et efficacement les molécules actives sur la partie malade de la muqueuse buccale ou de la dent. La concordance des réponses des utilisateurs de plantes est élevée aussi bien pour la carie dentaire que pour la parodontopathie avoisinant les 0.80. Le FL pour *Cajanus cajan* Millsp était le plus élevé parmi le FL de toutes les autres plantes utilisées sur les deux pathologies. Ceci montre l'intérêt de cette plante dans la prise en charge des pathologies bucco-dentaires. La recherche pharmacologique de cette plante ainsi que celle des autres serait d'une grande importance dans l'innovation des remèdes traditionnels améliorés.

Conclusion

Cette diversité de plantes utilisées pour les maladies bucco-dentaires offre une grande opportunité pour la recherche en pharmacologie pour aider la population en difficulté financière, notamment dans les pays en développement.

Références

- Kala CP. *Ethnomedicinal botany of the Apatani in the Eastern Himalayan region of India*. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine; 2005; 1:11 doi:10.1186/1746-4269-1-11
- SaxenaKB, KumarRV, SultanaR. *Quality nutrition through pigeonpea—a review*. Health. 2010 .2(11), 1335-1344 doi : 10.4236 / health.2010.211199 - <http://www.scirp.org/journal/HEALTH>
- S. Sharma, N. Agarwal, P. Verma. *Pigeon pea (CajanuscajanL.): A Hidden Treasure of Regime Nutrition*, Journal of Functional and Environmental Botany, 2011, 91-101
- L N Ranjarisoa , N Razanamihaja , H Rafatro. *Use of plants in oral health care by the population of Mahajanga, Madagascar*. Journal of Ethnopharmacology, 2016; 193:179–194

ANNEXE : FIGURES DES RÉSULTATS

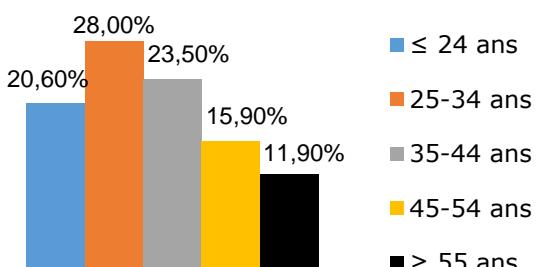


Figure 1 : Répartition des individus selon les tranches d'âge

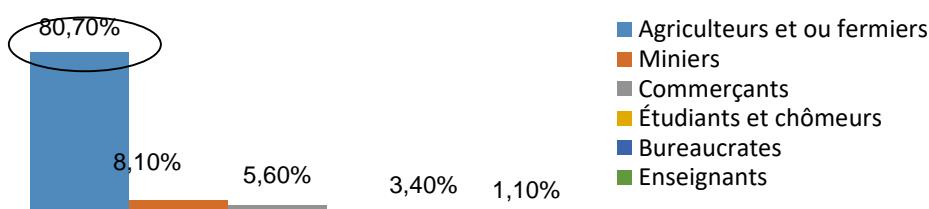


Figure 2 : Répartition des enquêtés selon leur profession

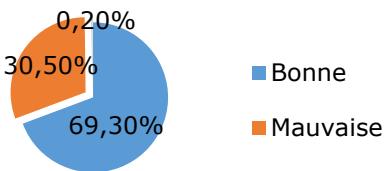


Figure 3: Répartition de la population d'étude selon la satisfaction des individus après utilisation des plantes

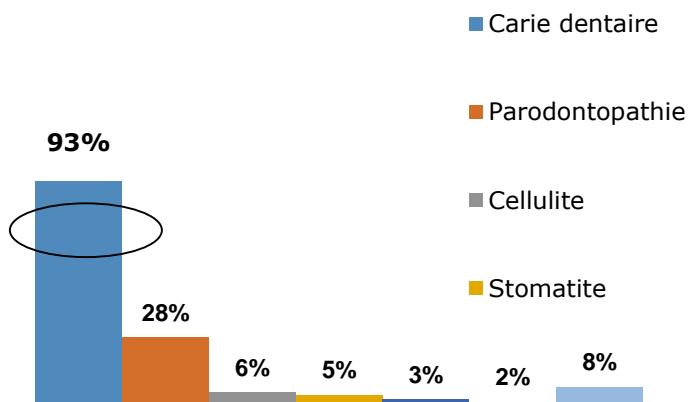


Figure 4 : Répartition de la population d'étude sur l'utilisation des plantes médicinales pour chaque pathologie bucco-dentaire

37. Etude de l'activité antiplasmodiale des extraits et des produits isolés de la partie aérienne d'*Helichrysum gymnocephalum* Humbert (Asteraceae)

Hasina Rianatiana Ranaivoarisoa^a, Lalasoa Ranarivelox^a, Henintsoa Rakotoarivelox^c, Jesuka R. Rasolofomanana^a, Stephan Rakotonandrasana^a, Rivoarison Randrianasolo^b, Sylvia Ralambonirina^a, Michel Ratsimbason^a, **Faliarivony RANDRIAMIALINORO^{A*}**.

^aCentre National d'Application de Recherches Pharmaceutiques, Antananarivo,

^bParcours Chimie Biologie, Mention Chimie, Domaine Sciences et Technologies, Université d'Antananarivo,

^cLaboratoire de Chimie Organique de Spectrométrie de Masse, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo

Résumé

Helichrysum gymnocephalum est une plante endémique de Madagascar, très connue en médecine traditionnelle. Elle a plusieurs vertus comme cicatrisante, fébrifuge, antitussive et aphrodisiaque. Elle est également utilisée pour traiter l'albumine, l'asphyxie et les maladies cardiaques.

Le présent travail repose sur la valorisation scientifique de la médecine traditionnelle et porte sur l'évaluation de l'activité antiplasmodiale d'extrait de *H. gymnocephalum* ainsi qu'à l'isolation et à la purification de la fraction active dichlorométhane.

Une extraction brute sur la poudre végétale a été effectuée par macération dans l'éthanol. L'extrait a ensuite été fractionné par partage liquide-liquide. La fraction dichlorométhane a été purifiée par chromatographie sur colonne de silice suivie de chromatographie sur couche mince (CCM) préparative.

L'activité antiplasmodiale a été évaluée par la méthode de SYBR Green I sur *Plasmodium falciparum* FCM 29, une souche résistante à la chloroquine.

A partir de 300 g de poudre végétale, 42,51 g d'extrait brut ont été obtenus. La fraction dichlorométhane est la plus active avec une IC₅₀ de 8,81 µg/mL. La purification de cette fraction a fourni vingt sous-fractions dont deux produits de profil mono tâche avec des IC₅₀ respectives de

19 μ g/mL et 19,63 μ g/mL. D'autres sous-fractions ont été soumises à des chromatographies et ont donné six autres produits isolés avec des IC₅₀ inférieures à 20 μ g/mL. Des analyses spectrales sont prévues pour la détermination structurale de ces molécules.

Mots clés : *Helichrysum gymnocephalum*, endémique, fractionnement, isolement, antiplasmodial.

Introduction

Les Asteraceae sont composées de plus de 22 700 espèces cosmopolites dans le monde [Mabberley. 2000]. A Madagascar, parmi les 540 espèces existantes, 88 % sont endémiques [Callmander et al. 2011]. *Helichrysum*, un important genre de cette famille, comprend environ 600 espèces provenant des régions chaudes, en particulier en Europe et en Afrique [Mabberley. 2000]. A Madagascar, ce genre compte actuellement 112 espèces, toutes natives, dont 98,2 % sont propres à l'île [Gautier et al. 2013] parmi laquelle figure *Helichrysum gymnocephalum* (DC.) Humbert. Cette plante est connue localement sous le nom de Rambiazinavavy. Selon la description de Humbert (1962), c'est un arbuste pouvant atteindre jusqu'à 4 m de hauteur. Les rameaux ultimes sont couverts d'un tomentum aranéen blanchâtre et très fin.

Les feuilles sont lancéolées et longuement atténues vers la base en pétioles courts, non ailées dans sa partie inférieure, couvertes sur les deux faces d'un tomentum aranéen. Les fleurs sont petites et groupées en inflorescences composées. Les fruits sont des akènes papilleux. La floraison s'étale de Février à Mai. La plante pousse sur les sols ferrallitiques sur roches siliceuses de la région centrale de Madagascar, dans les formations végétales rocheuses et secondaires au-dessus de 800m d'altitude. C'est une plante très utilisée localement. Les utilisations dans la littérature sont très diverses. On la trouve vendue chez les marchands de plantes médicinales [Miarisoa. 2012, Randriamiharo. 2012]. L'enquête menée par ces auteurs montre que la décoction des feuilles est fébrifuge et aphrodisiaque; elle permet de soigner l'albumine, la toux. Elle permet également de traiter les maladies cardiaques et l'asphyxie. Elle est aussi réputée cicatrisante [Miarisoa. 2012, Randriamiharo. 2012]. Le présent travail repose sur la valorisation scientifique de la médecine traditionnelle et porte cette fois-ci sur l'évaluation de l'activité antiplasmodiale d'extrait de *H. gymnocephalum* ainsi qu'à l'isolement et à la purification de la fraction active dichlorométhane.

La présente étude est la suite de nos travaux antérieurs sur cette plante qui ont été publiées dans Afrique Science12(6) (2016) 223 – 232 [Ranarivelo et al., 2016].

Matériels et méthodes

Matériel végétal

Les parties aériennes de *H. gymnocephalum* ont été récoltées à Manjakandriana Antananarivo en Octobre 2014, dans le district de Manjakandriana, de la région Analamanga. Un herbier de référence sous le code HE1076 est déposé à l'Herbarium du CNARP.

Criblage phytochimique

Les criblages phytochimiques de la plante ont été réalisés selon les méthodes de Fong et al. (1977). Les tests sont basés sur la formation de complexe insoluble ou de complexe coloré à partir de poudre de plante ou de l'extrait brut.

Extraction

Les plantes sont séchées, broyées puis macérées dans l'éthanol quatre fois de suite. Les solutions éthanoliques réunies ont été évaporées sous pression réduite pour constituer l'extrait brut.

Fractionnement et isolement

Le fractionnement et l'isolement des produits ont été effectués par partage liquide-liquide de l'extrait brut suivis de chromatographies sur colonne utilisant le gel de silice comme phase stationnaire et des solvants de polarité différente comme phase mobile. Une CCM préparative a été effectuée sur les fractions issues de la colonne. La chromatographie sur couche mince (CCM) a été utilisée pour le suivi des fractionnements.

Test antiplasmodial

Le principe est fondé sur la mesure de la fluorescence de la solution contenant le *Plasmodium falciparum* par ajout d'un fluorophore le SYBR Green I.

Le mélange de 100 μ l de suspension de globules rouges infectés par la souche FCM29 de *P. falciparum* (1% de parasitémie et 2% d'hématocrite dans un milieu RPMI 1640 complété avec 20% de sérum humain), 50 μ l du produit à tester dilué en série et 50 μ l de milieu non enrichi en sérum humain sont répartis dans les 96 trous d'une plaque. La plaque est ensuite incubée dans une atmosphère microaérophile à 37°C pendant 72h.

Un volume de 50 μ l de solution de SYBR Green I (Microprobes, Oregon, États-Unis), dilué 20 fois dans un milieu supplémenté avec du sérum humain, est ajouté dans chaque trou. Les solutions

résultantes sont mélangées et laissées au repos pendant 60 minutes à l'abri de la lumière à 37°C. La fluorescence est lue à 485nm/518nm (Bioteck - Lecteur de microplaques FLX800) après ces 60 minutes d'incubation. Le taux de fluorescence est considéré comme proportionnel à la quantité de *P. falciparum* respective dans chaque puits. Les valeurs d' IC_{50} , les concentrations de médicaments qui réduisent de 50% le taux de fluorescence, donc la croissance, sont ensuite déduites par calcul [Bennett et al. 2004].

Résultats et discussions

Résultats chimiques

Criblage phytochimique

Les résultats du criblage phytochimique sont représentés sur le **tableau 1**.

La plante contient une forte teneur en flavonol, tanins hydrolysables et stérols insaturés. Trois familles chimiques n'ont pas pu être testées car la poudre de *H. gymnocephalum* n'a pas été disponible.

Tableau 1 : Résultats du screening phytochimique.

Familles chimiques	Réactifs de caractérisation	Résultat
Composés phénoliques		
Flavonol	HCl, Mg, Alcool isoamylique	+++
Anthocyane	HCl, NH ₄ OH	+
Leucoanthocyane	HCl à chaud	+
Coumarine	NaOH, lampe U.V. de λ 254 nm et 366 nm	-
Anthracénosides et Hétérosides anthracéniques	HCl, CHCl ₃ , NH ₄ OH	-
Tanins hydrolysables	FeCl ₃	+++
Phénols et Flavanes	Vanilline chlorhydrique	-
Terpénoïdes		
Stérols insaturés	H ₂ SO ₄	+++
Cardénolides	H ₃ PO ₄ , Acide trichloracétique, lampe U.V.	+
Hétérosides desoxy-2 sucres	FeCl ₃ , Acide acétique	-
Iridoides	HCl, Ethanol, Glycérol, CuSO ₄	-
Autre		
Alcaloïdes	KI, I ₂ , HgCl ₂ , Bi(NO ₃) ₃ , Acide tartrique	+

- : absence de la famille chimique

+ : faible coloration ou peu de précipité

++ : Coloration franche ou précipité abondante

+++ : Coloration intense ou flocculation immédiate

Rendement de l'extraction et partage liquide-liquide

L'extrait brut obtenu après macération dans de l'éthanol de la partie aérienne de *H. gymnocephalum* a été évaporé sous vide et le rendement est calculé. Les résultats sont présentés dans le tableau 2

Tableau 2 : Résultats des extractions pour 300g de poudre de plante

					Total	Aspect et couleur
Volume EtOH (mL)	1200	800	800	800	3600	
Masse extrait (g)	21,26	11,62	6,31	3,32	42,51	Pâte vert noir
Rendement (%)	7,09	3,87	2,10	1,11	14,17	

Le résultat du partage liquide-liquide de l'extrait brut éthanolique est rassemblé dans le tableau 3.

Tableau 3 : Rendement du partage liquide-liquide de 10,27g d'extrait brut de *H. gymnocephalum*

Fraction	Masse (g)	Rendement (%)	Aspect et couleur
Hexane	0,52	5,06	Pâte verte
DCM	3,34	32,52	Pâte marron
Aqueuse	6,43	62,51	Pâte marron

Chromatographie sur colonne ouverte de la fraction DCM

3 g de la fraction DCM ont été soumis à un fractionnement sur colonne de gel de silice 60, utilisant les gradients d'éluant Hexane/DCM (100 :0 à 0 :100) et DCM/MeOH (100 :0 à 0 :100). Les fractions présentant les mêmes profils chromatographiques sur CCM ont été rassemblées. 20 fractions notées

F1 à F19 ont été obtenues. Les masses des fractions obtenues sont rassemblées dans le tableau 4. Les fractions F10 et F15 présentent un profil mono tâche sur CCM.

Tableau 4 : Masse des fractions obtenues par chromatographie sur colonne

Fraction	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9a	F9b
M (mg)	0,9	19	157	76,6	57,9	148,9	60,8	68,6	306,8	85,8
Fraction	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19
M (mg)	57,4	350,8	276,1	209	42,9	62,6	67,6	284,1	322,3	85,8

Isolement et Purification de F11 sur CCM préparative.

122,4 mg de F11 a été purifié sur CCM préparative, utilisant le système d'éluant DCM/MeOH (98 : 2). Les résultats sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Masse des produits isolés à partir de F11

Fraction	F11a	F11b	F11c	F11d	F11e	F11f
M (mg)	21,9	12,4	36,1	1,1	3,8	11,6

Résultats antiplasmodiaux

Extraits et fractions

Les résultats du test antiplasmodial de l'extrait et des fractions obtenues par partage liquide-liquide sont présentés dans le **tableau 6**. La fraction dichlorométhane est la plus active avec une IC₅₀ de 8,81 µg/mL.

Tableau 6 : Résultat du test antiplasmodial de l'extrait et des fractions de *H. gynnocephalum*

Extrait/Fraction	Brut	Hexane	DCM	Aqueuse
IC ₅₀ (µg/mL)	39,64	38,35	8,81	46,24

Fractions issues de la chromatographie sur colonne de silice

Les résultats du test des fractions issues de la colonne de silice sont représentés dans le **tableau 7**. F10 et F15 ont chacun une IC₅₀ inférieure à 20 µg/mL.

Tableau 7 : Résultat du test antiplasmodial des fractions issues de la chromatographie sur colonne.

Fraction	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9a	F9b
M(mg)	0,9	19	157	76,6	57,9	148,9	60,8	68,6	306,8	85,8
IC ₅₀ (µg/mL)	NA	NA	45,7	NA	NA	38	23,12	39,98	38,36	23,59
Fraction	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19
M(mg)	57,4	350,8	276,1	209	42,9	62,6	67,6	284,1	322,3	85,8
IC ₅₀ (µg/mL)	19	47,79	10,97	11,8	9,29	19,63	10,83	10,34	24,52	42,61

Produits obtenus par CCM préparative

Les résultats du test antiplasmodial des fractions issues de la CCM préparative sont représentés sur le tableau 8.

Toutes les fractions testées ont une IC₅₀ inférieure à 20 µg/mL.

Tableau 8 : IC₅₀ des produits isolés à partir de F11

Fraction	F11a	F11b	F11c	F11d	F11e	F11f
M (mg)	21,9	12,4	36,1	1,1	3,8	11,6
IC ₅₀ (µg/ml)	4,31	4,91	4,91	3,62	2,14	10,65

Conclusion et Perspectives

L'extrait brut et les fractions de *Helichrysum gymnocephalum* sont dotés d'activité antiplasmodiale. Deux fractions issues de l'extrait dichlorométhane présentent de profil mono tâche sur la plaque CCM et possédant des IC₅₀ inférieure à 20 µg/mL. Six fractions sont obtenues par CCM préparative avec des IC₅₀ inférieures à 20 µg/mL. Quatre produits des 6 obtenues par CCM préparative se présentent en mono tâche sur leur profil CCM. En perspective nous envisageons d'effectuer des analyses spectrales pour déterminer les structures des produits ayant un profil mono tâche en CCM.

Références

Bennett T. N., Paguio M., Gligorijevic B., Seudieu C., Kosar A. D., Davidson E., Roepe P. D. (2004). Novel, Rapid, and Inexpensive Cell-Based Quantification of Antimalarial Drug Efficacy. *Antimicrobial Agent and Chemotherapy* 48(5): 1807-1810.

- Callmander M. W., Phillipson P. B., Schatz G. E., Andriambololonera S., Rabarimanarivo M., Rakotonirina N., Raharimampionona J., Chatelain C., Gautier L. and Lowry P. P. (2011). The endemic and non-endemic vascular flora of Madagascar updated. *Plant Ecology and Evolution*, 144 (2): 121 - 125.
- Fong H.H.S., Tin-Wa M., Farnsworth N.R. (1977). Phytochemical screening. Review University of Illinois, Chicago, 275: 6-7.
- Gautierl., Chatelain C., Callmander M. W. and Phillipson P. B. (2013) Richness, similarity and specificity of Madagascar flora compared with Sub-Saharan Africa. *Plant Ecology and Evolution*, 145 (1): 55 - 64.
- Humbert H. (1962). Compositae. Flore de Madagascar et des Comores. Tome II, 340 - 619.
- Mabberley D. J. (2000). The plant book. A portable dictionary of the plants. 2nd édition. Cambridge University Press, Cambridge.
- Miarisoa R. (2012). Inventaire des plantes médicinales des forêts aux alentours des zones de conservation du projet Ambatovy en vue de leurs valorisations. Mémoire de fin d'études, Université d'Antananarivo, ESSA/Forêt.
- Ranarivelo L. R., Randriamialinoro F., Razafintsalamava E., Rakotonandrasana S., Rakotoarivelo H., Ratsimbason M., Ralambonirina R. S. T.. (2016). Activités antiplasmodiale et antioxydante des extraits de *Helichrysum gymnocephalum* (DC.) Humbert, (Asteraceae). Isolement de la cardamomin . *Afrique Science* 12(6) : 223 - 232.
- Randriamiharisoa M. N., Kuhlman A. R., Jeannoda V., Rabarison H., Rakotoarivelo N., Randrianarivony T., Rakotoarivony F., Randrianasolo A. and Bussmann R. W. (2012). Medicinal plants sold in the markets of Antananarivo, Madagascar. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, DOI 10.1186/s13002-015-0046.

38. Caractérisations, identification des constituants de l'huile essentielle des feuilles de *Calea urticifolia* mill. D. C. (Asteraceae) et travaux biologiques

RAMIARISON Hariliva^{1,2}, RANDRIAMIARAMISAINA Ralinandrianina¹, RAZAKARIVONY Andrianambinina A.¹, RALAMBOMANANA Dimby A.², RAZAFIMAHEFA RAMILISON R. Dorothée¹, ANDRIAMIHAJA Bakolinirina¹, RAZANAMAHEFA Bakonirina V.¹

Laboratoire de chimie appliquée aux substances Naturelles – Université d'Antananarivo

NOMBREUSES SONT LES ESPÈCES VÉGÉTALES AROMATIQUES DE LA FLORE MALGACHE, ENDÉMIQUES OU INTRODUITES, QUI N'AVAIENT PAS ENCORE FAIT L'OBJET D'ÉTUDE SCIENTIFIQUE QUANT AUX HE QUI PEUVENT EN ÊTRE EXTRAITES.

Le présent travail a pour objectif de caractériser l'huile essentielle des feuilles de *Calea urticifolia* Mill. D. C. (Asteraceae) ou Mangidikely, une espèce aromatique introduite, répandue sur les Hauts Plateaux de Madagascar et de réaliser des travaux biologiques permettant de déterminer les possibles activités de cet extrait.

Le criblage phytochimique a permis de déceler les différentes familles chimiques contenues dans la plante. Plusieurs extractions au laboratoire de l'HET des feuilles fraîches par hydrodistillation avec un essencier Clevenger type légère ont permis d'obtenir un rendement moyen entre 0,07% et 0,14%. L'HET a fait l'objet d'une caractérisation organoleptique (aspect, couleur et odeur), caractérisation physique (densité optique, indice de réfraction, polarimétrie et miscibilité à l'éthanol) et caractérisation chimique (indice d'acide, indice d'ester et indice de carbonyle).

Une analyse en CPG/SM -HP 5- a permis de recenser 150 constituants dont 56 HY (74,25 %) et 92 PO (25,75 %). Deux produits B' et C' ont été isolés avec respectivement des taux de pureté de 91% et 100% ; de plus, B' a donné un résultat positif au test antioxydant.

La fraction PO a montré une activité cicatrisante significative.

L'HE exerce une forte activité antibactérienne envers sur les souches à Gram (+) -*S.aureus*, *E. faecalis* et à GRAM (-) -*E. coli*- mais n'inhibe pas la croissance de la souche fongique -*C. albicans* - La culture, l'isolement, la préservation et la fermentation des champignons endophytiques de la feuille ont permis d'obtenir 10 souches fongiques préservées et 02 extraits méthanoliques qui feront l'objet de travaux ultérieurs.

I.1. Position systématique [3],[7],[15],[16],[17],[18]

Règne	: Végétal
Sous-règne	: Eucaryotes
Embranchement	: Spermaphytes
Sous-embranchement	: Angiospermes
Classe	: Dicotylédones
Sous-classe	: Herbaceae
Ordre	: Astérales
Famille	: Asteraceae
Genre	: <i>Calea</i>
Espèce	: <i>urticifolia</i>
Nom binomial	: <i>Calea urticifolia</i> Miller D.C.
Noms vernaculaires	: Mangidikely, Mangidy (Madagascar), Murupo (Mexique)



Figure-1 : Photo de *Calea urticifolia* Mill. D. C.

Statut: Plante introduite

II. Ethnobotanique et utilisation [2], [17]

La pharmacopée latine a mentionné l'utilisation ancestrale de *Calea urticifolia* Mill. D. C. pour les traitements de l'ulcère gastrique, de la colique, de la douleur stomacale, des infections et du diabète.

A Madagascar, cette plante est peu connue en médecine traditionnelle.

II.1. Caractéristiques organoleptiques

Tableau 1 : Résultats des caractéristiques organoleptiques de l'HE

Aspect	liquide mobile
Couleur	jaune clair
Odeur exhalée	note aromatique rappelant partiellement la camomille bleue, la santoline, légèrement tabacée, foin avec des facettes matées.

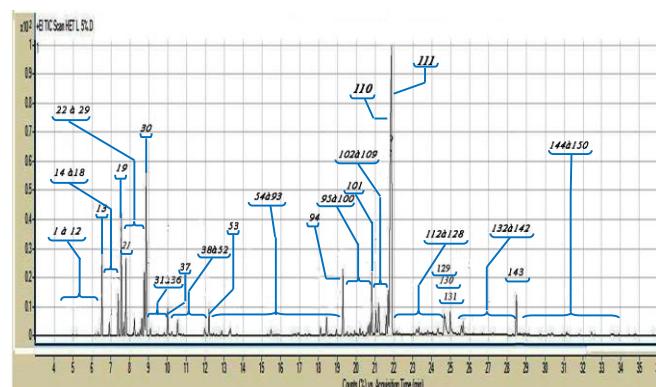
II.2. Caractéristiques physiques et chimiques [1], [8], [9], [12]

Tableau 2 : Résultats des caractéristiques physico-chimiques

Densité relative à 20°C - d_{20}^{20} - NFT75-111	0,8862 ± 0,0002
Indice de réfraction à 20°C - n_D^{20} - NFT75-112	1,6953 ± 0,0010
Pouvoir rotatoire - α_D^t - NF T75-113	- 9,1720° ± 0,0100
Indice d'acide (I.A.) - NF T75-103 -	8,9760 ± 0,0322
Indice d'ester (I.E.) - NF T75-104 -	118,6515 ± 2,2733
Indice de carbonyle (I.C.) - NF T 75-125 -	146,4304 ± 5,0585
Miscibilité à l'éthanol - NF T75-101 -	Miscible à (8,8000 ± 0,0114) ml d'EtOH 90 %

III. Analyses chromatographiques [4],[5],[6]

Tableau 3 : Résultats d'analyses en CPG/SM



1 à 12	Formate de <i>cis</i> - β -Hexenyle ; Prénal (NP) ; 3-methyl-Cyclohexanone (NP) ; Hex-(3E)-enol ; Hex-(2E)-enol; <i>n</i> -Hexanol; Santène ; Ethenylbenzène ; Isobutyrate d'isobutyle (NP) ; Acétate de prényle ; 2-bornène ; α -Thujène	3,223 à 6,322
13	α -Pinène	6,523
14 à 17	Camphène ; Déhydrosabinène ; Benzaldéhyde ; 2-éthenyltetrahydro-2,6,6-triméthyl-2H-Pyrane,	6,908 à 7,284
18	Sabinène	7,377
19	β -Pinène	7,542
20	β -Myrcène	7,667
21	« Yomogi alcool »	7,791
22 à 27	Acétate de <i>cis</i> -3-hexényle ; α -Phellandrène ; 3-Carène ; α -Terpinène ; <i>p</i> -Méthyl anisole ; <i>p</i> -Cymène	8,021 à 8,632
28	α -Limonène	8,752
29	β -Phellandrène	8,8169
30	Eucalyptol	8,862
31 à 36	<i>trans</i> - β -Ocimène ; Phénylacétaldéhyde (NP) ; 2,6-Diméthylhept-5-enal ; Angélate de méthallyle ; γ -Terpinène ; Oxyde de <i>cis</i> -linalool	9,094 à 9,803
37	« Artémisia alcool »	9,999
38 à 52	Terpinolène ; Oxyde de linalool A ; 4-Vinyl-guaiaconol(NP) ; <i>p</i> -Cymène ; Linalool ; NI (n°43) ; 3-Oxa-2,2,4-triméthyl-4-vinyl-cyclohexanone ; Oxyde de (Z)-Rose ; Chrysanthénone ; α -Camphène aldéhyde ; Butyrate de (Z)-hex-3-enyle ; Isobutyrate de <i>n</i> -hexyle ; 5-Isopropylbicyclo[3.1.0]hexan-2-one (NP) ;(1 <i>R</i> ,2 <i>R</i> ,5 <i>S</i>)-5-Methyl-2-(prop-1-en-2-yl)cyclohexanol ; Camphor	10,101 à 12,007
53	Acétate d'artémisyle	12,184
54 à 93	Acétate de benzyle ; α -Pinocarvone ; Isomenthone ; Isopinocamphone ; L-Terpinén-4-ol ; <i>m</i> -Cymén-8-ol ; Cryptone ; Salicylate de méthyle ; 2-(4-Methylcyclohex-3-en-1-yl)propan-2-ol ; Estragole ; Verbènone ; β -Cyclocitral ; Isovalérate de <i>cis</i> -3-hexényle ; β -Citral ; Carvone (NP) ; β -Cyclohomocitral (NP) ; α -Citral ; Formate de citronellyle ; Acétate de ((1 <i>R</i> ,3 <i>R</i>)-3-allyl-2,2-diméthylcyclopropyl)méthyle ; Acétate de lavandulol ; Acétate de bornyle ; Safrole ; Acétate de <i>trans</i> -pinocarveyle ; Acide <i>n</i> - décanoïque (NP) ; δ -Eiemène ; Acétate de α -terpényle ; (+/-)- α -Cubebène ; δ -Décalactone (NP) ; Eugénol ; Propionate de Carvyle (NP) ; (-)-isoledène ; Acétate de géranyle ; α -Copaène ; 1-(2,6,6-triméthyl-1,3-cyclohexadien-1-yl)-, (E)-2-Buten-1-one ; (1 <i>R</i> ,2 <i>R</i> ,4 <i>S</i>)-1-Methyl-2,4-di(prop-1-en-2-yl)-1-vinylcyclohexane ; (-)- β -Bourbonène ; β -Elemène ; Sesquithujène ; α -Gurjunène ; β -Patchoulène	12,304 à 19,061
94	β -Caryophyllène	19,278
95 à 100	Sesquisabinène ; Aromandendrène ; α -Humulène ; <i>cis</i> -Muurola-4,5-diène ; γ -Muurolène ; α -Curcumène	19,679 à 20,696
101	(S,1 <i>Z</i> ,6 <i>Z</i>)-8-Isopropyl-1-methyl-5-methylenecyclodeca-1,6-diene	20,811
102	1-Méthyl-4-(6-méthylhept-5-en-2-yl)cyclohexa-1,3-diène	20,941
103	β -Selinène	21,027
104	(1 <i>S</i> ,2 <i>E</i> ,6 <i>E</i> ,10 <i>R</i>)-3,7,11,11-Tetraméthylbicyclo[8.1.0]undeca-2,6-diène	21,178
105 à 107	β -Bisabolène ; NI (n°106) ; γ -Cadinène	21,351 à 21,577
108	δ -Cadinène	21,676
109	L-calamenène	21,784
110	(1 <i>S</i> ,5 <i>S</i> ,6 <i>R</i>)-6-Méthyl-2-méthylène-6-(4-méthylpent-3-en-1-yl)bicyclo[3.1.1]heptane (NP)	21,829
111	β-Sesquiphellandrène	21,858
112 à 128	Cadina-1,4-diène ; α -Cadinène ; α -Calacorène ; 4 <i>a</i> ,5-Diméthyl-3-(prop-1-en-2-yl)-1,2,3,4,4 <i>a</i> ,5,6,7-octahydronaphthalen-1-ol (NP) ; E-Nérolidol ; Germacrène B ; β -Calacorène ; (3 <i>E</i> ,7 <i>E</i>)-4,8,12-Triméthyltridéca-1,3,7,11-tetraène ; Palustrol ; Germacrène D-4-ol ; Oxyde de caryophyllène ; (-)-Globulol ; Ledol ; 4-(6-Isopropyl-2,6-diméthylcyclohex-1-en-1-yl)but-3-en-2-one ; Muurola-4,10-dien-1 β -ol ; (1 <i>S</i> ,4 <i>R</i> ,4 <i>aS</i> ,8 <i>aR</i>)-1-Isopropyl-4,7-diméthyl-1,2,3,4,4 <i>a</i> ,5,6,8 <i>a</i> -octahydronaphthalénol ; (-)-Spathulénol	22,070 à 24,474
129	(1 <i>S</i> ,4 <i>S</i> ,4 <i>aR</i> ,8 <i>aR</i>)-4-Isopropyl-1,6-diméthyl-1,2,3,4,4 <i>a</i> ,7,8,8 <i>a</i> -octahydronaphthalénol	24,641
130	(1 <i>S</i> ,4 <i>S</i> ,4 <i>aR</i> ,8 <i>aS</i>)-4-Isopropyl-1,6-diméthyl-1,2,3,4,4 <i>a</i> ,7,8,8 <i>a</i> -octahydronaphthalénol	24,689
131	α -Cadinol	24,960

132 à 142	Néointermedéol ; Cadalène ; (1R,7S,E)-7-Isopropyl-4,10-diméthylénecyclodéc-5-ènol (NP) ; α -Bisabolol ; 4-(6-Méthylhept-5-en-2-yl)cyclohex-2-enone ; 2-Méthyl-6-(4-méthylénecyclohex-2-en-1-yl)hept-2-en-4-one ; Pentadécanal ; NI (n°139) ; Olopanone ; 14-Hydroxy- α -murolène ;(1S,4R,5S)-1-Methyl-4-(prop-1-en-2-yl)spiro[4.5]dec-7-ene-8-carbaldéhyde (NP)	25,065 à 27,332
143	(1E,4E)-1-(2,6,6-Triméthylcyclohex-1-en-1-yl)hexa-1,4-dièn-3-one	28,465
144 à 150	(3S,6S)-6-Isopropyl-3-méthyl-2-(propan-2-ylidène)-3-vinylcyclohexanone ; Acide 2-hydroxyphénylméthyl ester benzoïque ; Alloevodionol ; Acide méthyl ester palmitique ; Acide palmitique ; <i>n</i> -Tricosane (NP) ; <i>n</i> -Pentacosane (NP)	28,640 à 39,561

Après une série d'analyse chromatographique par gradient de polarité, deux produits B' (10 mg) et C' (5 mg), se présentant sous forme de cristaux collés à la paroi du récipient présentent une pureté respective de 91,62 % et 100 %.

IV.Résultat en CCM du test antioxydant du produit B' avec le DPPH méthanolique



Absorbant : Silicagel 60 F₂₅₄ MERCK

Dépôt : B'

Eluant : Hexane/AcOEt ; 87/13; V/V

Révélateur : DPPH méthanolique

V.Test antimicrobiens et test cicatrisants [10], [11]

Tableau 4 : Résultat du test antimicrobien de l'HE

Germes	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Candida albicans</i>
Ø d'halo inhibition [mm]	32,0000 ± 0,0031	28,0000 ± 0,0036	12,0000 ± 0,0083	6,8000 ± 0,0147
Appréciation	+++	+++	+++	-

Tableau 5 : Résultat du test cicatrisant de l'HE

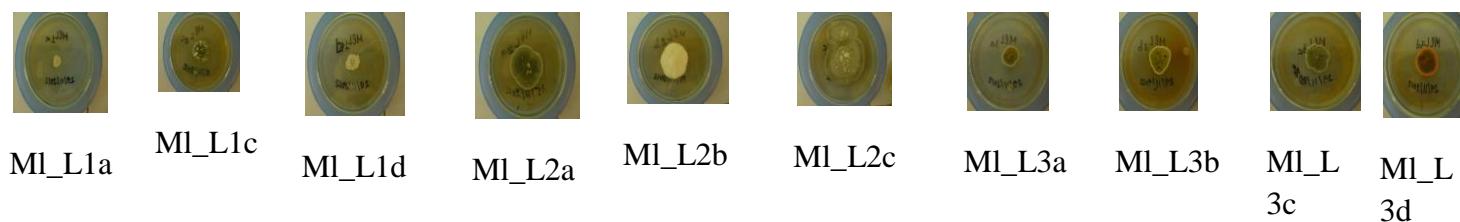
Ddl	4						
T conforme au seuil de signification au risque de 5 %	2,776						
Jour/ OFM / Produits testés	Test t de Student						
OFM / onguent HE _T 20 %	0,782	0,250	2,136	2,028	2,484	2,103	2,028
OFM / onguent HE _T 10 %	1,211	2,773	0,621	0,137	0,831	1,139	1,376
OFM / onguent PO 20 %	0,445	0,255	2,711	1,165	2,336	3,633	1,342
OFM / onguent PO 10 %	1,225	3,105	0,213	0,075	1,059	0,754	0,707

Propriétés cicatrisantes palpables pour les onguents

- **PO 10 %** au bout de 2 j
- **PO 20 %** au bout de 13 j

VI.Culture, isolement et préservation des champignons endophytiques^{[13],[14]}

Tableau 6 : Champignons endophytiques issus des feuilles



	Densité du mycélium	Forme	Elévation	Bord	Ø [cm] ; nombre de j
MI_L1a	Aucune	Irrégulière	Surélevé	Ondulé	4 ; 19
MI_L1c	Aucune	Irrégulière	Convexe	Festonné	2,2 ; 12
MI_L1d	Medium	Irrégulière	Surélevée	Ondulé	4,7 ; 12
MI_L2a	Aucune	Irrégulière	Convexe	Festonné	3,3 ; 12
MI_L2b	Aucune	Irrégulière	Convexe	Festonné	3,3 ; 12
MI_L2c	Aucune	Irrégulière	Surélevée	Festonné	4,8 ; 12
MI_L3a	Aucune	Irrégulière	Plane	Ondulé	3,3 ; 19
MI_L3b	Aucune	Irrégulière	Surélevée	Festonné	4,0 ; 19
MI_L3c	Aucune	Irrégulière	Plane	Ondulé	4,0 ; 19
MI_L3d	Aucune	Circulaire	Plane	Ondulé	4,2 ; 19

Tableau 7 : Préservation des champignons endophytiques

MI_L1



MI_L2



MI_L3



VII.PERSPECTIVES

En perspectives, nous envisagerons :

– d'effectuer

- l'identification des produits B' et C' isolés à partir de l'HE_T,
- l'identification des souches des champignons utilisées pour la fermentation,

– d'utiliser certaines souches préservées pour des futures fermentations, en vue d'obtention d'extraits méthanoliques.

Références bibliographiques

- AFNOR, 1992. *Recueil de normes françaises : huiles essentielles*, Edition AFNOR, n°4, Paris.
- BOITEAU (P.), 1999. *Dictionnaire des noms malgaches des végétaux*, Edition ALZIEU, Nature : Flore de Madagascar, Vol. 4,
- DE LA BATHIE (H.P.) & HUMBERT (H.), 1953. *ASTERACEAE, 189^{eme} famille : Flore de Madagascar et des Comores, Plantes vasculaires*, Typographie Firmin-Didot & coll., Paris.
- De SILVA (K.T.), 1995. *A manual on the essential oil industry*, Edition United Nations Industrial Development Organization, Vienna International Centre, Austria, Vienna.
- DEAN (J.R.), 2009. *Extraction Techniques in Analytical Sciences*, Edition John Wiley & Sons, London.
- Del CASTILLO (J.B.), MANKESSA FERRERO (M.T.) & coll., 1981. Salvadorian compositeae. II juanislamin & 2, 3 -epoxy-juanislamin, two new sesquiterpenic lactone from *Calea urticifolia* , *J.Nat.Prod.*, vol. 44, n°3, pp.348-350.
- DOUZET (R.), 2007. *Petit lexique de botanique à l'usage du débutant*, Station Alpine Joseph Fourier.
- Fiche technique POLARIMETRE ATAGO POLAX
- Fiche technique, REFRACTOMETRE
- DESDEVISES (Y.), 2012. *Biostatistiques avancées*, Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer.
- DEY (P.M.) & HARBONE (J.B.), 1997. *Plant biochemistry*, Academic press.
- HITZKE (J.C.), *Initiation aux techniques de base en chimie expérimentale*, IUT.
- EL HASSAN (A.), 2007. Novel Natural Products from Endophytic Fungi of Egyptian Medicinal Plants - Chemical and Biological Characterization, These Univ. Düsseldorf.
- ELLIS (D.), DAVIS (S.), ALEXIOU (H.), HANDKE (R.) & BARTLEY (R.), 2007. *Descriptions of Medical fungi*, Edition. Nexus Print Solutions, Vol.2.
- Sonnerate muséum
- <http://www.tropicos.org>
- <http://www.jstor.org/stable/pdfplus/20020653.pdf>
- ftp://ftp.unice.fr/users/francour/Cours_Systematique_Version_longue.pdf

39. Etude chimique et recherche de l'activité antioxydante du *ficus grevei* (moraceae), une plante endémique de Madagascar

Nasandratra H. Andry Ny Aina^{b,d}, Vahinalahaja E. Razafintsalama^a, Faliarivony Randriamialinoro^a, RojoRakotoarison^c, Dimby A. Ralambomanana^d, Michel Ratsimbason^a, **Rivoarison RANDRIANASOLO^b**

^aCentre National d'Application de Recherches Pharmaceutiques, Antananarivo,

^bLaboratoire de Chimie des Substances Naturelles et Chimie Organique Biologique, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo,

^cParcours Biochimie Biodiversité et Santé, Mention Biologie, Domaine Sciences et Technologies, Université d'Antananarivo

^dLaboratoire des Produits Naturels et de Biotechnologie, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo

I. Introduction

Ficus grevei est une plante endémique de Madagascar appartenant à la famille des Moraceae, connu sous le nom vernaculaire *Fihamy*. Elle est utilisée traditionnellement par les femmes Malgaches en tant que masque de beauté (Tabaky) pour protéger la peau du visage contre les effets néfastes du soleil et du froid. Cette plante est rencontrée dans la partie Sud de Madagascar, à Toliary dans le fokontany de Miary. Le genre *Ficus* compte 800 espèces dont 18 sont endémiques de Madagascar [1].

Les objectifs de cette étude sont d'isoler les constituants chimiques de *Ficus grevei*, et d'évaluer leur activité antioxydante.

II. Matériels et méthodes

II-1 Extraction, Fractionnement et Isolement

Une quantité égale à 300 g de poudre d'écorce du *Ficus grevei* a été macérée dans l'éthanol 80 % pendant 10 jours. Après évaporation du solvant, l'extrait hydroalcoolique a été obtenu. Un criblage phytochimique a été effectué sur l'extrait pour déterminer les métabolites secondaires présents dans la plante.

Une extraction par partage liquide-liquide a été réalisée sur l'extrait hydroalcoolique à l'aide d'une ampoule à décanter en utilisant des solvants de polarité croissante : l'hexane, le dichlorométhane, l'acétate d'éthyle et l'eau.

Le choix d'extrait à étudier, le fractionnement, ainsi que l'isolement ont été réalisé suivant la méthode bioguidée.

II- 2 Activité antioxydante

a. Test qualitatif par la méthode « Bioautography »

Dans 100ml de Méthanol, 25mg de DPPH ont été dissous afin d'obtenir une concentration de 25%. Cette solution a été gardée à -20°C et à l'abri de la lumière avant utilisation. La plaque ccm contenant le produit à tester a été pulvérisée par la solution Méthanolique de DPPH de couleur violette. Le résultat a été observé après séchage de la plaque. Le test est positif s'il y a apparition de la coloration jaune sur la plaque.

b. Test quantitatif par la méthode de 2,2-diphényl-1-pycrilhydrazyl (DPPH) par dosage à spectrophotomètre [2]

La méthode utilisée a été celle décrite par d'AWIKA et al. en 2003.

III. Résultats et discussions

Le screening phytochimique a relevé la présence des composés phénoliques, des terpenoides et des Stéroides comme familles de substances naturelles majoritaires.

Quatre extraits ont été obtenus. L'extrait à l'acétate d'éthyle qui présente une activité antioxydante intéressante a été choisi pour l'étude chimique.

Le fractionnement et l'isolement de cet extrait a permis d'isoler trois produits codés E₁₀, E₁₁ et E₁₂.

Le test qualitatif a montré que l'extrait brut et le produit E₁₁ présentent une coloration jaune après pulvérisation avec la solution méthanolique de DPPH à 25%, prouvant un pouvoir antioxydant. La figure ci-dessous montre le développement sur ccm des deux extraits après pulvérisation au DPPH.

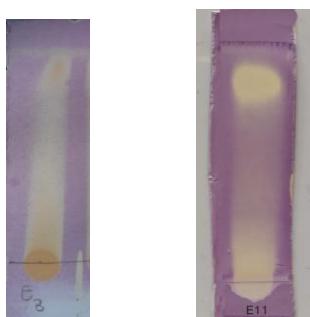


Figure 10: test qualitatif du test antioxydant de E₈ et E₁₁

Le test quantitatif a montré que les constituants de l'extrait éthanolique et le produit E₁₁ ont une activité antioxydante. A une concentration de 0,5mg/ml, ils sont capables d'inhiber le radical DPPH avec des pourcentages d'inhibition respectifs de 73 % équivalent à l' α-tocophérol de 401,39 μM/mg/ml et de 77 % soit 436,67μM/mg/ml d'extrait en équivalent α-tocophérol. D'après Hassimotto *et al.* en 2005, une substance a une forte activité antioxydante si elle inhibe au-delà de 70% les radicaux libres dans une solution donnée. En effet, le pouvoir antioxydant de l'extrait éthanolique et du produit E₁₁ est donc considéré être fort.

Conclusion et perspectives

L'extrait hydroalcoolique de *Ficus grevei Baillon* et le produit E₁₁ présentent une activité antioxydante forte avec un pourcentage d'inhibition supérieur à 70 % [3]. Ceci pourrait expliquer l'utilisation de cette plante pour la protection de la peau contre les effets néfastes du soleil.

L'identification structurale de E₁₁ et les autres produits isolés feront l'objet de notre prochaine investigation.

Bibliographie

- GEORGE E. S., 2001. Flore des arbres de Madagascar, édition Royal Botanic Gardens, Kew and Missouri Botanical Garden. p289
- AWIKA J. M., ROONEY L. W., WU X., PRIOR R. L. AND CISNEROS-ZEVALLOS L., 2003. Screening method to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. (*J.Agric. Food Chem.*, 51(23)). p 6657-6662
- AZIZAH OTHMAN, NOR J. MUKHTAR, NURUL S. ISMAIL, SUI K. CHANG, 2014. Phenolics, flavonoids content and antioxidant activities of 4 Malaysian herbal plants, *International Food Research Journal* 21(2). p 759-766.
- HASSIMOTTO, N.M.A., GENOVESE, I.S. AND LAJOLO, F.M. 2005. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables and commercial frozen fruit pulps. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49(8):4076-4082.

40. Etude de l'activite antibactérienne du *Dombeya lucida*

Mirana Rakotozafy^b, Faliarivony Randriamialinoro^a, Ymelda Rabemananjara^c, Rojoniaina A. Rakotoarison^c, Rivoarison Randrianasolo^b, Dimby Ralambomanana^b, Michel Ratsimbason^a, **Vahinalahaja E.RAZAFINTSALAMA^{a,*}.**

^aCentre National d'Application de Recherches Pharmaceutiques, Ambodivoanjo- Ambohijatovo. Rue RP. Rahafarizafy Antoine de Padoue BP 702 - 101 Antananarivo, Madagascar.

^bParcours Chimie Biologie, Mention Chimie, Domaine Sciences et Technologies, Université d'Antananarivo, BP 906- 101 Antananarivo, Madagascar.

^cLaboratoire de Chimie Organique de Spectrométrie de Masse, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, BP906 -101 Antananarivo Madagascar.

Résumé :

La méthode d'extraction par macération avec des solvants de polarité croissante a été utilisée pour extraire les principes actifs contenus dans la poudre de l'écorce du *Dombeya* sp. Cette méthode permet d'obtenir les extraits hexanique, dichlorométhanique et méthanolique. L'activité antibactérienne de ces différents extraits a été analysée par la méthode antibiogramme. Le fractionnement bioguidé de l'extrait actif a été effectué par la chromatographie sur colonne ouverte.

La localisation des bandes responsables de l'activité antibactérienne a été faite par la méthode « bioautography ».

Les résultats de l'antibiogramme sur 2 souches de bactéries gram+ (*Clostridium perfrigens*, *Staphylococcus aureus*) et 4 souches de bactéries gram- (*Shigella flexneri*, *Salmonella enterica*, *Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica*) révèlent l'activité importante de l'extrait méthanolique sur *Salmonella enterica*, *Shigella flexneri* et *Escherichia coli*, par rapport aux deux autres extraits. Le fractionnement de l'extrait méthanolique par chromatographie sur colonne a permis d'obtenir 10 fractions. La méthode bioautography permet de localiser 3 sous-fractions très actives, responsables de l'activité antibactérienne dans l'extrait méthanolique.

Pour la suite des travaux, une purification des fractions responsables de l'activité antibactérienne du *Dombeya* sp est en cours, afin de parvenir à l'isolement de ou des molécules actives. Une analyse spectrale est prévue pour la détermination structurale de ces molécules.

Mots clés : *Dombeya* sp, Malvaceae, extrait méthanolique, activité antibactérienne

Introduction

Appartenant à la famille des Malvaceae, le genre *Dombeya* compte 255 espèces dont 187 sont présentes à Madagascar. Dans cette étude, nous utilisons l'espèce *Dombeya lucida*, une espèce endémique de Madagascar, connue sous le nom vernaculaire hafomena. Il s'agit d'un arbuste de 7 m de hauteur, de fleur blanche, dont les écorces sont rouges à l'intérieur et dont la face intérieure des feuilles sont blanches. Elle pousse dans les forêts humides de moyenne altitude. Aucune étude biochimique n'a encore été effectuée sur *Dombeya lucida*. Cependant, dans la médecine traditionnelle africaine, les autres espèces du genre *Dombeya* sont réputées comme ayant des vertus laxative, anti-diarrhéique, et sont également utilisées pour prévenir les fausses couches, pour traiter les maux de têtes et les hémorroïdes et pour soigner les plaies.

Matériels et méthodes

Matériel végétal

La plante a été récoltée en Octobre 2014 dans le *Fokotany* d'Ankosy, piste vers Antehinina, dans la commune d'Antanandava, district d'Ambatondrazaka, dans la région Alaotra Mangoro. Elle a été identifiée par les botanistes du CNARP avec un herbier de référence ROL 709 (RAKOTONDRAJAONA et al.). La partie de la plante utilisée dans cette étude est l'écorce.

Extraction

La poudre de la plante a été macérée jusqu'à épuisement, dans des solvants, de polarité croissante (hexane, dichlorométhane et méthanol). Les solutions issues de chaque macération sont évaporées à sec sous pression réduite conduisant à des extraits hexanique (ROL709-1), dichlorométhanique (ROL709-2) et méthanolique (ROL709-3).

Fractionnement et isolement

L'extrait méthanolique a été fractionné par chromatographie sur colonne ouverte de silice utilisant le système d'éluant isocratique AcOEt/MeOH/Eau (80/18/2). Le fractionnement est suivi au fur et à mesure par chromatographie sur couche mince.

La fraction ROL709-3-1 a été purifiée sur colonne de silice utilisant le système isocratique DCM/MeOH (85 :15).

Test antibactérien par la méthode antibiogramme

6 souches bactériennes dont 2 Gram positif (*Clostridium perfrigens*, *Staphylococcus aureus*) et 4 Gram - (*Shigella flexneri*, *Salmonella enterica*, *Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica*) ont été testées par la méthode antibiogramme sur les extraits hexanique, dichlorométhanique et méthanolique.

La méthode antibiogramme utilisée est celle développée par [Nielsen et al. 2000] et [Ngameni et al. 2009]. Le test consiste à déposer des disques stériles de 6 mm de diamètre, imprégnés de 10µL d'extrait brut de concentration de 1mg/disque à la surface d'un milieu gélosé préalablement ensemencé avec une quantité de 2 mL de suspensions de bactéries correspondant à 0,5 Mac Farland. L'extrait diffuse au sein de la gélose en créant une zone circulaire appelée halo d'inhibition ou auréole d'inhibition. Dans cette zone, les concentrations d'extrait diminuent du centre vers la périphérie. Le diamètre de la zone d'inhibition varie en fonction du degré de sensibilité de la bactérie à l'extrait (Duval et Soussy, 1991 ; Ferron, 1994). L'antibiotique de référence utilisé est le Néomycine (30µg /disque)

Test antibactérien par la méthode bioautography

Il s'agit d'une méthode analytique qui combine la CCM avec un test biologique (Shittu et al., 2006). L'extrait à tester de concentration égale à 1mg/dépôt de 10µl a été déposé sur une plaque chromatographique de gel de silice. Ses effets antibactériens sont testés directement en déposant la

plaqué CCM dans une boîte de Pétri avant ajout d'1ml de l'inoculum à 1,5 10⁸ bactéries/ml, par la technique d'inondation. Les souches sensibles lors du test antibiogramme ont été testées. L'activité antibactérienne de l'extrait est exprimée par l'apparition des zones claires autour de chaque composant actif (Botz et al., 2001 ; Oyi, 2001 ; Horvàth et al., 2002 ; Udobi et al., 2010).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Résultat chimie

Extraction

Les étapes des extractions et les résultats obtenus sont représentés sur le **diagramme 1**.

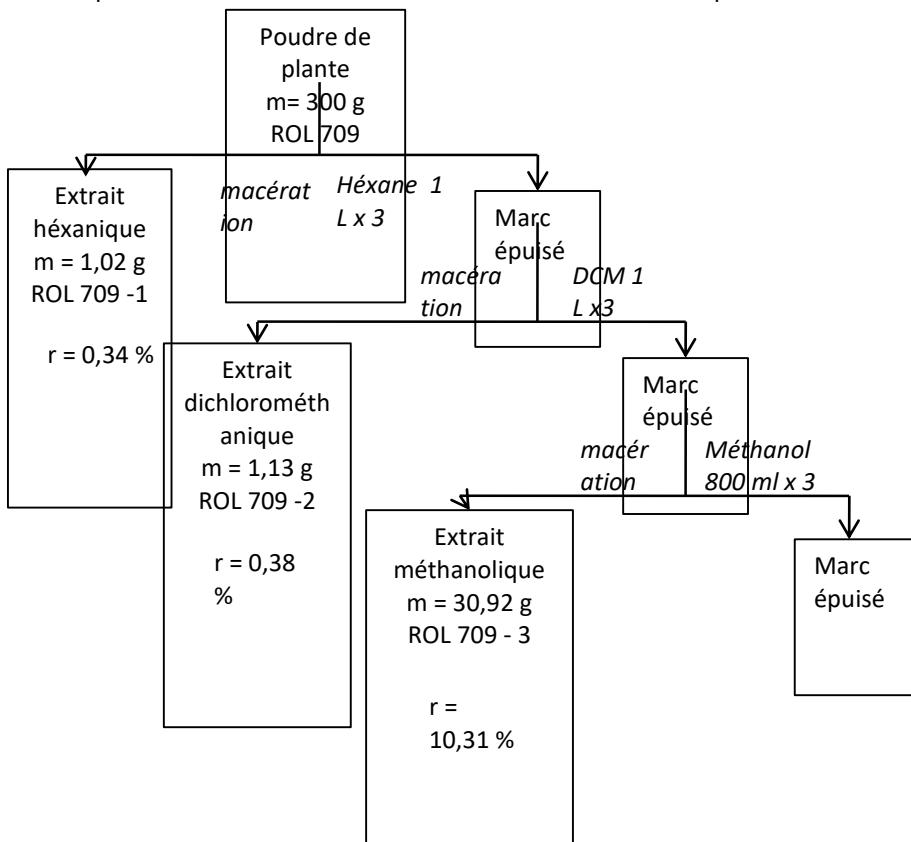


Diagramme 1 : étapes et résultats des extractions de 300 g de *Dombeya lucida*.

Chromatographies sur colonne

Le **diagramme 2** représente les fractionnements par chromatographie sur colonne de silice de l'extrait méthanolique. Les images montrent les profils CCM des diverses fractions.

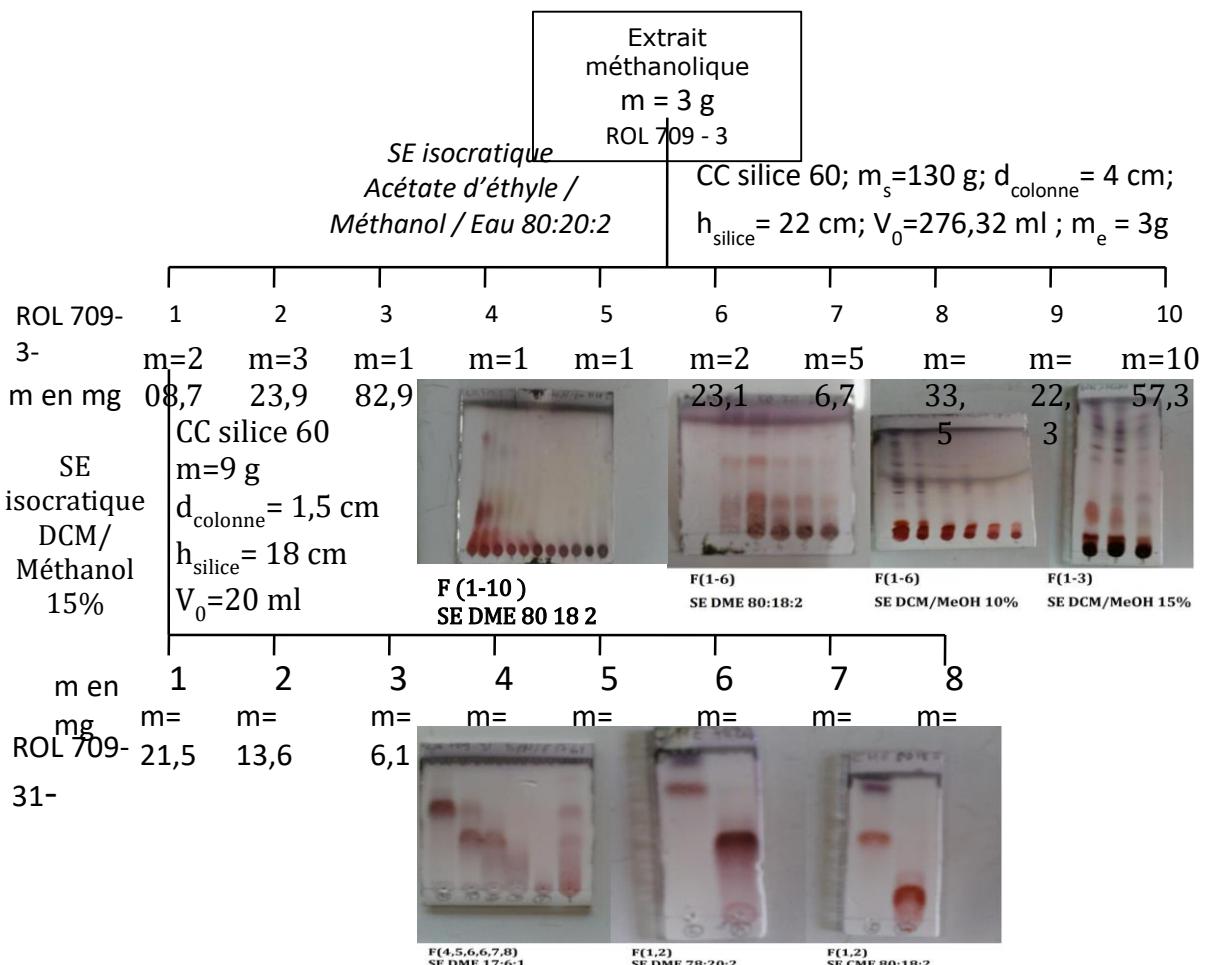


Diagramme 2 : diagramme de fractionnement de l'extrait méthanolique de *Dombeya lucida*
Résultat microbiologie

Test antibactérien par la méthode antibiogramme

Les résultats du test antibiogramme sont représentés sur le **tableau 1**.

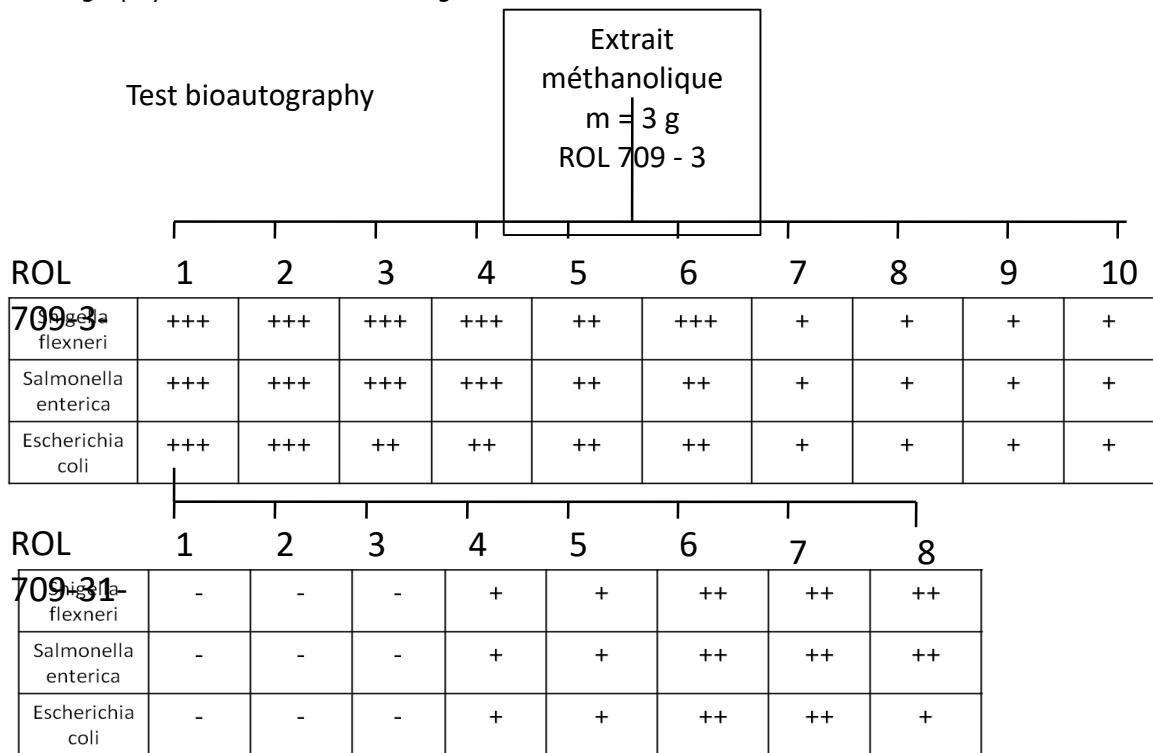
Tableau 1 : résultats du test antibiogramme des extraits de *Dombeya lucida*.

Souches testées		Diamètres des halos d'inhibition			
		Extrait MeOH	Extrait DCM	Extrait hexane	Néomycine
<i>Clostridium perfrigens</i>	Gram +	0	0	0	18
<i>Staphylococcus aureus</i>	Gram +	7	0	0	22
<i>Shigella flexneri</i>	Gram -	8	0	0	19
<i>Salmonella enterica</i>	Gram -	7	0	0	20
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Gram -	8	0	0	27
<i>Escherichia coli</i>	Gram -	11	0	0	20

Les extraits dichlorométhaniques (DCM) et hexaniques ne présentent aucune activité antibactérienne sur les 6 souches testées. L'extrait méthanolique est actif vis-à-vis de *Shigella flexneri*, *Salmonella enterica* et *Escherichia coli*. Par ailleurs, son activité est encore moindre par rapport à celle du témoin Néomycine.

Test antibactérien par la méthode bioautography

La localisation des composants actifs contenus dans l'extrait méthanolique, par la méthode bioautography est montrée dans la figure ci-dessous :



Avec

- - : test négatif
- + : activité moindre
- ++ : activité intéressante
- +++ : activité très intéressante

Figure : Diagramme montrant l'activité antibactérienne des fractions ROL-709-3- 1.... ROL-709-3-10 et les sous-fractions ROL-709-31-1..... ROL-709-31-8

D'après ce diagramme, les fractions ROL-709-3- 1 . ROL-709-3-10 sont toutes actives contre les 3 souches de bactéries testées. Cette activité est intéressante aux niveaux des fractions ROL-709-3-1 ROL-709-3-6. La purification de la fraction ROL-709-3- 1 permet de localiser 3 sous-fractions très actives, 2 sous-fractions à activité moindre et 3 sous-fractions inactives.

Conclusion et perspectives

L'étude menée sur la poudre de l'écorce de la plante *Dombeya lucida* a permis de révéler l'activité importante de l'extrait méthanolique sur *Salmonella enterica*, *Shigella flexneri* et *Escherichia coli*. Elle permet de mettre en évidence 3 sous-fractions très actives, responsables de l'activité antibactérienne dans l'extrait méthanolique. En perspective, une purification des autres fractions et sous-fractions responsables de l'activité antibactérienne du *Dombeya* sp est en cours afin de parvenir à l'isolement de ou des molécules actives. Une analyse spectrale est prévue pour la détermination structurale de ces molécules.

Références

- Botz L., Nazy S. and Kocsis B. (2001), Detection of microbiologically active compounds In SzNyiredy ed., Proc Int. Symp. Planar Chromatography, Plana chromatography, Hungary, 489-516.
- Davies T. A., Kelly L. M., Jacobs M. R., Appelbaum P. C. (2000). Antipneumococcal activity of telithromycin by agar dilution, microdilution, E test, and disk diffusion methodologies. *Journal of clinical microbiology* **38** : 1444-1448.

- Fong H.H.S., Tin-wa M., Farnsworth N.R., 1977. Phytochemical screening. Review University of Illinois, Chicago, 275: 6-7.
- Horváth G., Kocsis B., Botz L., Németh J. and Szabó L. G. (2002), Antimicrobial activity of thymus phenols by direct bioautography, Proceedings of the 7th Hungarian Congress on Plant Physiology, Acta Biologica Szegediensis , 46 (3-4),145-146.
- Ngameni B., Kuete v., Simo I. K., Mbaveng A. T., Awousong P. K., Patnam R., Roy R., Ngadjui B. T. (2009). Antibacterial and antifungal activities of the crude extract and compounds from *Dorsteniaturbinata* (Moraceae). *South African Journal Botany* 75: 256 -261.
- Nielsen E. M., Engberg J., Fussing V., Petersen L., Brogren C. H., On S. L. (2000). Evaluation of phenotypic and genotypic methods for subtyping *Campylobacter jejuni* isolates from humans, poultry, and cattle. *Journal of Clinical Microbiology* 38: 3800-3810.
- Oyi A. R. (2001), A study of antimicrobial and phytochemical properties of the latex of *Jatropha curcas* Linn (Euphorbiaceae). Ph. D, Dissertation. A. B. U. Zaria, Nigeria, 204-218
- Shittu O. B., Alofe F. V., Ogundaini A. O. and Tiwalade T. A. (2006), Bioautographic evaluation of antibacterial metabolite productionby Wild Mushrooms, Afr.J. Biomed.Res., 9, 57-62.
- Udobi C. E., Onaolapo A. J. and Abdulsalaam I. A (2010), Bioautographic determination of the antisatphylococcal components of the stem bark of *Parkia biglobosa* (JACQ) BENTH (MIMOSACEAE) , Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy, 2(8), 108-112.

41. Etude phytochimique de deux champignons endophytiques isolés à partir d'une plante endémique et médicinale Malgache

Andrianambinina A. RAZAKARIVONY ^{a*}, Norbert Sewald^b, E. Langer^c, Bakolinirina Andriamihaja^a

^aLaboratoire de Chimie appliquée aux Substances Naturelles, Mention Chimie, Domaine Sciences et Technologies, Université d'Antananarivo,

^bOrganic and Bioorganic Chemistry, Department of Chemistry, Bielefeld University, Germany.

^cDepartment of Ecology, Kassel University – Germany

Mots-clés *Oncostemum botryoides* Baker, dibenzofurane, *Phomopsis sp.*, *Paecilomyces sp.*, RMN 1D et 2D, Spectrométrie de Masse.

I – INTRODUCTION

Le rapport de l’Organisation Mondiale de la Santé a récemment montré que le paludisme constitue encore une menace majeure pour la population des pays en voie de développement, notamment, en Afrique. Il représente 25 % de tous les décès infantiles, de moins de cinq ans [WHO, 2011]. La résistance de *Plasmodium falciparum* aux artémisinines d’une part et celle à l’une au moins des quatre classes d’insecticides utilisées pour la lutte antivectorielle d’autre part constituent les facteurs de blocage à l’évolution de cette lutte contre le paludisme [WHO, 2011].

Afin d’éradiquer cette calamité jusqu’aux racines, des recherches médicales plus étendues doivent être menées, afin de trouver un médicament approprié et accessible. La recherche sur de nouvelles molécules antipaludéennes est donc une priorité absolue, dans le domaine de la chimie biologique et des substances naturelles.

A cet effet, Madagascar possède une immense source de biodiversité animale et végétale dont plus de ¾ sont endémiques [E. Randrianarivo et al.,2013]. Madagascar a des plantes médicinales qui peuvent être non seulement une source de nouvelles molécules mais aussi elles jouent le rôle d’une plante hôte pour des champignons endophytiques. Ces derniers sont actuellement identifiés comme une autre nouvelle source de ces molécules [A. A. L. Gunatilaka, 2006, B. Schulz et al., 2002].

Cette recherche, outre la valorisation des plantes médicinales, s’intéresse aussi aux extraits de champignons endophytiques qui constituent une autre voie permettant d’isoler des molécules pouvant avoir un large spectre d’activité biologique.

En effet, l’objectif général du présent travail est de valoriser la biodiversité. Les objectifs spécifiques sont l’isolement et l’identification des champignons endophytes, vivant en symbiose avec la plante médicinale malgache, *Oncostemum botryoides* Baker (Kombaletaka), d’une part et l’isolement et l’identification des molécules bioactives de deux champignons endophytiques *paecilomyces sp.* et *phomopsis sp.* qui sont tous deux issus de ladite plante médicinale, d’autre part.

II – MATERIELS ET METHODES

a- Procédure en générale

Les spectres RMN 1D et 2D ont été enregistrés sur le Bruker AMX-500 (Bruker BioSpin GmbH, Rheinstetten, Germany) à 298 °K en utilisant le CDCl₃ ou MeOD comme solvant. Les spectres de masse ont été analysés par le spectromètre APEX III (Bruker Daltonik GmbH, Bremen, Germany). Les colonnes chromatographies ont été réalisés en utilisant comme phase stationnaires soit du gel de silice 60 (70-230 et 240 – 300, Merck KGaA, Darmstadt, Germany) soit du gel de Sephadex LH-20 (GE Healthcare Europe GmbH, GE HealthcareBio-Sciences AB, Uppsala, Sweden). Les CCM ont été réalisés en utilisant des plaques de silice normale (60F₂₅₄, Merck). Et la pureté des produits ont été vérifiés à l'aide une lampe UV à 254 et 366 nm et est révélée à l'aide de la vanilline sulfurique suivi d'une chauffage de la plaque.

b- Isolement, purification, préservation, identification et fermentation des champignons endophytiques

L'*Oncostemum botryoides* Baker a été la plante hôte choisie pour notre étude. Les feuilles de la plante collectée sont mises dans un emballage plastique hermétique et placée dans une glacière. Ensuite, elles sont transportées jusqu'au laboratoire et sont manipulées dans les 24h après la récolte. Arrivés au laboratoire, les échantillons ont été d'abord rincés à l'eau courante afin d'éliminer les poussières. Ensuite, les microorganismes épiphytes ont été éliminés par une désinfection de la surface, selon les procédures suivantes : immersion dans de l'alcool (EtOH) 90% (v/v) pendant 1 min suivie d'une désinfection en surface avec de l'hypochlorite de sodium (NaOCl) 10% (p/v) pendant 2 min. Finalement, les explants ainsi stérilisés ont été rincés 2 fois à l'eau distillée stérile afin d'éliminer l'effet du désinfectant et séchés avec des papiers absorbants préalablement stérilisés. Après désinfection en surface, les parties découpées, avec un scalpel stérile, en 08 petits morceaux, de 1mm de diamètre et sont déposés sur des milieux solides spécifiques de champignons endophytes qui sont le « Sabouraud Chloramphenicol Agar » (SCA). Les cultures ont été incubées à 25°C. Les champignons qui croissent sur les morceaux sont repiqués de nouveau sur le même support. L'hyphé est transféré avec le tissu végétal sur le même milieu dans une autre boîte de pétri. La purification des souches se fait par repiquage des champignons isolés sur le même milieu sans antibiotique.

La préservation des souches pures se fait, soit dans l'eau déionisée, soit dans de l'huile minérale, puis déposées dans une chambre conditionnée à 10°C.

Les champignons endophytes ont été identifiés par observations macroscopique et microscopique de ses différents aspects et structures. Puis, l'identification a été confirmée par l'analyse phylogénétique de sa séquence d'ADN par la méthode PCR (Polymerase Chain Reaction).

La fermentation des champignons endophytes a été réalisée sur des milieux solides (mélange de 500g de riz et 20g peptone de soja dans un erlenmeyer 2l). Elle a été précédée d'un rajeunissement des souches sur un autre milieu liquide de PDB. Après 3 semaines, les fermentations sont extraits 3 fois par macération à l'aide de l'acétate d'éthyle afin d'obtenir un extrait Acétate d'éthyle.

c- Isolement, purification et identification des métabolites secondaires

L'extrait Acétate d'éthyle a subi un fractionnement par chromatographie sur colonne de gel de silice normal en utilisant le gradient d'éluant.

L'isolement et la purification ont été effectués en utilisant la chromatographie sur colonne de gel de silice et/ou la chromatographie d'exclusion sur gel de sephadex LH-20. Les éluants utilisés sont l'EP, DCM, AcOEt, MeOH, ACN et l'eau

Notons que, la purification de certaines fractions a été faite par filtration sur gel de Sephadex LH20.

III – RESULTATS ET DISCUSSIONS

Au total, quatre métabolites secondaires ont été isolés à partir de l'extrait acétate d'éthyle de *Paecilomyces sp.* L'analyse de spectre RMN (mono et bi-dimensionnel), de spectre de masse et par comparaison avec les données de la littérature de ces composés nous a permis de les identifier comme étant le 6-méthoxy-8-hydroxy-3-méthylisocoumarine, Ergosta-4, 6, 8(14),22-tétrèn-3-one, 1-(4-hydroxyphényl)ethan-1,2-diol, Terreusinone.

Trois métabolites secondaires ont été isolés à partir de l'extrait acétate d'éthyle de *Phomopsis sp.* dont un composé a été identifié comme étant une nouvelle dérivée de dibenzofurane. En effet, l'analyse de son spectre RMN ¹H indique la présence d'un proton phénolique chélaté à 11.91 ppm, accompagné de deux singulets à 6.43 et 5.92 ppm, intégrant chacun de un proton et indiquant la présence de deux protons aromatiques isolés. Un signal d'un groupement méthoxy à 3.97 ppm est observé. Trois singulets, respectivement à 2.44, 2.10, 2.04 ppm, indiquent la présence de trois groupements méthyles. La RMN ¹³C confirme la présence d'un carbone portant un groupement méthoxy à 51,5 ppm et d'une fonction carbonyle à 172,6 ppm. Des déplacements correspondant à quatre carbones quaternaires O – liés, à six carbones quaternaires C – liés, à deux carbones aromatiques et à trois carbones du groupement méthyle sont mis en évidence. L'analyse par RMN

bidimensionnelle (COSY, HMQC et HMBC) ont été effectuées afin de déterminer la structure du composé. L'examen du spectre HMBC permet notamment de distinguer l'environnement respectif des protons aromatiques. En effet, les deux protons aromatiques appartiennent tous au noyau A et sont séparés par un groupement méthyle. Les déplacements chimiques et corrélations obtenus en RMN ^{13}C et en RMN bidimensionnelle au cours de ce travail permettent donc d'en compléter les données structurales (Figure 1). Le composé est donc le méthyl-3,9-dihydroxy-1,4,7-triméthyldibenzo[b,d]furan-2-carboxylate (Figure 2). Les deux autres composés ont été identifiés comme étant l'alternariol et le 5-hydroxyalternariol.

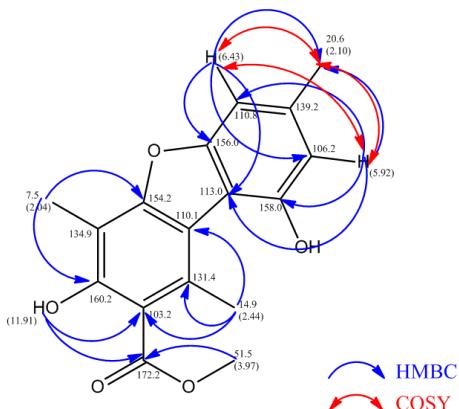
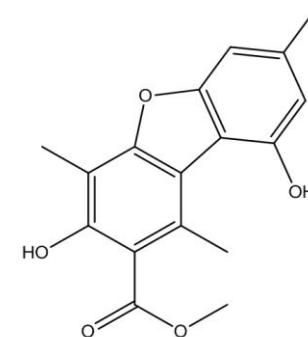


Figure 1 : Quelques corrélations observées



méthyl 3,9-dihydroxy-1,4,7-triméthyldibenzo[b,d]furan-2-carboxylate

Figure 2 : Structure du composé nouveau

IV – CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'étude phytochimique de *Paecilomyces sp.* nous a permis d'isoler six composés dont quatre ont été identifiés comme étant 6-méthoxy-8-hydroxy-3-méthylisocoumarine, Ergosta-4,6,8(14),22-tetraèn-3-one, 1-(4-hydroxyphényl)ethan-1,2-diol, Terreusinone.

De même l'étude phytochimique de *Phomopsis sp.* nous a permis d'isoler trois composés dont deux ont été identifiés comme alternariol et le 5-hydroxyalternariol et une structure nouvelle qui est le méthyl-3,9-dihydroxy-1,4,7-triméthyldibenzo[b,d]furan-2-carboxylate.

IV – REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier :

- L'équipe du Laboratoire de Chimie Appliquée aux Substances Naturelles (LaCASN) – Faculté des Sciences – Université d'Antananarivo
- L'équipe du Laboratoire de Chimie Organique et Biochimie OCIII – Département de Chimie – Université Bielefeld – Allemagne
- L'équipe du département d'Ecologie – Université de Kassel – Allemagne.

V – DEDICACE

Le présent travail est dédié à la mémoire du Professeur Bakonirina V. RAZANAMAHEFA, Directeur du Laboratoire de Chimie Appliquée aux Substances Naturelles (LaCASN) qui nous a quitté subitement. Paix à son âme.

VI – REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- WHO Global Malaria Programme, World Malaria Report 2011
- WHO Global Plan for Artemisinin Resistance Containment (GPARC) 2011
- E. Randrianarivo et al., *Chemistry & Biodiversity*, 2013, 10, 1987 – 1998
- A. A. L. Gunatilaka, *J. Nat. Prod.*, 2006, 69, 509 – 526
- B. Schulz et al., *Mycological Research*, 2002, 106 (9), 996 – 1004
- E. E. Stinson et al., *Can. J. Chem.*, 1986, 64, 1590 – 1594.
- G. G. Freeman, *Phytochemistry*, 1965, 5, 719 – 725
- F. M. Talontsi et al., *Phytochemistry Letters*, 2012, 5, 657 – 664.
- W. Y. Lee et al., *Bull. Korean Chem. Soc.*, 2005, 26, 1464 – 1466.
- H. C. Kwon et al., *Arch. Pharm. Res.*, 2002, 25, 851 – 855.
- G. Jinming et al., *Steroids*, 2001, 66, 771 – 775.
- A. G. Gonzalez et al., *Phytochemistry*, 1983, 22, 1049 – 1050.

42. Etude phytochimique et évaluation de l'activité antifongique d'*Abrahamia thouvenotii* (Lecomte) Randrian. et Lowry (Anacardiacees).

Stanislas Fulgence LAHADSON^{2*}, Sylvia RALAMBONIRINA¹, Maminirina ANDRIANTSOA¹, Rivoarison RANDRIANASOLO², Bernard Anselme RAVELONJATO¹.

¹Centre National d'Application de Recherches Pharmaceutiques, Antananarivo

²Laboratoire de Chimie des Substances Naturelles et de Chimie Organique Biologique, Département de Chimie organique, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo

Résumé

Face aux dégradations de leur environnement et aux différents stress, les plantes produisent des métabolites secondaires pour s'adapter aux changements et se défendre contre les diverses maladies. Les végétaux supérieurs peuvent être une source potentielle de nouvelle(s) molécule(s) bioactive (s); ce qui a amené à la recherche de composés antifongiques, issus d'une plante endémique de Madagascar, *Abrahamia thouvenotii*.

Le criblage phytochimique effectué sur un extrait hydroéthanolique à 50% a révélé la présence dans la plante de: stéroïdes, iridoïdes, flavonols, leucoanthocyanes, tanins catéchiques et polyphénols. L'extraction par des solvants de polarité croissante a conduit à l'obtention des extraits hexanique, acétate d'éthyle et butanolique présentant chacun une activité antifongique encourageante après une évaluation *in vitro* de l'activité contre *Candida albicans* par la méthode de microdilution en milieu liquide. Le processus de fractionnement de l'extrait hexanique actif a conduit à l'obtention d'un produit actif identifié au taraxérrol dont la Concentration Minimale Inhibitrice (CMI) est de 25 µg/ml. L'analyse en GC - MS de la sous fraction F₅ a révélé la présence de trois produits très minoritaires et d'un produit majoritaire du type amyrine. Un produit actif (CMI=25µg/ml) est identifié au taraxerol après examen du spectre de masse en IE.

Par ailleurs, un test de toxicité aigüe sur l'extrait à l'acétate d'éthyle effectué chez la souris a révélé l'existence de signes imputables à une dépression du système nerveux central.

Mots clés : *Abrahamia thouvenotii*, *Candida albicans*, microdilution, antifongique, criblage phytochimique, fractionnement bioguidé.

1. Introduction

Les mycoses peuvent toucher toutes les catégories sociales et sont aggravées chez les sujets diabétiques et immuno déprimés (Adle-Biassette, 2007 ; Tiraboschi et al. 2000). Un climat tropical chaud et humide constitue un facteur favorisant au développement des maladies fongiques. Des molécules antifongiques indiquées dans le traitement de ces mycoses sont présentes sur le marché, mais divers problèmes se posent : la résistance, les récidives, les effets secondaires et l'absence de traitement efficace pour certaines pathologies (Biabianny, 2011). La demande de nouveaux antimycosiques présentant une meilleure sélectivité sur de nouvelles cibles biologiques et ayant les moindres effets secondaires devient de plus en plus importante. Les métabolites secondaires, responsables de la défense naturelle des végétaux contre la dégradation fongique pourraient devenir de bons candidats pour le développement des composés antimycosiques (Schumpp et al., 2012). *Abrahamia deflexa* et *Abrahamia ditimena* ont présenté des activités antifongique et antibactérienne prometteuses (Hanitrinaina, 2015 ; Rabodomala, 2008). De par la classification botanique par regroupement chimiotaxonomique, les plantes appartenant à une même famille peuvent avoir le même type de métabolites secondaires et pourraient ainsi posséder une activité biologique similaire (Biabianny, 2011). Afin de découvrir de nouvelle(s) molécule(s) active(s) indiquée(s) pour le traitement des affections fongiques humaines, une étude phytochimique bioguidée a été entreprise sur des rameaux feuillés d'*Abrahamia thouvenotii*, une espèce endémique de Madagascar.

2. Matériaux et méthodes

2.1 Procédure générale expérimentale

La silice, en phase normale SDS 60 Å 70-200µm, est utilisée au cours de la chromatographie sur colonne ouverte. La chromatographie sur couche mince est réalisée en phase normale sur des plaques d'aluminium Silicagel 60 F254 (Merck). Les chromatogrammes développés sont observés en lumière visible et sous UV (254 et 366 nm), avant la révélation par pulvérisation avec la Vanilline sulfurique à 1% ou le réactif de Godin suivie d'un chauffage à 110 °C pendant 5 minutes.

2.2 Matériel végétal

Des rameaux feuillés d'*Abrahamia thouvenotii* furent collectés dans la Commune rurale d'Antanandava, District d'Ambatondrazaka Région Alaotra Mangoro, Madagascar au mois d'octobre 2014. L'identification botanique a été réalisée par Dr Stephan Rakotonandrasana du Département de Botanique et Ethnobotanique du Centre National d'Application de Recherches Pharmaceutiques, Antananarivo Madagascar. Un spécimen d'herbier de référence Rakotondraona et al. 714 a été

déposé au Centre d'herbier C N A R P Antananarivo, Madagascar. Le broyat de la plante séchée dans un séchoir électrique avec de l'air chaud à une température constante de 55 °C jusqu'à leur séchage effectif constitue le matériel d'étude.

2.3 Extraction et isolement

Un screening phytochimique a été entrepris sur un extrait hydroéthanolique à 50 %, afin de déceler les différentes classes de substances naturelles présentes dans la plante (Fong et Farnsworth, 1977 ; Houghton, 1998).

La plante sèche broyée (300 g) a été extraite successivement par macération à température ambiante avec des solvants de polarité croissante: hexane, dichlorométhane et méthanol. Chaque extraction a été répétée trois fois. Les extraits obtenus sont combinés et les solvants sont évaporés sous pression réduite, donnant un extrait héxanique (12,10 g), un extrait au chlorure de méthylène (2,07 g) et un extrait méthanolique (5,01 g). L'extrait méthanolique sec (3,2g) est dissout dans l'eau et extrait par partage liquide-liquide successivement avec de l'acétate d'éthyle et du n-BuOH fournissant un extrait à l'acétate d'éthyle (680 mg) et un extrait butanolique (760 mg). La phase aqueuse est ensuite évaporée sous pression réduite.

L'extrait héxanique (3,6 g) a été fractionné sur colonne de silice normale avec le mélange Hexane – AcOEt en proportion variée et gradient d'éluant donnant douze fractions R₁ à R₁₂ après suivi sur chromatographie sur couche mince (C C M). La fraction R₃ contient un composé majoritaire qui a cristallisé dans le mélange CHCl₃ – MeOH (8 :2) après une mise au froid dans un bain de glace pendant 3 h. Ces cristaux ont été lavés avec du mélange chloroforme - méthanol pour donner le composé **1** ($m = 42 \text{ mg}$) sous forme de cristaux de couleur blanche soluble dans le chloroforme.

La séparation de la fraction R₁ par chromatographie sur colonne de silice avec le mélange Hexane – AcOEt en mode gradient d'éluant a donné huit sous fractions notées F₁ à F₈. La sous fraction F₅ ($m = 5,2 \text{ mg}$) apparaît comme mono tache sur C C M avec le système d'éluant Hexane – AcOEt (14: 0,75) et contient le composé **C**.

La fraction R₆ a été séparée par chromatographie sur colonne de silice avec le mélange Hexane-AcOEt en gradient d'éluant conduisant à l'obtention d'un composé **3** ($m = 2,3 \text{ mg}$).

2.4 Identification des composés par GC – MS

L'analyse a été effectuée au Laboratoire de Pharmacognosie de l'Université de Rouen, sur un chromatographe en phase gazeuse Agilent 6890 équipé d'une colonne capillaire à silice fondue Optima 5 (diamètre interne 60 m x 0,25 mm, épaisseur de film 0,25 µm) couplé à un spectromètre de masse Hewlett-Packard 5973.

Le produit à analyser a été dilué dans du dichlorométhane pour l'injection dans l'appareil, un volume de 1 à 1,5 µl de solution a été injecté. Le gaz vecteur est l'hélium, le débit a été régularisé en mode split à 20 ml/min. La température varie entre 60 °C et 280 °C avec une vitesse d'augmentation de 3 °C/min, la température finale est retenue pendant 20 min. Les spectres de masse ont été obtenus en mode impact électronique à 70 eV. L'appareil est piloté par un système informatique HPCHEM.

L'identification a été faite en utilisant les fragmentations obtenues.

Composé 1

IE SM m/z : 426 (M)⁺, 411, 393, 302, 204 (pic de base).

Composé C

IE SM m/z : 426 (M)⁺, 393, 218 (pic de base), 207, 189.

2.5 Test Antifongique

La méthode de microdilution en milieu liquide utilisant une microplaquette de 96 trous a été mise à profit (CLSI, 2002). Cette technique permet la détermination de la Concentration Minimale Inhibitrice (CMI) qui empêche la croissance d'un microorganisme. Une souche de *Candida albicans* ATCC 10231 modifiée par une méthode dite de «carbon starvation» a été utilisée comme germe test.

Une solution mère à 5mg.ml⁻¹ de l'extrait à tester, préparée dans le mélange DMSO/H₂O, a été stérilisée par filtration sur une membrane millipore (diamètre des pores est de 0.45µm). Une série de concentration décroissante du filtrat a été reproduit en triple dans des trous juxtaposés. Après une nuit de séchage à 35°C, 100µl de milieu de culture SLGG préalablement ensemencé avec le germe-test ont été ajoutés dans chaque trou. Ainsi, une concentration initiale de 1000 µg.ml⁻¹ a été diluée de moitié jusqu'à une concentration de 2 µg.ml⁻¹ dans le cas de l'extrait brut. Pour les extraits purifiés et selon le degré de purification, une plus faible gamme de concentration a été prise. Les trous servant de contrôle négatif ne contiennent pas d'extrait, et la Fluconazole a été utilisé comme référence. Les plaques ont été ensuite agitées à l'aide d'un agitateur de microplaquette, puis incubées à 35°C pendant 48 heures.

La CMI a été évaluée par une lecture de la Densité Optique du contenu de chaque trou à 525 nm à l'aide d'un photomètre lecteur de microplaquette.

La CMI, qui a été retenue pour évaluer l'activité de l'extrait, est la plus faible concentration de la substance antifongique qui inhibe la croissance du germe-test.

2.6 Toxicité aigüe de l'extrait à l'acétate d'éthyle (EAc):

Cette étude consiste à évaluer la toxicité provoquée par l'administration par voie intra péritonéale d'une dose unique de l'extrait à l'acétate d'éthyle EAc.

L'extrait EAc a été solubilisé dans l'eau distillée puis, filtré à travers une membrane millipore. Seul le filtrat a été testé. Des souris mâles de race SWISS, élevées à l'animalerie du C.N.A.R.P, âgées de 8 semaines et pesant en moyenne 25 g ont été choisies. Elles ont été réparties en 10 lots de 5 souris. Chaque animal d'un même lot a reçu une dose identique en fonction de son poids et 10 doses allant de 0 à 450 mg/kg ont été testées. Au cours de la période d'observation qui a duré 48 heures, les comportements des animaux traités par rapport aux témoins ainsi que le taux de mortalité ont été observés et notés.

3. Résultats et discussion

Le criblage phytochimique a révélé la présence dans la plante de: stéroïdes, iridoïdes, flavonols, leucoanthocyanes, tanins catéchiques et polyphénols. Les extraits obtenus ont été évalués *in vitro* sur *Candida albicans* sous forme hyphale. Les résultats sont consignés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Résultats des tests antifongiques par la méthode de microdilution en milieu liquide sur les cinq extraits.

Extrait	Extrait Héxanique EHex	Extrait CH ₂ Cl ₂ EDCM	Extrait MeOH EMe	Extrait AcOEt EAc	Extrait BuOH EBu
CMI (µg/ml)	125	500	125	12, 5	1,6

L'extrait héxanique a subi un fractionnement par chromatographie d'adsorption sur colonne de silice utilisant un gradient de Hexane – AcOEt qui a permis d'obtenir douze fractions. Elles ont été soumises à des tests antifongiques sur *Candida albicans* et les résultats sont résumés dans le tableau 2. Six fractions se sont montrées actives.

Tableau 2 : Résultats des tests antifongiques par la méthode de microdilution en milieu liquide sur certaines fractions groupées actives.

Fraction	R ₃	R ₄	R ₆	R ₇	R ₈	R ₁₂
CM I (µg/ml)	250	250	< 1	250	15	16

Le composé 1 majoritaire dans la fraction R₃ est active contre *Candida albicans* sous forme hyphale (CMI = 25 µg/ ml). La fraction F₅ présente une activité faible (CMI = 500 µg/ ml).

Identification du composé 1

La C C M du composé 1 élueé avec le mélange AcOEt – MeOH (8 : 2) présente une tache unique qui prend une coloration violette persistante après révélation au réactif de la vanilline sulfurique et présente une fluorescence sous U V à 366 nm après révélation au réactif de Liebermann – Burchard suivie d'un chauffage à 110 °C pendant environ 10 minutes amenant à suggérer une structure du type triterpénique. L'analyse en GC – MS du composé 1 a donné un seul pic avec un temps de rétention de 30 minutes (figure 1).

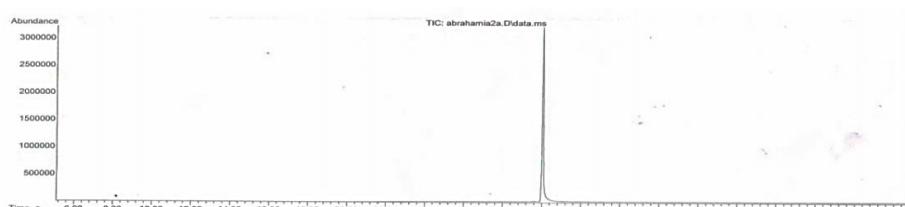


Figure 1 – Chromatogramme du composé 1

Le spectre de masse en impact électronique présenté sur la figure 2 montre la présence d'un ion moléculaire M⁺ à m/z= 426 ainsi que divers ions à m/z = 411 (M – 15) compatible à la perte d'un groupe méthyle par l'ion moléculaire et m/z = 393 (M – 15 – 18) correspondant à la perte d'une

molécule d'eau par l'ion à $m/z = 411$ indiquant que le cycle A porte un groupe hydroxyle probablement en position 3 pour de raisons biogénétiques (Anandr et al., 2011).

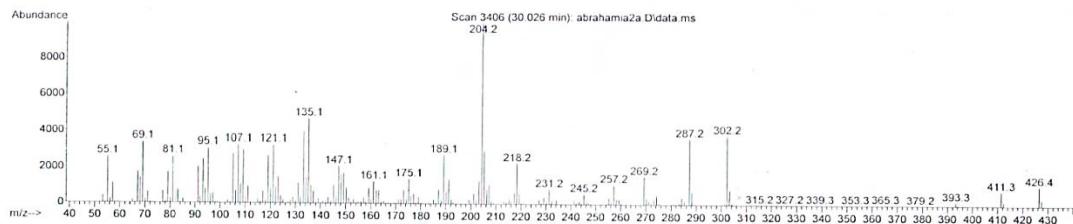


Figure 2 – Spectre de masse en impact électronique du composé 1

L'ion à $m/z = 302$ est caractéristique d'une réaction de rétro Diels-Alder sur le cycle D d'un triterpène pentacyclique ayant une insaturation en position 14 et 15 nous orientant vers une structure du type taraxarène. La perte d'un groupement méthyle en C₈ accompagnée de la perte d'une molécule de H₂O conduit respectivement à la formation des ions à $m/z = 287$ et $m/z = 269$. Le pic de base à $m/z = 204$ est caractéristique de la fragmentation au niveau du cycle C et dérive des cycles D et E. L'ion fragment correspondant au pic de base est obtenu par la migration d'un groupe méthyle de C-13 vers C-14 suivie de la rupture de la liaison en position 11 et 12 ainsi que de la liaison en position 8 et 13 (Budzikiewicz et al., 1963). L'ion correspondant au pic de base est accompagné d'un ion à $m/z = 189$ obtenu après perte d'un groupement méthyle. Ces fragmentations amènent à assimiler le composé 1 au taraxerol.

Identification du composé C

Une analyse sur chromatographie en phase gazeuse couplée à une spectrométrie de masse a révélé la présence dans la sous fraction F₅ de trois produits très minoritaires et du composé C majoritaire (Fig 3)

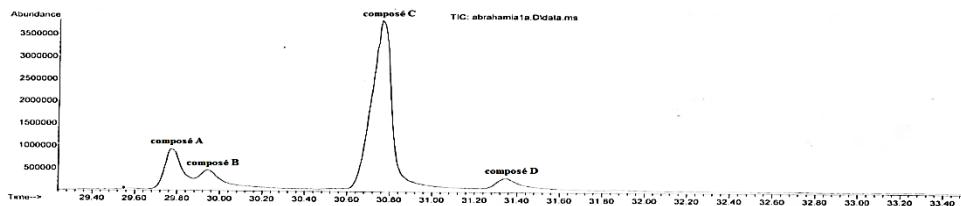


Figure 3 : Chromatogramme de la sous fraction F₅

La mesure du spectre de masse en impact électronique (figure 30 et annexe 2) du composé C présente un ion moléculaire à $m/z = 426$ ainsi que divers ions à $m/z = 411$ ($M - 15$) correspondant à la perte d'un groupement méthyle, à $m/z = 393$ ($M - 18$) relatif à la perte de H₂O. L'ion à $m/z = 218$, qui est le pic de base, et l'ion à $m/z = 207$ sont caractéristiques de la présence d'une insaturation en position 11 et 12 d'un triterpène. Ils proviennent de la fragmentation suite à une réaction de Diels Alder sur le noyau C (Budzikiewicz et al., 1963; Ullah et al., 1999). La perte d'une molécule d'eau par l'ion à $m/z = 207$ permet d'obtenir l'ion à $m/z = 189$ et indique qu'un des cycles A et B portent un groupement hydroxyle, probablement en position 3 pour de raisons biogénétiques.

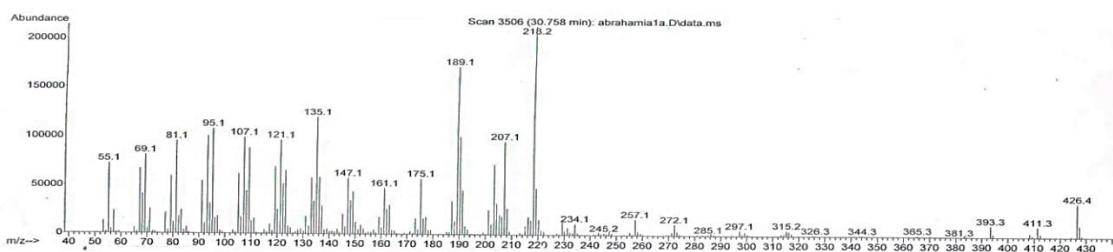


Figure 4 : Spectre de masse en impact électronique du composé C

Les fragmentations de la molécule conduisent à proposer une structure du type amyrine pour le composé C.

Toxicité aigüe de l'extrait

Dix minutes après administration par voie intra péritonéale de la solution aqueuse de l'extrait EAc et à partir de la dose de 100 mg/kg, une diminution progressive de l'activité motrice suivie d'une paralysie des pattes postérieures ont été observées chez les souris traitées. Après 24 heures, leurs

pattes postérieures sont en éventail ; une souris est mourante. 48 heures après l'administration de l'extrait, une seule souris du lot à 100 mg/kg a été trouvée morte. Ces manifestations, observées assez tôt pour les doses très élevées (à 400 et 450 mg/kg) et décelables mais faiblement exprimées aux doses plus faibles, sont irréversibles jusqu'à la mort de la souris. Ces signes observés seraient imputables à une dépression du système nerveux central ; l'extrait EAc contiendrait un principe qui agirait comme un curarisant.

4. Conclusion

L'évaluation de l'activité antifongique des extraits des rameaux feuillés d'*Abrahania thouvenotii* a permis de mettre en évidence une activité importante des extraits à l'acétate d'éthyle et butanolique. Le présent travail s'est d'abord focalisé sur l'étude de l'extrait hexanique qui a permis de situer une activité antifongique encourageante au niveau de six fractions obtenues après fractionnement par chromatographie sur colonne de silice, plus particulièrement au niveau des fractions R₆ (CMI < 1 µg/ml) et R₁₂ (CMI = 16 µg/ml), obtenues en faible quantité. Le composé 1, identifié au taraxerol et majoritaire dans la fraction R₃, a montré une activité antifongique intéressante (CMI = 25 µg/ml). L'analyse GC – MS de la fraction F₅ a permis de détecter la présence de quatre produits dont le composé C majoritaire et du type amyrine. Suite à un test de toxicité aigüe, l'extrait EAc contiendrait un principe qui agirait comme un curarisant.

Remerciements

Ce travail a été mené au Centre National d'Application des Recherches Pharmaceutiques (CNARP) dans le cadre d'une collaboration scientifique contractée avec Le parcours Chimie et Biologie de l'Université d'Antananarivo. Nous adressons ainsi nos vifs remerciements au Dr RATSIMBASON Michel, Directeur du Centre National d'Application de Recherches Pharmaceutiques et au Docteur RANDRIANASOLO Rivoarison Responsable du Parcours « Chimie et Biologie » à l'Université d'Antananarivo.

Nos sincères remerciements vont aussi à l'endroit du Dr Sylvia RALAMBONIRINA et au Laboratoire de Pharmacognosie de l'Université de Rouen pour l'analyse en GC – MS des échantillons.

Références bibliographiques

- Adle-Biassette (2007). Infection opportuniste chez le patient immunodéprimé
Bulletin de la division française de l'AIP., 46 : 28 – 29.
- Biabiany M (2011). Recherche et développement d'extraits antifongiques issus de la flore guadeloupéenne: Caractérisations phytochimiques, pharmacologiques et formulation. Thèse de doctorat, spécialité: Pharmacognosie, Faculté des Sciences pharmaceutiques et Biologiques, Université Lille nord de France (pp 18 et 42).
- Budzikiewicz H., Wilson J.M., and Djerassi C. (1963) Mass Spectrometry in Structural and Stereochemical Problems. XXXII. Pentacyclic Triterpenes. *Journal of the American Chemical Society* 85(22) : 3688-3699.
- Clinical and laboratory Standards Institute (CLSI). (2002). Référence méthode for broth dilution antifungal susceptibility testing of yeasts .Approved Standard M27-A2 2nd édition. Wayne National Committee for Clinical Laboratory Standard.
- Fong H, Tin W, Farnsworth NR (1997). Phytochemical screening. *Rev. University of Illinois, Chicago, Sc.*, 275 : 218-220.
- Hanitrinaina V (2015). Etudes chimique et biologique d'*Abrahania deflexa* (Anacardiaceae). Mémoire pour l'obtention de Diplôme d'Etude Approfondie en Biochimie Biodiversité et Santé, Département de Biochimie Fondamentale et Appliquée, Université d'Antananarivo.
- Houghton PJ, Raman A (1998). Laboratory handbook for fractionation of natural extracts. Chapman and Hall, London, 1sted. p 100 – 107.
- Rabodomalala VIM (2008). Contribution à l'étude chimique et antibactérienne de *Protorhus ditimena* (Anacardiaceae). Mémoire pour l'obtention de diplôme d'étude approfondie, Option Biotechnologie et Microbiologie, Département de Biochimie Fondamentale et Appliquée, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo.
- Schumpp O, Berger V, Remolif E, Messerli B, Frel P, Monod M, Wolfender JL et Gindro K (2012). Nouvelles propriétés antifongiques de plantes exposées aux U V. *Recherche Agronomique Suisse*, 3 (10) : 465.
- Tiraboschi, I. N., J. E. Bennett, C. A. Kauffman, J. H. Rex, C. Girmenia, J. D. Sobel, and F. Menichetti.,(2000). Deep Candida infections in the neutropenic and non-neutropenic host: an ISHAM symposium. *Med. Mycol.*, 38 (1) : 199-204.
- Ullah N., Ahmed Z., Ahmed S., Muhammad P., and Malik A. (1999) , A pentacyclic triterpene from Daphne oleoides. *Phytochemistry* 50 (5) : 839-841.

43. Caractérisation et identification des constituants de l'huile essentielle de *Canarium madagascariense* (BURSERACEAE), plante endémique de Madagascar. Etude microbiologique de l'huile essentielle totale

RAMIHARIMANANA Fenia Diane, RANDRIAMIARAMISAINA Ralinandrianina, RAMIARISON Hariliva, RAZAKARIVONY Andrianambinina Andriamarolahy, Reine Dorothée RAZAFIMAHEFA RAMILISON, ANDRIAMIHAJA Bakolinirina, RAZANAMAHEFA Bakonirina.

Laboratoire de Chimie Appliquée aux Substances Naturelles (LaCASN) / Mention CHIMIE de la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo

INTRODUCTION

Isolé dans l'Océan Indien, Madagascar se distingue par ses diversités au niveau des biotopes, des espèces animales et forestières. L'Île abrite une richesse naturelle extraordinaire. En 1988, Norman Myers le classe parmi les 10 hotspots du monde de la biodiversité [1] avec ces 13000 espèces végétales recensées portant un taux d'endémicité de 85% [2].

Plusieurs milliers de plantes sont utilisées en phytothérapie et en aromathérapie. La nature verte possède des remèdes naturels, acceptés par notre organisme. Les tendances actuelles favorisent alors l'usage des substances naturelles incluant les huiles essentielles. Ces dernières renferment des composants odorants qui portent depuis des siècles un intérêt de premier plan méritant un mouvement de curiosité. L'étude de ce caractère aromatique enrichissait la chimie organique d'un nouveau chapitre d'une réelle importance [3, 4].

Madagascar possède une large gamme d'espèces végétales et seulement 1% des espèces identifiées ont fait l'objet de travaux chimiques et pharmacologiques [2]. Quelques plantes aromatiques sont exploitées, mais l'étude reste partielle et incomplète. Pour le genre *Canarium*, uniquement 12% ont été objet de recherches chimique et pharmacologique [4].

Dans le but de contribuer à la valorisation de la flore particulière de Madagascar, nos travaux de recherche concernent l'étude de l'Huile Essentielle des peaux et pulpes des fruits de *Canarium madagascariense* sur les plans chimique et biologique.

GENERALITES

I- Généralités sur la plante : [7]

A- Systématique botanique :

Règne : VEGETAL

Famille : BURSERACEAE

Genre : *Canarium*

Espèce : *madagascariense*

Nom binomial : *Canarium madagascariense*

Noms vernaculaires : Ramy, Ampasy, Haramy (Région Analanjirofo)

Statut : espèce endémique

B- Description botanique :

Il s'agit d'un grand arbre pouvant atteindre jusqu'à 40 m de hauteur, abondant dans la partie Est de Madagascar mais se trouve dans presque toutes les régions humides. L'arbre pousse souvent au bord de l'eau ou dans des lieux frais (0 à 1000m d'altitude).

C- Usages traditionnelles [5,6]

Son bois est utilisé en habillage, menuiserie d'intérieur, construction de barques et de boutres, fabrication du charbon et des allumettes,... Son bois de cœur sert de torches. Ses fruits et ses graines sont comestibles (vivres des lémuriens et d'autres petits mammifères mais aussi des enfants vivant en bordure des forêts). Ses feuilles et ses racines sont employées comme encens dans les cérémonies traditionnelles et religieuses, colle biologique, insecticides. Ils sont également utiles dans la fabrication des crèmes, des onguents, des savons. Ses résines sont utilisées dans la parfumerie, la peinture (comme des colles), la désinfection. Elles peuvent traiter les troubles urinaires, les caries dentaires, les rhumatismes et les lésions. Ces résines sont parfois même préposées pour soigner des tumeurs. Elles jouent, en général, le rôle de cicatrisant majeur, médicaments pour l'odontalgie et d'autres maladies infectieuses.

MATERIELS ET METHODES:

I- Matériel végétal :

L'organe utilisé est constitué par les peaux et les pulpes de fruits de l'espèce *Canarium madagascariense* récoltés dans la période de 27 novembre 2015 au 1er décembre 2015 à Tampolo. Une deuxième collecte a été effectuée la semaine du 05 mars 2016

II- Matériels et méthodes :

Préparation du matériel végétal :

Les fruits mûrs de l'espèce végétale ont été épluchés, pour récupérer ses pulpes et ses peaux avec un sécateur. Ensuite cet ensemble de pulpes et de peaux est réduit en petits morceaux, à l'aide d'un couteau.

Extraction de l'HE :

L'HE a été extraite par entraînement à la vapeur d'eau au moyen d'un appareil, de type Clevenger avec un essencier à huile essentielle légère et une cocotte-minute servant de récipient conteneur. Les matières premières sont posées sur une grille dans la cocotte-minute pour éviter le contact direct avec l'eau. Après décantation, l'huile essentielle totale extraite a été conservée dans un flacon en verre bien bouchée. La première extraction a duré jusqu'à un temps de 5 heures pour une masse de 1006 g. La deuxième a duré 3 heures pour une masse de 2369g du matériel végétal.

Identification des caractéristiques organoleptiques, caractéristiques physico-chimiques et de la composition chimique de l'HE : (cf Tableau 1)

Tableau 1- Matériels et méthodes de l'identification de diverses caractéristiques de l'HE

	Matériel(s)	Méthode
Caractéristiques organoleptiques : aspect, couleur, odeur		Identification à l'œil nu
Caractéristiques physiques : Densité Indice de réfraction Pouvoir rotatoire	Pycnomètre Réfractomètre d'ABBE Polarimètre	Utilisation de divers appareils spécifiques
Caractéristiques chimiques : Indice d'acide, indice d'ester, miscibilité à l'éthanol		Dosage avec du potasse
Composition chimique	Chromatographe en phase gazeuse TRACE 3000 avec un injecteur automatique A1 13100 et de dihydrogène comme gaz vecteur. La colonne chromatographique s'agit d'un UB-WAX (L=30m, d.i.=0,5 µm) et le détecteur FID.	

Activité biologique

Le tableau suivant expose les matériels et méthodes de l'étude de l'activité antimicrobienne et antioxydante de l'HE.

	Matériels	Méthode
Activité antimicrobienne	Souches bactériennes (2 GRAMM +, 2 GRAMM -, une souche fongique)	Diffusion en milieu solide sur disques
Activité antioxydante	Plaque CCM de gel de silice F ₂₅₄ Solution DPPH (2mg/ml dans le méthanol)	Piégeage par DPPH

RESULTATS

I-Rendement en HE :

Les valeurs de rendement obtenues sont illustrées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2- Rendements en HE des peaux et pulpes de fruits de Canarium madagascariense

Type d'extraction	Période de récolte	Masse du MV	Masse de l'HE	Rendement
Entrainement à la vapeur d'eau	Mars 2016 (durée : 5h et 5min)	M (MV)=1006g	m (HE) = 8,705	R= 0,87%
	Novembre 2015 (durée : 3h)	M(MV)= 2369g	m (HE) = 29,477g	R= 1,10%

En moyenne, le rendement en huile essentielle dans la plante Canarium madagascariense est d'ordre de 0,8 – 1,10% identique à celui de la menthe poivrée (0,5 à 1%). Cette valeur paraît faible comparant à celle du romarin (1 à 2,5%) ou à celle du thym de (2 à 2,75%) mais elle s'affiche largement élevée face à un rendement en HE de 0,1 à 0,35% de la rose. [7]

II- Caractéristiques organoleptiques :

L'HE extraite est liquide, limpide, incolore et porte une odeur épicee et terpéniqne.

III- Caractéristiques physico-chimiques

Il s'agit d'une HE légère à densité égale à 0,8705<1 et est dotée d'un pouvoir rotatoire dextrogyre (+71,06). La valeur de son indice de réfraction est égale à 1,4645. 1mL de l'huile essentielle est miscible avec 3,3mL d'éthanol. L'huile essentielle se conserve bien puisque la valeur de son indice d'acide (0,693<2) est faible par rapport à son indice d'ester (9,125).

IV- Composition chimique :

Le chromatogramme de l'HE enregistré par CPG est exposé à la figure et au tableau ci-dessous :

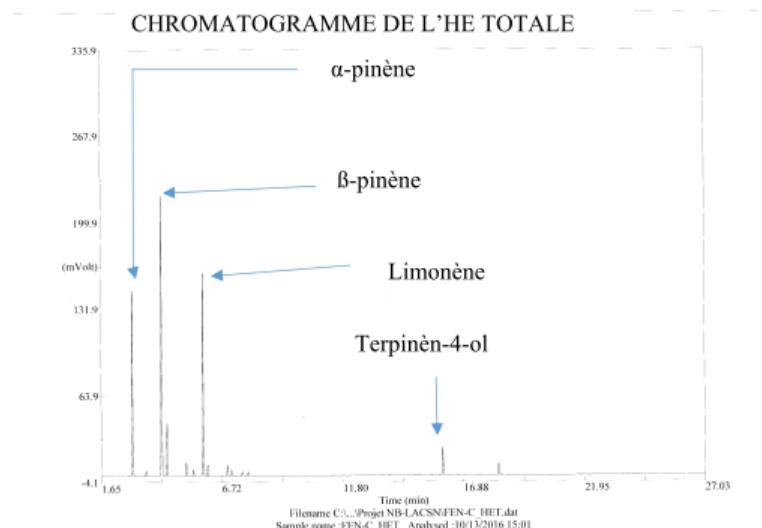


Figure 2- Chromatogramme de l'HE

30 molécules ont pu être recensées dans le chromatogramme et 83,33% de ces 30 molécules sont identifiés constituant 19 hydrocarbures et 6 composés oxygénés. Pour le cas des composés terpéniques, les proportions respectives en monoterpénoïdes, sesquiterpénoïdes sont de 68% et de 16%. Le β-pinène paraît être le produit majoritaire dans l'huile essentielle, à une teneur de (34,64%), suivi par le limonène (25,9%), l'α-pinène (18,98%), le sabinène (6,05%) et le terpinèn-4-ol (4,13%).

V- Activité antimicrobienne

L'évaluation de la sensibilité des germes suit les normes suivantes (ceux de Ponce et.al, 2003)

d < 8mm : Résistant

9mm < d < 14mm : Sensible

15mm < d < 19mm : Très sensible

d > 20mm : Extrêmement sensible

d est le diamètre des halos d'inhibition.

Les résultats sont regroupés dans le tableau 3.

Germes testés		Diamètre des halos d'inhibition (mm)	Observation
<i>Staphylococcus aureus</i>	GRAM +	21	Extrêmement sensible
<i>Bacillus cereus</i>	GRAM +	27	Extrêmement sensible
<i>Escherichia coli</i>	GRAM -	21	Extrêmement sensible
<i>Salmonella enteritidis</i>	GRAM-	26	Extrêmement sensible
<i>Candida albicans</i>	champignon	34	Extrêmement sensible

Les résultats obtenus prouvent que l'HE de *Canarium madagascariense* provoque un important effet inhibiteur envers les souches étudiées. Le champignon *Candida albicans* est le microorganisme le plus sensible à l'HE avec un diamètre de la zone d'inhibition de 34mm.

VI- Activité antioxydante :



Pour l'évaluation de l'activité antioxydante, nous avons effectué un test qualitatif au DPPH en CCM (plaqué à support en aluminium). Après 30 min dans le noir, si le dépôt de l'échantillon sur la phase stationnaire imprégnée de DPPH méthanolique vire au jaune, le test est positif. Les dépôts sont l'HE, les deux fractions HY et PO et l'extrait DCM.

On peut en déduire que l'HE est également exploitable comme antioxydant grâce à sa fraction PO.

CONCLUSION

La totalité de notre travail porte sur la contribution à la valorisation des ressources naturelles de Madagascar. Le matériel végétal constitué par l'ensemble des peaux et pulpes de fruits de la plante a été récolté au mois de Mars et Novembre respectivement en 2015 et 2016. La première étape des travaux consiste en l'extraction de l'huile essentielle de la plante par la technique d'entraînement à la vapeur d'eau en moyen d'un appareil de type Clevenger. Le rendement en huile essentielle est de 0,76 à 1,10%. L'huile obtenue est incolore, présente un aspect limpide et exhale une odeur épicee terpénique. En résumé, le profil chromatographique de l'HE T est riche en hydrocarbures (68%) avec le β -pinène (34,64%), le limonène (25,9%) comme produits majoritaires. 70

A part l'étude chimique, des études biologiques ont été aussi réalisées: des tests antimicrobiens par la méthode de diffusion en milieu solide et un test antioxydant par piégeage au DPPH. L'HE est douée d'un puissant pouvoir antimicrobien sur les souches *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteridis* et *Candida albicans*. Comme les extraits de la plupart des espèces du genre *Canarium*, l'HE du *Canarium madagascariense* possède un potentiel antioxydant qui s'appuie sur ses composés oxygénés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CORTADELLAS (D.), ANDRIANTSIFERANA (M.) et.al, 2010. Parcours de recherche à Madagascar. Livre, IRD Editions, Marseille, Chap 14
- RABEHAJA (J.R D.), 2013. Production et analyse d'huiles essentielles de plantes aromatiques et médicinales de Madagascar. Caractérisation par RMN 13 C, CPG (IR) et CPG (SM). Thèse en convention cotutelle internationale présentée pour l'obtention du grade de Docteur en Chimie, Faculté de Sciences de l'Université d' Antananarivo, Faculté de Sciences de l'Université de Corse-Pascal Paoli de France
- NOURACHANI (I.), 2010. Caractérisations physico-chimique et biologique de l'huile essentielle des écorces de *Cryptocarya crassifolia*. Mémoire pour l'obtention du diplôme de DEA de Biochimie, Faculté de Sciences de l'Université d'Antananarivo.
- RAJAGOPAL (M.), WIART (C.), 2011. *Canarium L. A phytochemical and Pharmacological Review*. Article Research Gate, ISSN: 0974-6943 <http://www.doc-developpement-durable.org/fiches-arbres/Fiche-presentation-ramy.pdf>
- RAMANGASON (I.R.), 2009. Etude des activités antibactériennes de *Canarium madagascariense* (BURSERACEAE). Mémoire pour l'obtention du diplôme de DEA de Biochimie et fondamentale appliquée, Faculté de Sciences de l'Université d'Antananarivo
- HASSANE (S.O.S.), SATRANI (B. et.al, 2011., Activité anti-microbienne et composition chimique de l'huile essentielle de *Plectranthus aromaticus Roxb.* de l'Ile de la Grande Comore. Note de recherche, Biotechnol.Agron.Soc 15(2), page 251-258

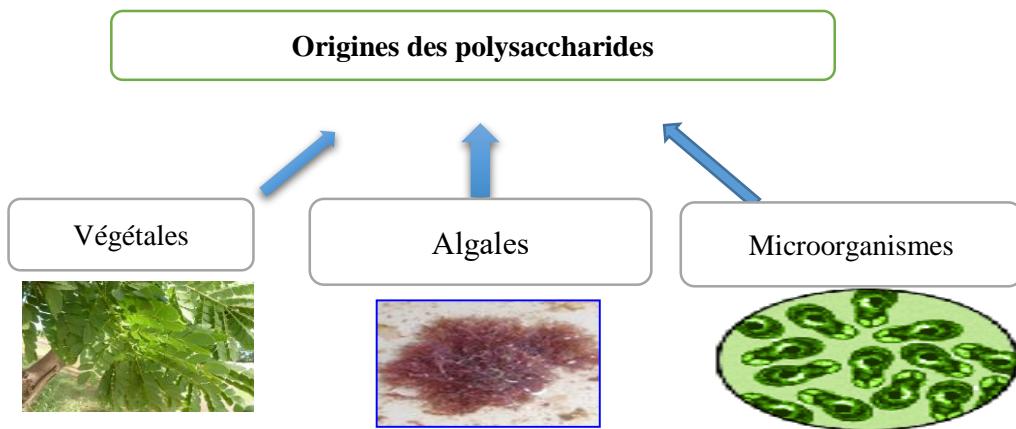
44. Contribution aux études chimiques et biologiques de polysaccharides extraits de gomme d'*albizia kalkora* (fabaceae)

MAHAZOTA Christine, Dr Abdoul Fatah, Dr Fenoradosoa Taratra Andréa

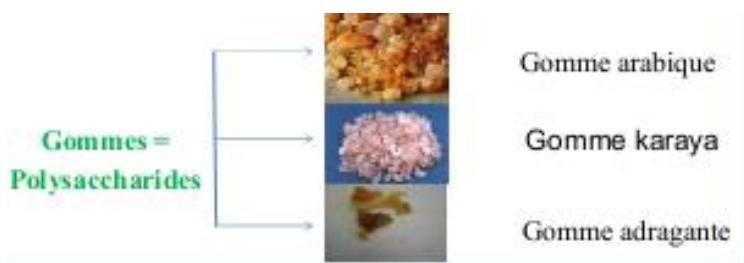
Faculté des Sciences – Université d'Antsiranana

1. Introduction

Les polysaccharides ont suscité un vif intérêt chez les scientifiques depuis une trentaine d'années. Ces macromolécules proviennent de sources renouvelables et abondantes telles que les végétaux (cellulose, amidon, alginates...) ; les animaux (chitine,...) ; les microorganismes (dextrans, pullulane...). Ces biopolymères sont généralement très hydrophiles, mais aussi biodégradables et biocompatibles.



Types des Gomme

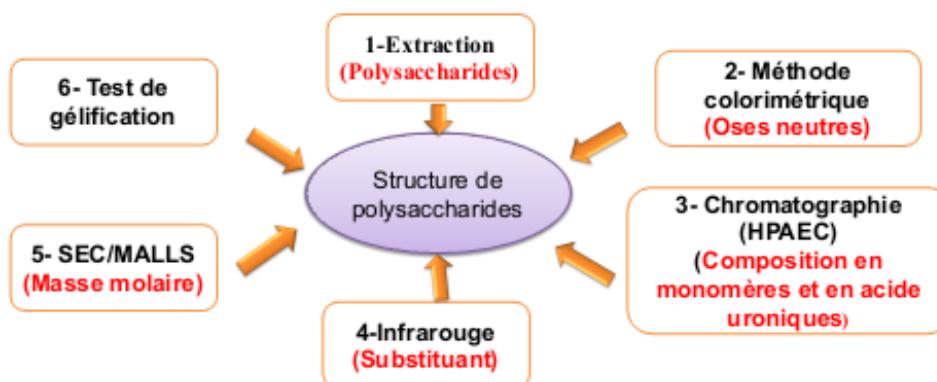


2. Objectif

Notre travail a donc consisté à définir les conditions d'extraction de polysaccharides matriciels de cette plante, à en identifier la structure, à en caractériser les propriétés physico-chimiques et les propriétés antioxydantes.

3. METHODOLOGIE

-Techniques d'analyses des polysaccharides

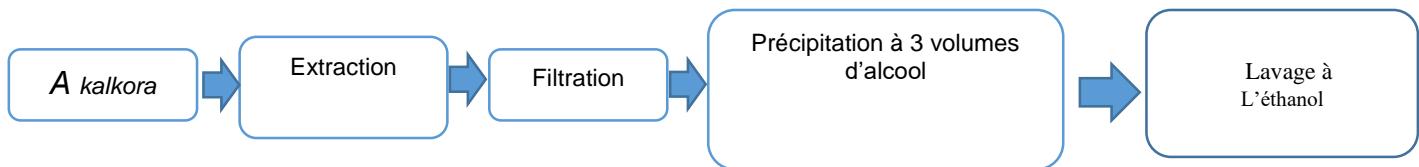


- Etudes des propriétés physico-chimiques et des activités biologiques du polysaccharide

Propriétés anti-oxydantes des poly- et oligosaccharides issus de *Albizia kalkora*

4. Résultats et discussions

-Extraction de polysaccharides d'*Albizia kalkora*



Extraction	Aqueuse à chaud, 3h	Aqueuse à froid, 3h
Couleur	Marron	Blanche
Rendement (%)	8	12

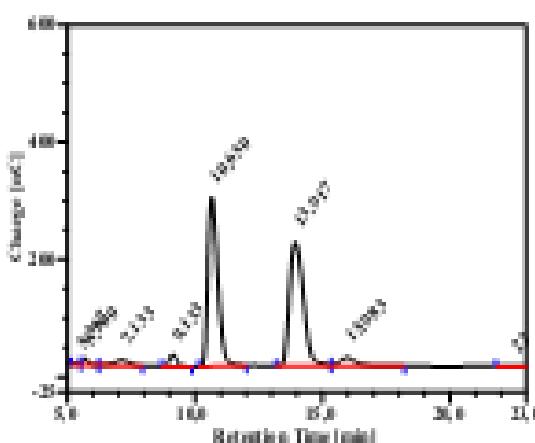
Polysaccharides d'*Albizia kalkora* avec un rendement de 12 %

- **Dosage des oses neutres**

Hypothèse: la teneur en oses neutres équivalent glucose est donc de 74 %

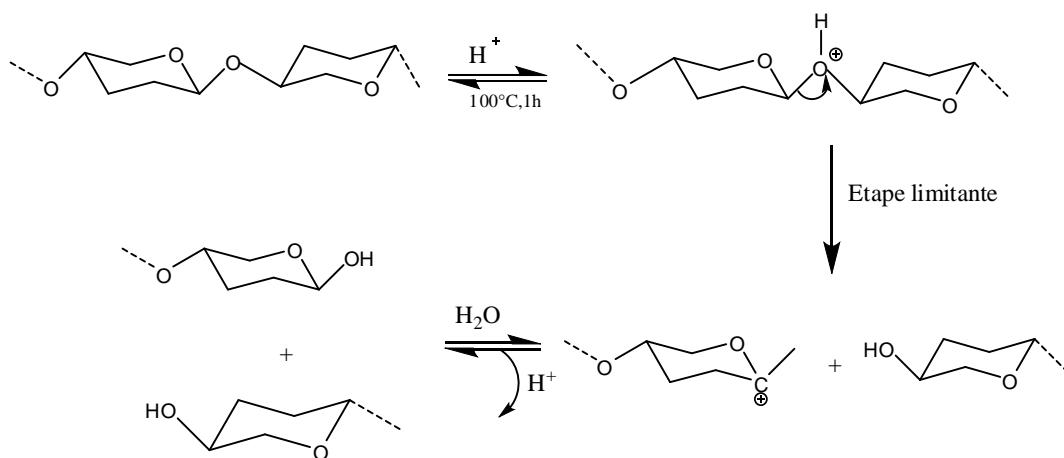
- **Composition en monomères et en acides galacturoniques par HPAEC**

Oses identifiés	Tr (min)	%Molaire
Fucose*	5,37	0,3*
Rhamnose	9,13	5,2
Arabinose	10,65	41,8
Galactose	13,92	37,7
Mannose	15,98	3,8
Acide galacturonique	37,50	11,2



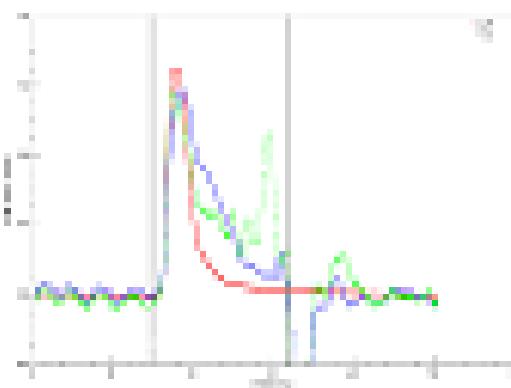
Le polysaccharide est constitué majoritairement d'Arabinose, de Galactose et d'Acide galacturonique. Notons la présence d'autres monosaccharides très minoritaires tels que: Fucose, Rhamnose, Mannose.

- Dépolymérisation de polysaccharides



- **Détermination de la masse molaire de polysaccharides par SEC/MALLS**

Echantillon	Mw (g/mol)	Mn (g/mol)	Ip
Polysaccharide d' <i>A.kalkora</i>	4 543 000	2228000	2,039
Oligosaccharide d' <i>A alkora</i>	116 100	58 320	1,99



- **Propriétés anti-oxydantes des poly- et oligosaccharides extrait d'*Albizia kalkora***

Les deux fractions (Polysaccharides et oligosaccharides) de *D'Albizia kalkora* possèdent des activités anti-oxydantes

5. Conclusion

Albizia kalkora est parmi les plantes de la famille des fabacées, introduite à Madagascar. Toutes les espèces du genre *Albizia* sont connues pour produire des gommes. Bien que riche en polysaccharide comme les autres plantes appartenant aux mêmes familles, elle n'est pas exploitée pour la production de phycocolloïdes. Notre travail a donc consisté à définir les conditions d'extraction de polysaccharides matriciels de cette plante, à en identifier la structure, à en caractériser les propriétés physico-chimiques et les propriétés antioxydantes. Notre travail a conduit à l'obtention de polysaccharides de type arabinogalactane de rendement 12 % et de masse molaire 4 543 000 g/mol. Ce polysaccharide est constitué principalement d'arabinose (41,8 %), de galactose (37,7 %) et d'acide galacturonique (11,2 %). Les fractions polysaccharidiques ne forment pas de gel mou quel que soit la force ionique. Les fractions polysaccharides et oligosaccharides ont montré des propriétés anti-oxydantes.

45. Etude de la propriété cicatrisante de *Cleome viscosa L. (CAPPARIDACEAE)*

RAKOTONIRINA Onimalala Ihanjafinaritra^{1,2}, RANDRIANAVONY Patricia², RANDIMBIVOLOLONA Fanantenainirainy², ROUKIA Djoudi¹, RAJAONARISON Jean François¹

¹Laboratoire de Recherche en Biotechnologie Environnement et Santé (LRBES), Faculté des Sciences de Technologies et de l'Environnement (FSTE), Université de Mahajanga.

²Laboratoire de Pharmacologie Générale, de Pharmacocinétique et de Cosmétologie (LPCG), Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo.

Résumé. Le présent travail a pour objectif d'étudier l'activité de *Cleome viscosa L. (CAPPARIDACEAE)* sur des plaies ouvertes provoquées chez le rat. D'après les enquêtes ethnobotaniques effectuées dans le quartier d'Ambalavato (Mahajanga), les feuilles de cette plante sont utilisées dans le traitement des plaies. Les résultats des tests *in vivo* effectués avec l'extrait hydroalcoolique de cette plante (10%), appliqué sous forme de crème, montrent qu'il réduit le temps de cicatrisation à 11 contre 15 jours chez les témoins, avec une vitesse de cicatrisation maximum de $0.45 \pm 0.20 \text{ mm}^2$ entre 3^{ème} et 6^{ème} jour, contre $0.37 \pm 1.20 \text{ mm}^2$ au 7^{ème} jour chez le témoin ($p < 0,05$). Il diminue la durée de la phase inflammatoire de 5 à 3 jours chez les plaies traitées ; et accélère l'apparition des bourgeonnements au 4^{ème} jour contre 5^{ème} jour chez les témoins. Ces résultats démontrent que l'extrait hydroalcoolique des feuilles de *C. viscosa* possède une activité cicatrisante. Cette activité serait due à la présence des triterpènes et des flavonoïdes.

Mots clés : *Cleome viscosa*, plaies ouvertes, cicatrisation, rat

Introduction

Cleome viscosa est une des plantes les plus utilisées empiriquement comme cicatrisante à Madagascar. Cette étude a été entreprise dans le but d'étudier son mécanisme d'action. Des données bibliographiques montrent que cette plante est utilisée pour traiter les infections, la fièvre et le rhumatisme (EDEOGA et coll., 2009). On utilise les parties aériennes de la plante pour soigner les infections respiratoires et les plaies infectées (EDEOGA et coll., 2009). Ainsi, son activité cicatrisante a été étudiée sur des plaies expérimentales ouvertes chez le rat Wistar, en évaluant l'effet de l'extrait de la plante sur les différentes phases et la vitesse de la cicatrisation des plaies.

Matériaux et méthodes

Enquêtes ethnobotaniques. Des enquêtes ethnobotaniques ont été effectuées dans le quartier d'Ambalavato, à Mahajanga (Région boeny).

Partie chimique

Extraction. Les feuilles de *C. viscosa* (Fig.1) ont été récoltées dans le *Fokontany* d'Ambalavato (Mahajanga), à la fin du mois de Mai 2016. Ces feuilles ont été séchées à l'ombre, dans un endroit aéré, à la température ambiante, pendant une semaine. Après séchage, 250 g de feuilles ont été broyées. La poudre obtenue a ensuite été macérée dans un mélange d'éthanol-eau (60:40) à la température ambiante pendant 3 jours (KALLA, 2012). Ensuite, le macérât a été filtré à l'aide d'un coton hydrophile. Puis, le filtrat a été évaporé à sec à la température de 85° C à l'aide d'un distillateur. L'extrait sec obtenu a été pesé et le rendement (R) a été calculé selon la formule :

$$R (\%) = \frac{\text{Masse de l'extrait obtenu}}{\text{Masse de la poudre}} \times 100$$



Figure 1. Feuilles de *Cleome viscosa*

Etude phytochimique. Un criblage phytochimique a été effectué pour identifier les différentes familles chimiques présentes dans l'extrait hydroalcoolique de *C. viscosa*.

Partie pharmacologie

Préparation de la crème de base. Une crème de base a été fabriquée. La phase aqueuse a été constituée d'eau distillée et du bicarbonate de sodium, tandis que la phase huileuse est composée d'huile de tournesol, de la cire d'abeille, de l'alcool stéaryle et de l'acide stéarique (DALLY et coll., 2007).

Préparation de la crème de l'extrait de *C. viscosa*. L'étude de l'activité cicatrisante de l'extrait de *C. viscosa* a été effectuée en l'appliquant sous forme de crème à 10% sur les plaies à traiter. Ainsi, pour préparer 20 g de crème de *C. viscosa*, 0,2 g d'extrait végétal a été mélangé avec 19,8 g de crème de base.

Animaux d'expérience. Des rats mâles de souche WISTAR, âgés de trois mois, pesant entre 200 et 250 g ont été utilisés. Ces animaux ont été répartis en deux lots: le premier lot a servi de témoin, tandis que les animaux du deuxième lot ont été traités avec de l'extrait de *C. viscosa* à 10%.

Création des plaies. Les rats ont été anesthésiés par inhalation avec un coton imbibé d'éther diéthylique. La région dorsale au niveau de l'omoplate a été épilée à l'aide d'une cire épilatoire tiède. Ensuite, deux plaies circulaires de 10 mm de diamètre ont été créées de part et d'autre de la colonne vertébrale de l'animal à l'aide d'un dispositif circulaire tranchant de 10 mm de diamètre.

Etude de l'activité cicatrisante de l'extrait de *C. viscosa*. Pour étudier l'activité cicatrisante de l'extrait de *C. viscosa*, la crème de ce dernier a été appliquée sur des plaies préalablement nettoyées, 1 fois par jour et à la même heure jusqu'à leur fermeture complète.

Etude de l'effet de l'extrait de *C. viscosa* sur la phase hémostatique. Tout de suite après la création des plaies, 5 mg de la crème de base ont été appliqués sur les plaies des animaux du lot témoin et 5 mg de la crème contenant l'extrait à 10%, ont été appliqués chez les rats du deuxième lot. La durée du saignement a ensuite été chronométrée (MANJUNATHA et coll., 2005).

Etude de l'effet de l'extrait de *C. viscosa* sur la phase inflammatoire. Pour étudier l'effet de l'extrait végétal sur la phase inflammatoire, l'œdème et la rougeur de la berge des plaies ainsi que l'exsudation au niveau de la surface des plaies, qui sont des signes de la phase inflammatoire, ont été observés (MANJUNATHA et coll., 2005).

Etude de l'effet de l'extrait de *C. viscosa* sur la phase de bourgeonnement. Le temps d'apparition des granulations a été noté et considéré comme le début de la phase de bourgeonnement (MANJUNATHA et coll., 2005).

Etude de l'activité de l'extrait de *C. viscosa* sur la phase d'épidémisation. L'apparition d'un nouvel épithélium sur le lit des plaies a été notée et considérée comme le début de la phase d'épidémisation (MANJUNATHA et coll., 2005).

Etude de l'effet de l'extrait de *C. viscosa* sur la fermeture de la plaie. L'effet de l'extrait de *C. viscosa* sur la fermeture des plaies a été étudié sur le temps de la fermeture et la contraction des plaies, en mesurant leur surface par la méthode de planimétrie directe. (SADAF et coll., 2006).

Etude de l'effet de l'extrait de *C. viscosa* sur la vitesse de cicatrisation. Pour calculer la vitesse de la cicatrisation, la surface de la plaie a été mesurée tous les jours, à la même heure, par planimétrie directe (SADAF et coll., 2006). Elle a été calculée en appliquant la formule suivante :

$$V = \frac{S(n-1)-S_n}{Jn-J(n-1)}$$

Avec V : vitesse de cicatrisation ; S (n-1) : surface de la plaie avant $n^{\text{ième}}$ jour ; S_n : surface de la plaie à chaque mesure ; et J_n-J (n-1) : variation du temps entre chaque mesure.

Expression et analyses des résultats. Les résultats des différents tests effectués ont été exprimés sous forme de moyenne \pm écart type réduit ($\bar{m} \pm$ e.s.m), et le test "t" du Student a été utilisé pour comparer statistiquement, les résultats obtenus avec une marge d'erreur de $p < 0,05$ (NDIAYE et coll., 2006).

Résultats

Enquêtes ethnobotaniques : Parmi les 48 personnes enquêtées, 35 utilisent *C. viscosa* pour atténuer l'inflammation et pour accélérer la cicatrisation des plaies, et 13 l'utilisent pour d'autres maladies.

Rendement d'extraction : 14 g d'extrait hydroalcoolique de *C. viscosa* ont été obtenus, ce qui donne un rendement de 5,6%.

Composition phytochimique : Le criblage phytochimique de l'extrait de *C. viscosa* a révélé la présence de triterpènes, d'alcaloïdes, des composés phénoliques, de leucoanthocyanes d'anthocyanes, de flavonoïdes et de sucres réducteurs suivant les proportions représentées dans le Tableau I.

Tableau I. Familles chimiques présentes dans l'extrait hydroalcoolique de feuilles de *C. viscosa*

Familles chimiques	Teneurs
TRITERPENES	+++
ALCALOÏDES	++
COMPOSES PHENOLIQUES	++
LEUCOANTHOCYANES	++
FLAVONOÏDES	+
ANTHOCYANES	+
SUCRES REDUCTEURS	+

(++) : Présence en forte teneur

(+) : Présence en teneur moyenne

(+) : Présence en faible teneur

Effet de l'extrait de *C. viscosa* sur la phase hémostatique des plaies. L'application de la crème de l'extrait de *C. viscosa* sur les plaies, juste après leur création a diminué le temps de saignement par rapport à celles du lot témoin. Le saignement s'arrête au bout de 1 min et 10 sec chez les plaies traitées avec l'extrait végétal contre 4 min et 10 sec chez les témoins.

Effet de l'extrait de *C. viscosa* sur la phase inflammatoire des plaies. La durée de la phase inflammatoire est plus courte chez les plaies traitées avec l'extrait végétal par rapport à celles du lot témoin. Le 2^{ème} jour après leur création, on observe déjà de l'excès d'humidité au niveau de leur surface et de la rougeur ainsi que de l'œdème sur la berge des plaies (Fig. 2). Ces signes d'inflammation disparaissent au 3^{ème} jour d'application de la crème chez les plaies traitées avec l'extrait de *C. viscosa*, tandis qu'ils persistent encore jusqu'au 5^{ème} jour chez les plaies témoins.

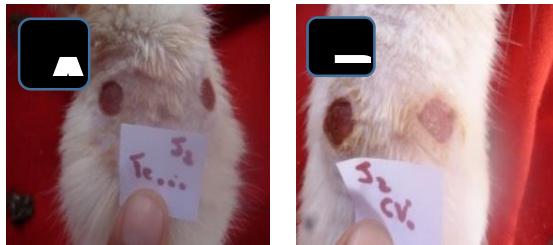


Figure 2. Plaies lors de la phase inflammatoire (A) : Témoin; (B) : traitées avec la crème de l'extrait de *C. viscosa*.

Effet de l'extrait de *C. viscosa* sur la phase de bourgeonnement des plaies. Au 3^{ème} jour d'application de la crème (J3), on observe déjà des granulations au niveau de la surface des plaies traitées avec l'extrait de *C. viscosa*. Ces granulations n'apparaissent qu'au cinquième jour (J5) chez les plaies témoins (Fig. 3).



Figure 3. Plaies lors de la phase de bourgeonnement (A) : Témoin; (B) : traitées avec la crème de l'extrait de *C. viscosa*.

Etude de l'activité de l'extrait de *C. viscosa* sur la phase d'épidémisation des plaies. La phase d'épidémisation a lieu au neuvième jour (J9) chez les plaies traitées avec l'extrait de *C. viscosa*, contre quatorzième jour (J14) chez les plaies témoins (Fig. 4).

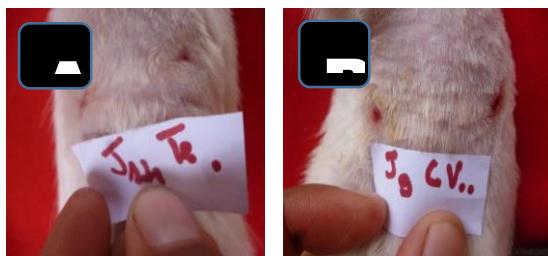


Figure 4. Plaies lors de la phase d'épidémisation (A) : Témoin ; (B) : traitées avec la crème de l'extrait de *C. viscosa*.

Effet de l'extrait de *C. viscosa* sur la fermeture des plaies. Au 11^{ème} jour (J11), les plaies des lots traitées sont complètement guéries. C'est seulement au 15^{ème} jour (J15) que celles des lots témoins commencent à se refermer (Fig. 5).



Figure 5. Observation de la fermeture des plaies (A) : Témoin ; (B) : plaies traitées avec la crème contenant l'extrait de *C. viscosa*.

Effet de l'extrait de *C. viscosa* sur la phase de contraction des plaies. Les plaies traitées avec l'extrait se contractent plus vite par rapport à celles du lot témoin. Cette contraction est très importante entre le troisième et le sixième jour de traitement. Au onzième jour de traitement, les plaies traitées avec l'extrait végétal sont complètement fermées, contre quinze jours chez les plaies témoins (Figure 6).

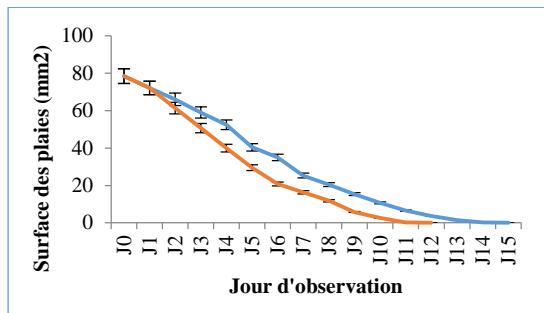


Figure 6. Variation de la surface des plaies traitées en fonction du temps d'observation. La surface des plaies traitées avec la crème de l'extrait de *C. viscosa* à 10% est représentée en rouge et celle des plaies témoins est en bleue. Chaque point représente la moyenne \pm e.s.m ($n=6$; $p<,05$).

Effet de l'extrait de *C. viscosa* sur la vitesse de cicatrisation des plaies. La vitesse de cicatrisation des plaies traitées avec l'extrait de *C. viscosa* est plus élevée que celle des plaies témoins. Cette vitesse est très importante entre le troisième et le sixième jour avec $0,45 \pm 0,2$ mm^2/jour , chez les plaies traitées avec l'extrait végétal, contre $0,37 \pm 1,2\text{mm}^2/\text{jour}$, au septième, jour chez les plaies témoins (Fig. 7).

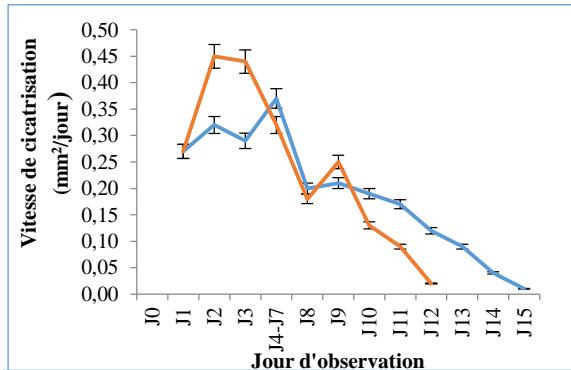


Figure 7. Variation de la vitesse de cicatrisation des plaies en fonction du temps d'observation. La vitesse de cicatrisation des plaies traitées avec l'extrait de *C. viscosa* à 10% est représentée en rouge, celle des plaies traitées avec la crème de base appliquées par voie topique est en bleue. Chaque point représente la moyenne \pm e.s.m ($n=6$; $p<,05$).

Discussion

Les tests effectués ont montré que l'extrait hydroalcoolique des feuilles de *Cleome viscosa* accélère la fermeture des plaies, raccourcit la durée de la phase inflammatoire, et accélère l'apparition du tissu de granulation et l'épithérialisation. La diminution de la durée de la phase inflammatoire pourrait être due à la présence de triterpènes dans l'extrait végétal. Par ailleurs, les activités anti-inflammatoire et antimicrobienne de *C. viscosa* ont déjà été démontrées par d'autres auteurs (PRAKASH et coll., 2012), ce qui explique la réduction de la durée de la phase inflammatoire chez les plaies traitées avec l'extrait de *C. viscosa*. En outre, l'activité anti-inflammatoire de l'extrait de *C. viscosa* est favorable à la formation des bourgeonnements, car la phase de granulations n'a lieu que lorsque la plaie est bien nettoyée par les cellules inflammatoires (KARABINTA, 2010). En plus, les effets anti-inflammatoire et antimicrobien renforcentraient l'action des cellules inflammatoires dans la détersion de la plaie, ce qui explique l'apparition précoce des granulations chez les plaies traitées avec l'extrait végétal. Ceci expliquerait la fermeture des plaies traitées avec l'extrait végétal avant celles des témoins, parce que les granulations sont constituées de fibroblastes qui se transforment en myofibroblastes contractiles. Cette contraction provoque ainsi, le rétrécissement de la surface des plaies, à l'origine de leur fermeture (LAWRENCE, 1998). La prolifération de ces granulations pourrait être due à la présence de flavonoïdes dans l'extrait, car ils sont connus comme favorisant la multiplication et la différenciation des fibroblastes (GETIE et coll., 2003). Ces résultats montrent que l'extrait des feuilles de *C. viscosa* possède une activité cicatrisante.

Conclusion

L'extrait brut hydroalcoolique de feuilles de cette *Cleome viscosa* possède une activité cicatrisante. Elle diminue la durée de la phase inflammatoire, et accélère l'apparition des granulations et la fermeture des plaies. Cette activité pourrait être attribuée aux activités anti-inflammatoire et antimicrobienne des terpènes. De plus, les flavonoïdes pourraient également intervenir en accélérant la phase de granulation. Ces résultats justifient l'utilisation traditionnelle de *C. viscosa* dans les traitements des plaies ouvertes.

Bibliographie

- DALLY L.I., COULIBAY S., ANGNIMEL H., BAMABA M. (2007). Formulation, contrôle galénique, toxicologique et essai biogénique d'une crème à activité cicatrisante à base de feuille fraîches de *Baphianitida* (PAPILIONACEAE). *Journal of Pharmaceutical Sciences biological (Washington Dc)* **8** (1). Pp. 33-40.
- EDEOGA H.O., OMOSUN G., OSUAGWU G.G.E., MBAEBIE B.O. et MADUBA. (2009). Micromorphological Characters of the Vegetative and Floral Organs of Some *Cleome* Species from Nigeria. *American-Eurasian Journal of Scientific Research* **4** (3): 124-127.
- GETIE M., GEBRE-MARIAM T., RIETZ R., HOHNE C., HUSCHAKA C., SCHMIDTKE M., ABATE A., NEUBERT R.H. (2003). Evaluation of anti-microbial and anti-inflammatory activities of medicinal plants *Dodonasa viscosa*, *Rumex nervosus* and *Rumex ayssinicus*. *Fitoterapia*, **74** (1-2): 139-143.
- KALLA A. (2012). Etude et valorisation des principes actifs de quelques plantes du Sud algérien: *Pituranthus scoparius*, *Rantherium adpressum* et *Traganum nudatum*. Université Mentouri - Constantine. Faculté des Sciences Exactes. Thèse pour obtenir le titre de docteur en Sciences, 155 p.
- KARABINTA K. D. A. (2010). Propriété cicatrisante des feuilles de *Opilia celtidifolia*. Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie de l'Université de Bamako. Thèse pour obtenir le grade de Docteur en Pharmacie (Diplôme d'Etat), 109 p.
- LAWRENCE W.T. (1998). Physiology of the acute wound. *Clinics in Plastic Surgery (Philadelphia Pa)*, **25**: 40-321.
- MANJUNATHA B.K. VIDYA S.M., RASHMI K.V., MANKANI K.L. (2005). Evaluation of wound healing potency of *Vernonia arborea* Hk. *Indian Journal of Pharmacology*, **37** (4): 223 – 226.
- NDIAYE M., SY G., DIÈYE A.M., TOURÉ M.T., FAYE B. (2006). Evaluation de l'activité anti-inflammatoire de feuilles d'*anonna reticulata* (ANNONACEAE) sur l'œdème aigu de la patte de rat induit par la carragénine. *Pharmaceutical Médecine Traditionnelle of Africa.*, Vol. **14**, pp. 179-186.
- PRAKASH C. G., RAO CH V (2012). Pharmacognostical studies of *Cleome viscosa* Linn. *Indian Journal of Natural Products and Ressources* **3**(4): 527-534.
- SADAF F., SALEEM R., AHMED M., (2006). Healing potential of cream containing extract of *Sphaeranthusindicus* on dermal wounds in Guinea pigs. *Journal of Ethnopharmacology*, **107**:3-161.
- WIGGER-ALBERTI W., MARAFFIO B., WERNLI M, ELSNER P. (1997). Self-application of a protective cream. Pitfalls of occupational skin protection. *Archives of Dermatological*, **133**: 4-861.

46. Etudes chimique et pharmacologique de *Tetradenia goudotii*. (LAMIACEAE)

Mahefaroivo ANDRIANJAKANIAINA^{1,3}, Raphaël Grougnat², Sylvia Ralambonirina¹, Sylvie Michel², A. Mbola Tiana Rakotoarisoa¹, Stéphan Rakotonandrasana¹, Bakonirina Razanamehefa³, Michel A. Ratsimbason¹, Léa .H. Rasoanaivo³, Vincent E. Rasamison¹

¹Département de Chimie / CNARP. Antananarivo, Madagascar.

²Laboratoire de Pharmacognosie, UMR CNRS 8638 COMETE, Université Paris Descartes, Faculté de Pharmacie de Paris - 4, Avenue de l'Observatoire – 75006 Paris, France.

³ Laboratoire de Chimie des Substances Naturelles et Chimie Organique Biologique, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo.

Résumé

Le test d'activité antioxydante préliminaire sur l'extrait éthanolique de tiges de *Tetradenia goudotii* a montré qu'il possède une forte activité. Ainsi les extraits issus du partage liquide-liquide ont une activité antibactérienne sur 16 souches de bactéries gram- et gram+ avec des diamètres d'inhibition variant de 7,5 mm à 18 mm par la technique de diffusion sur disque. En outre, ils ont présenté une activité antioxydante contre le radical libre 1,1-diphénol-2-picrylhydrazyle par la méthode bioautography. Le fractionnement de l'extrait actif par Chromatographie de Partage Centrifuge a permis d'obtenir trois flavonoïdes identifiées à l'ériodictyol, l'acide rosmarinique, et le cynaroside.

Mots clés : *Tetradenia goudotii*, Lamiaceae, phytochimie, études biologiques

Introduction

Lamiaceae est une large famille botanique comprenant 6 900 à 7 200 espèces réparties dans 236 genres, dont le genre *Tetradenia* (McKay et Blumberg, 2006). Madagascar possède 12 espèces endémiques de *Tetradenia* (Phillipson & Steyn, 2008) dont les feuilles sont utilisées en dermatologie, gynéco-obstétrique et dans le traitement des maladies respiratoires. De nombreuses études chimiques et biologiques sont déjà rapportées sur le genre *Tetradenia* ce qui ont montré que les espèces appartenant à ce genre constituent une importante source de composés biologiquement actifs. A notre connaissance, *Tetradenia goudotii* n'a pas encore fait l'objet d'étude approfondie.

Matériels et méthodes

Matériel végétal



Les tiges de *Tetradenia goudotii* ont été récoltées à Ambohipisaka à 6km d'Ouest de Malalalondo, du Fokontany d' Andavabato de la commune de Malalalondo dans le District d' Arivonimamo de la région Itasy. On a archivé un herbier de référence au Département de Botanique et Ethnobotanique du CNARP.

Figure1: *Tetradenia goudotii* (source: Stéphan RAKOTONANDRASANA)

Méthodes

La phytochimie bioguidée des extraits brut a été utilisée pour l'isolement et la purification des produits de cette plante. La macération éthanolique de la poudre de tiges de *T.goudotii* a été effectuée. L'extrait a été ensuite fractionné par partage liquide-liquide. L'activité antibactérienne a été évaluée par la technique de diffusion sur disque et la méthode bio autographique révélée au DPPH pour le test antioxydant des extraits. Le fractionnement de l'extrait actif a été fait par Chromatographie de Partages Centrifugés (CPC). Des analyses spectroscopiques, Résonance Magnétique Nucléaire (RMN) 1D et 2D et spectrométrie de masse ont été utilisées pour la détermination structurale des composés isolés.

Résultats et discussions

Le partage liquide-liquide de l'extrait brut éthanolique (33.09 g) a fourni quatre fractions: hexane (5.43 ± 0.1 g, 16,41%), dichlorométhane (18.41 ± 0.1 g, 55,64%), butanol (3.56 ± 0.1 g, 10,76%) et aqueuse (2.96 ± 0.1 g, 8,945%). Le test d'activité antioxydante a révélé que les fractions butanolique et aqueuse sont les plus actives. En outre, les fractions ont montré une activité antibactérienne inhibant la croissance de tous les germe-tests avec des diamètres d'inhibition compris entre 7,5 mm à 18 mm (Tableau 1).

Trois composés phénoliques ont été isolés de la fraction butanolique. Ils correspondent à l'ériodictyol (1), à l'acide rosmarinique (2), et le cynaroside (3) (Figure 2). Ils ont montré une activité antioxydante réduisant le radical DPPH (Figure 3).

Tableau 1: Effet antibactérien des fractions de *Tetradenia goudotii* testées à 1mg/disque

Souches- testées	Extraits testes (100mg/ml)/ Diamètre d'halo d'inhibition (mm)							
	ST1499-1	ST1499-2	ST149 9-3	ST149 9-4	ST1499	Neomycine	Streptomycine	Chloramphenicol
<i>Staphylococcus aureus</i>	9±0	9±0	9±0	0±0	6±0	24		
<i>Streptococcus pyogenes</i>	12±0	13±0	13±0	0±0	11±0	30		
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	15±0	18±0	16±0	0±0	11±0	29		
<i>Escherichia coli</i>	10±0	10±0	10±0	0±0	NT	22		
<i>Yersinia enterocolytica</i>	11±0	11±0	12±0	0±0	NT		22	
<i>Shygella flexnerii</i>	10±0	10±0	8±0	0±0	6±0	20		
<i>Proteus mirabilis</i>	7±0	9±0	10±0	0±0	0±0	20		
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	23		
<i>Bacillus megaterium</i>	13±0	17±0	12±0	0±0	6±0	30		
<i>Enterobacter cloacae</i>	0±0	0±0	10±0	0±0	0±0	30		

<i>Enterobacter aerogenes</i>	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	20		
<i>Clostridium perfringens</i>	8±0	12±0	12±0	0±0	9±0	25		
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	25		
<i>Bacillus cereus</i>	8±0	9±0	10±0	0±0	9±0	23		
<i>Listeria monocytogene</i>	9±0	10±0	10±0	0±0	8±0	26		
<i>Salmonella enterica</i>	10±0	10±0	10±0	0±0	8±0			23

Légende:

NT= non testé; ST1499-1: extrait hexanique ; ST1499-2: extrait dichlorométhane, ST1499-3: extrait butanolique, ST1499-4: extrait aqueux



A: Hexane
B: Dichloromethane
C: Butanol
D: Aqueux
T: Ethanolique

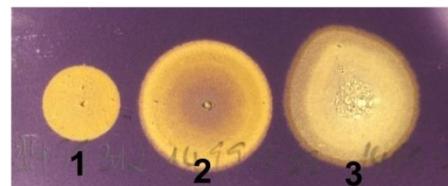


Figure 2: Activité antioxydante vis-à-vis du radical libre DPPH des extraits bruts (à gauche) et des produits (à droite) après vaporisation de la chromatoplaque par une solution de DPPH à 0,2% dans le méthanol

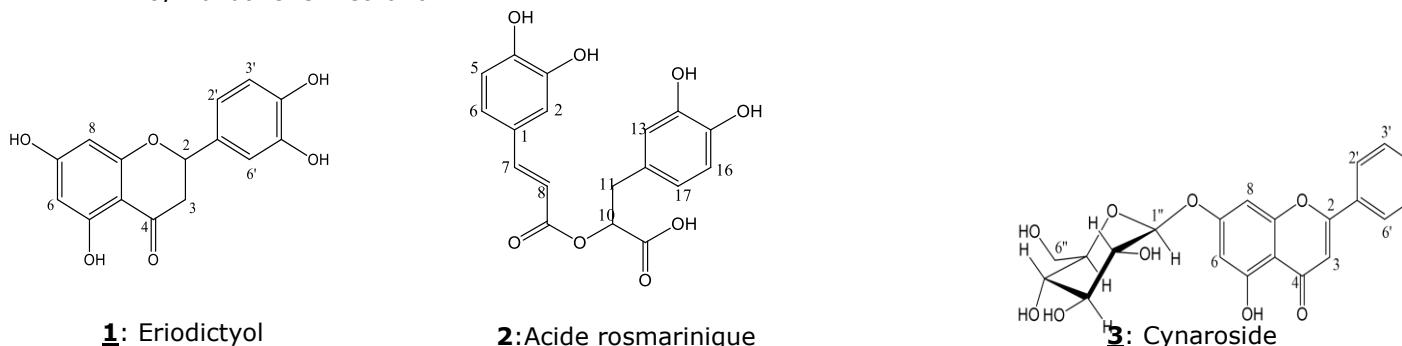


Figure 3: Structures chimiques des produits **1-3**

Les données de cette étude démontrent que *Tetradenia goudotii* est une source de produits biologiquement actifs, en l'occurrence des composés phénoliques doués de propriétés antibactérienne et antioxydante. Ces résultats contribuent à la valorisation scientifique de cette plante endémique de Madagascar. En outre ils nous encouragent à poursuivre son étude afin d'élargir la connaissance sur son profil chimique.

Références bibliographiques

- McKay, D. L. & Blumberg, J. B.** 2006. A review of the bioactivity and potential health benefits of peppermint tea (*Mentha piperita* L.). *Phytother Res.* 20: 619 – 633.
- Pernet, R.** 1957. Les plantes médicinales malgaches, Mém. Inst. Scient. Madagascar. Série B. 8 : 1-141 & 89 : 217 – 303. (1959)
- Phillipson, P. B. & Steyn, C.** 2008. *Tetradenia* (Lamiaceae) in Africa: new species and new combination. *Adansonia* sér.3, 30 (1): 177 – 176.
- Phillipson, P. B. I., Hedge, C., Clement, R. A. & Paton, A. J.** 1998. *Flore de Madagascar et des Comores*. Famille 175 LABIATEAE. Museum National d'Histoire Naturelle. Laboratoire de Phanérogamie, Buffon, Paris. 293p

COMPTE RENDU DE LA TABLE RONDE

Table-ronde sur la Valorisation de la biodiversité : perspectives pour la recherche et enjeux du développement durable - 16 Juin 2017 – Akademia Malagasy

Facilitateur :

Pr RAZAFINJARA Lala, Directeur Général du FOFIFA

PANELISTES :

Aro Vonjy RAMAROSANDRATANA – Université d'Antananarivo, Felamboahangy RASOARAHONA – HOMEOPHARMA, Claude-Anne GAUTHIER, Représentante de l'IRD à Madagascar, Michel RATSIMBASON – CNARP, Véronique ROSSOW - CNUCED

La biodiversité malgache est à la fois riche et menacée et de nombreuses communautés dépendent des ressources naturelles et des services écosystémiques qui y sont associés.

Le contexte national actuel est tel que les enjeux environnementaux ne cessent de croître.

Le contexte

Tout au long de ces dernières années, la recherche scientifique a permis de mieux comprendre les mécanismes à l'origine de l'érosion de la biodiversité, et plus particulièrement les effets des changements globaux qui représentent un enjeu scientifique majeur pour enrayer ces processus de dégradation.

Les politiques nationales ont évolué au cours de ces dernières années avec le contexte socio-économique et environnemental. De plus en plus, les documents de stratégie parlent de développement durable, en relation avec les ODD ; ce qui suppose d'autres modes de gestion sensés concilier conservation et développement. L'adoption de formes de gestion participative, concertée devrait répondre à ces nouveaux objectifs. Elles visent l'implication des acteurs locaux dans la gestion et dans la valorisation des ressources de la biodiversité.

Cependant, au final, quels ont été les résultats de ces politiques et de ces formes de gestion qui sont « en faveur de la biodiversité et de sa conservation ?

En outre, préserver la biodiversité n'est pas uniquement une question environnementale mais est également une opportunité pour une diversification économique plus rentable, une amélioration de la vie de la population par la création d'emplois et l'amélioration des revenus de ces mêmes populations.

De plus en plus, les ressources naturelles sont exploitées, faisant appel à la recherche scientifique, pour la découverte de nouveaux médicaments, de compléments alimentaires et de produits cosmétiques. Plusieurs laboratoires et centres de recherche travaillent sur ces questions à l'heure actuelle. Plusieurs laboratoires de recherche ont conclu des accords avec partenaires de recherche et industriels, se référant aux conventions internationales signées par Madagascar, dont la convention sur la diversité biologique.

Un des problèmes évoqués par les chercheurs est la non valorisation des résultats de leur recherche.

Questions / proposition de thèmes

1. Quelle exploitation de la biodiversité peut contribuer au développement du pays, et améliorer les conditions de vie de la population ?
2. Quelle valorisation de la recherche pour contribuer aux Objectifs de Développement Durable (ODD) pour Madagascar ?
3. Qu'est-ce-que la recherche scientifique peut apporter au développement ? Quels instruments développés peuvent apporter une aide à la décision pour une exploitation durable de la biodiversité ?
4. Quelles sont les conditions pour une participation active des chercheurs dans cette valorisation de la biodiversité ?

Aro Vonjy RAMAROSANDRATANA - Université d'Antananarivo

Quelle exploitation de la biodiversité peut contribuer au développement du pays, et améliorer les conditions de vie de la population ?

- Bannir le terme « exploitation » qui sous-entend une utilisation non durable et sans contreparties, car nous nous acheminons de plus en plus vers des systèmes d'utilisations plus équilibrées.
- Il faut distinguer deux points importants :
 - (i) modes d'utilisation des ressources naturelles
 - (ii) priorisation des ressources à utiliser
- Les modes d'utilisation doivent respecter les règles suivantes :
 - Equilibre et durabilité = ne pas utiliser plus que l'écosystème puisse offrir, une responsabilité éthique devenue impérative pour tous ceux qui veulent entreprendre dans les ressources naturelles afin de garantir la pérennité des activités économiques ;
 - Partage et équitabilité = trouver un compromis pour garantir un retour des bénéfices au profit des détenteurs des ressources et assurer le bien-être des utilisateurs finaux.
- Priorisation dans l'utilisation des ressources :
 - Privilégier les domaines où nous disposons de compétences (parcours de formation, personnes ressources) et d'infrastructures comme la recherche sur les plantes médicinales.
 - Développer l'utilisation des ressources liées à l'agriculture car le secteur agricole reste le premier employeur (80% de la population) pour une démographie qui va atteindre 40 millions d'individus à l'horizon 2050.

Quelle valorisation de la recherche pour contribuer aux Objectifs de Développement Durable (ODD) pour Madagascar ?

- A Madagascar, tout est prioritaire mais il faut choisir les axes allant vers la réduction de la pauvreté, la sécurité alimentaire et la santé qui confèrent de la dignité à la population. Après cela, il est possible d'améliorer la qualité de l'éducation et la durabilité des cités et des communautés.

Qu'est-ce-que la recherche scientifique peut apporter au développement ? Quels instruments développés peuvent apporter une aide à la décision pour une exploitation durable de la biodiversité ?

Il est bien admis que la recherche et les innovations technologiques qui en découlent étaient à la base du développement économique des pays du Nord.

A cause de la pauvreté, la population est encore fortement dépendante des ressources naturelles avec des utilisations non durables conduisant parfois à une destruction irréversible des écosystèmes.

Il faut alors :

- Accélérer les travaux d'inventaire, de conservation et de surveillance des ressources pour donner toutes les chances aux générations futures de les utiliser pour leur bien-être ;
- Populariser et informer continuellement et sans relâche sur notre biodiversité pour une meilleure prise de conscience des communautés ;
- Combattre les fléaux et facteurs négatifs comme les collectes illicites, les effets du changement climatique et les espèces envahissantes par des moyens appropriés.

Quelles sont les conditions pour une participation active des chercheurs dans cette valorisation de la biodiversité ?

La participation des chercheurs est réellement active et pour preuve l'enthousiasme des participants et la qualité des communications lors de ce forum. Il faut peut-être parler de conditions en faveur d'une contribution positive.

- Favoriser l'émulation dans les centres nationaux et milieux académiques, à la base de l'excellence = gratifier les chercheurs les plus performants ;
- Rentabiliser les faibles moyens et la nature « moramora » en identifiant des thématiques porteuses et en produisant des résultats ayant un impact direct sur les communautés ;
- Recruter des jeunes et favoriser les « dissonances » pour plus de dynamisme et de diversité d'idées originales.

Felamboahangy RASOARAHONA – Ingénieur de Recherche / Membre du Comité Scientifique - Représentant de l'HOMEOPHARMA

Quelle exploitation de la Biodiversité peut contribuer au développement du pays, et améliorer les conditions de vie de la population ?

Le terme « exploitation » semble inadéquat lorsqu'on parle de Biodiversité.

- Pour résumer les activités de l'HOMEOPHARMA, elle allie tradition et science. Nos activités sont principalement basées sur la mise au point de remèdes traditionnels améliorés.
- L'HOMEOPHARMA est depuis longtemps consciente qu'il faut s'assurer de la maîtrise de l'utilisation de la Biodiversité et de ne prélever que ce que la nature nous permet. HOMEOPHARMA est aussi consciente de sa Responsabilité Sociétale et Environnementale. Ainsi, pour résumer une utilisation de la Biodiversité doit être : « **juste, équitable, rationnelle et intelligente** ».
- Une utilisation juste et équitable et que toutes les parties prenantes en soient bénéficiaires c'est-à-dire que les avantages découlant de cette utilisation soient partagés (actuellement, on parle beaucoup de Accès et partage des avantages et de convention de Nagoya).
- Les éléments de cette Biodiversité doivent être utilisés de manière rationnelle et durable.
- Une exploitation rationnelle de la biodiversité qui devrait aussi contribuer à l'amélioration de la grande majorité de la population en tenant compte du fait que 80% de la population malgache ont comme activité de subsistance l'Agriculture. Il faudrait aussi par exemple, que cette utilisation apporte une solution partielle avec le problème récurrent de l'insécurité alimentaire.
- Cette utilisation doit surtout être intelligente. Par exemple, l'HOMEOPHARMA travaille avec l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques pour trouver un moyen de multiplication rapide de l'*Aloe macroclada*. Cette plante est une plante phare d'HOMEOPHARMA. Elle est surtout endémique de Madagascar commence à être de plus en plus connues et utilisées. Cependant, même si nous en plantons déjà et que diverses formes de partenariat sont établies avec les paysans pour notre approvisionnement, il est nécessaire de s'assurer de la pérennité de cette plante.

Quelle valorisation de la recherche pour contribuer aux Objectifs de Développement Durable (ODD) pour Madagascar ?

HOMEOPHARMA utilise les fruits de la recherche.

Par la valorisation de cette recherche, elle contribue aux objectifs des ODD de plusieurs manières :

- Promotion de cette biodiversité de Madagascar à travers de ses activités mais surtout ses produits aussi bien au niveau national qu'international.
- Don à la population de produits de bien-être et de santé : « naturels ». Par exemple, au problème de la malnutrition, nous essayons d'apporter des solutions à travers l'élaboration de compléments alimentaires et aliments de compléments 100% naturels et en utilisant des ressources locales.
- Création d'emploi, HOMEOPHARMA emploie plus de 400 personnes.
- Création d'une relation privilégiée avec les paysans. Mise à part notre approvisionnement par l'intermédiaire de nos plantations, nous essayons de nous approvisionner directement auprès des paysans. Nous entretenons aussi cette relation avec les paysans, par exemple, par l'intermédiaire des formations aux bonnes pratiques de collectes que nous leur octroyons.

Qu'est-ce que la recherche scientifique peut apporter au développement ? Quels instruments développés peuvent apporter une aide à la décision pour une exploitation durable de la biodiversité ?

La recherche scientifique joue un rôle essentiel dans le développement.

- La recherche scientifique joue un rôle dans la prise de conscience des enjeux et des conditions d'un développement durable. En premier lieu, elle contribue à l'anticipation des problèmes. Ensuite, elle aide à la clarification des enjeux. Enfin, elle contribue par la proposition de solutions adéquates.
- Ces solutions sont souvent multidisciplinaires et concernent plusieurs acteurs (pas seulement les chercheurs). Ces solutions apportent aussi un éclaircissement sur les décisions à prendre par les acteurs sociaux et politiques.

Quelles sont les conditions pour une participation active des chercheurs dans cette valorisation de la biodiversité ?

Pour une participation active des chercheurs dans cette valorisation de la Biodiversité, plusieurs conditions sont proposées :

- Une reconnaissance « nationale » de ce statut de Chercheur mais surtout de son importance ;
- Une facilitation des travaux de recherche : dotation de matériels, facilitation à l'accès des publications, développer un peu plus les relations avec les laboratoires internationaux... ;
- Une amélioration des conditions des Chercheurs par différents financements ;
- Une valorisation des travaux de recherche « dormants » (plusieurs recherches pertinentes sur la Biodiversité méritent d'être appliquées).
- Un encouragement du Secteur privé à s'impliquer dans la Recherche & Développement (favoriser les thèmes autour de la Biodiversité).

Claude-Anne Gauthier, Représentante de l'IRD à Madagascar : Le tourisme, une activité reconnue par les ODD

Mots clés : tourisme, ODD, développement, économie verte, conservation

Le tourisme est à la fois une activité économique, mais aussi un objet de recherche. Il faut se demander ce qui lie aujourd'hui le tourisme et le développement au point que les Nations Unies ont proclamé 2017 « Année internationale du tourisme durable ».

Cette intervention s'appuie sur les réflexions sur la contribution du tourisme au développement qui se tiennent aux Nations Unies ainsi et qui sont relayées et analysées dans de nombreuses revues scientifiques comme par exemple *Ecological Economics, Journal of Sustainable Tourism, Environmental Modelling & Software, Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development, Téoros*.

*Elle s'appuie également sur l'expérience de gestion, commencée en 1998, de la Nouvelle Aire Protégée de catégorie VI « Site Bioculturel d'Antrema » à Madagascar. Créeée pour conserver les lémuriens de l'espèce *Propithecus coronatus*, Antrema, habitée par une communauté Sakalava, est rapidement devenu un site aux multiples enjeux de développement. Il a donc été nécessaire de s'interroger sur le développement à appuyer pour améliorer les conditions de vie de la population. Ce n'est qu'après 15 ans et, avec l'appui de la communauté locale, ainsi que de l'office du tourisme régional sensible aux spécificités culturelles du site, que l'aire protégée a été ouverte au public et qu'il a été décidé d'y établir un éco-lodge.*

Ce cheminement qui relie des concepts, conservation & tourisme, parfois considérés comme antagonistes se fait donc à toutes les échelles globales et locales, avec au cœur finalement la lutte contre la pauvreté et ici, comme toile de fond principes de l'économie verte : « une économie qui engendre une amélioration du bien-être humain et de la justice sociale, tout en réduisant sensiblement les risques environnementaux et les pénuries écologiques » (1).

Dans cette logique, le PNUE par exemple a réalisé des modélisations prédictives. Il préconise d'affecter 2 % du PIB mondial (soit 1 300 milliards de dollars par an), entre 2010 et 2050, à la réorientation de dix secteurs clés : l'agriculture, les énergies renouvelables et la construction de bâtiments verts, la pêche, la foresterie, les activités industrielles, le tourisme vert, les transports non motorisés et les carburants propres, les déchets et le recyclage, l'eau et l'assainissement. Une telle réorientation entraînerait la création, d'ici à 2050, d'en moyenne 20 % d'emplois de plus que par le modèle économique actuel (1).

Du tourisme aux ODD : 2017 « Année internationale du tourisme durable »

Le choix de l'année 2017 coïncide avec le cinquantième anniversaire de la première année du tourisme désignée par l'ONU, en 1967. Depuis, s'est ajouté un qualificatif au terme de « tourisme » qui devient le « tourisme durable » inscrit au programme 2030 de l'ONU qui repose sur un plan d'action en 17 dix-sept Objectifs de Développement Durable dans les secteurs économique, du développement social et de l'environnement (2). Reconnaître une année internationale du tourisme, parmi bien d'autres activités humaines, indique la place du tourisme dans les ODD. Le tourisme est cité dans les objectifs de développement durable 8, 12 et 14 et croise dans les faits au moins cinq des dix-sept objectifs du programme :

8 - Promouvoir une croissance économique soutenue, partagée et durable, le plein emploi productif et un travail décent pour tous

12 - Établir des modes de consommation et de production durables.

14 - Conserver et exploiter de manière durable les océans, les mers et les ressources marines aux fins du développement durable.

Le tourisme durable peut donc participer à la réduction de la pauvreté. En ce sens, il rejoint les approches dites « pro-pauvres » qui mettent explicitement l'accent sur les plus démunis d'une société, en générant des « bénéfices nets » qui peuvent être économiques, mais aussi sociaux, environnementaux ou culturels.

Le tourisme est par ailleurs sollicité pour sa capacité à faire partager les valeurs et la diversité culturelles, ainsi qu'à faire connaître et reconnaître les patrimoines naturels et culturels. Connaître personnellement les lieux, les traditions, les individus, favorise l'attachement et le désir de les protéger.

Ainsi, annoncer l'année internationale du tourisme durable, c'est interpeler les décideurs, les acteurs économiques mais aussi le grand public, et les inviter à s'impliquer pour une gestion durable et équitable des ressources et le mieux être des individus.

Le tourisme et le changement climatique ?

Il ne faut pas oublier pour autant que le tourisme est interpellé par les changements climatiques car le transport impacte le climat qui lui même va influencer les paysages et donc les destinations des voyageurs. On cite régulièrement la disparition des « neiges éternelles » et à Madagascar, combien d'étapes touristiques de la côte ouest ont-elles été gommée de la carte des opérateurs touristiques ? (3)

L'interdépendance du tourisme, de la conservation et du développement

Elle est évidente, mais récente si on prend pour preuve les aires protégées à Madagascar ou d'ailleurs. Le Costa Rica est souvent cité en exemple. Il a fait de l'environnement son argument de vente. Pays sûr et pacifique, le gouvernement a supprimé ses armées en 1948 privilégiant l'investissement notamment dans la protection de l'environnement. L'année 2015 n'a fait que confirmer la tendance. Ainsi, après avoir massivement investi dans les énergies alternatives (hydroélectrique, éolienne, géothermique, solaires), l'état a produit durant 75 jours, 100% de son énergie de manière renouvelable. Un record qui doit faire du Costa Rica le premier pays neutre en CO2 d'ici à 2022. Cette première place du pays en matière de tourisme durable est le fruit de cette politique écologique avant-gardiste.

Le tourisme d'avant-garde en Afrique de l'Est

Des pays comme la Namibie, la Zambie et le Zimbabwe ont utilisé la chasse au trophée pour atteindre les objectifs de gestion communautaire des ressources naturelles par le biais du Programme de gestion des zones communales pour les ressources indigènes the Communal Areas Management Programme for Indigenous Resources (CAMPFIRE). Au Zimbabwe, CAMPFIRE est connu pour avoir généré plus de 20 millions de dollars de transferts aux communautés participantes **en 1989-2001**, dont 89% proviennent de la chasse au trophée. Par conséquent, la chasse aux trophées a contribué à la réduction de la pauvreté, à l'autonomisation locale et au développement communautaire (4).

Le tourisme pour assurer la pérennité du financement de la Nouvelle Aire Protégée d'Antrema à Madagascar

Pour Antrema, il s'agit de créer et de mettre en place un mécanisme de financement privilégiant différentes sources et une approche qui associe amélioration des conditions de vie de la population et meilleure gestion des ressources naturelles (5).

Le mécanisme se base sur les principes du paiement pour service environnementaux (PSE). Il s'agit d'identifier des bénéficiaires directs et/ou indirects (entités au niveau régional, national ou international) qui peuvent payer pour les services environnementaux liés à la gestion durable de la NAP d'Antrema et alimenter ainsi un fonds pour le financement durable à travers des contributions PSE de l'écotourisme, la certification/labérisation de filières pour dégager un surplus du prix, et des contributions directes des acteurs des différentes filières qui se pérennisent ou se rentabilisent grâce à la NAP.

Pour conclure, le tourisme est une activité humaine qui peut contribuer à l'amélioration des conditions de vie, surtout lorsque le contexte politique est sûr, tout en favorisant une gestion durable des ressources. Toutefois, il est préférable de l'inscrire dans un dispositif global d'activités, dans un socio-écosystème de l'exploitation de la biodiversité viable et durable qui prend en compte 4 systèmes : écologique, économique, socio-anthropologique et gouvernance.

Bibliographie

Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), *Vers une économie verte : Pour un développement durable et une éradication de la pauvreté – Synthèse à l'intention des décideurs*, 2011, p. 1-2.

MARCOTTE Pascale, BOURDEAU Laurent et SARRASIN Bruno, 2017, « Tourisme et développement durable. Un exercice d'adaptation, d'intégration et de conciliation », *Téoros* [Online], 36, 1 | Online since 12 May 2017, connection on 12 June 2017. URL : <http://teoros.revues.org/2979>.

LAPOINTE Dominic, SARRASIN Bruno et GUILLEMARD Alexis, 2015, « Changements climatiques et mise en tourisme du fleuve St-Laurent au Québec », *VertigO – la revue électronique en sciences de l'environnement*, n° hors-série 23, novembre, p. 1-15.

FROST Peter G.H. et BOND Ivan, 2008, « The CAMPFIRE programme in Zimbabwe : payments for wildlife services », *Ecological Economics* 65, 776 – 787.

MERAL Philippe, PESCHE Denis (coordinateurs). 2016. *Les services écosystémiques. Repenser les relations nature et société*. Editions QUAE/CIRAD/IRD, 300 p.

Michel Ratsimbason - CNARP

Avec la richesse florale malgache, le domaine de la recherche pharmaceutique basée sur les plantes médicinales et la médecine traditionnelle, pourrait certainement développer un produit pharmaceutique, un bien économique, avec tous les bénéfices générés pour le pays, la recherche, la santé humaine, etc. Le mur qui nous empêche d'y arriver n'est pas unique, il est technique : l'impossibilité d'être le « découvreur » parce qu'on ne peut pas identifier la molécule bioactive à Madagascar ; et financier : de la molécule au produit pharmaceutique nécessite beaucoup d'investissement ; et enfin le dépôt de brevet, lié à cette notion de découvreur-propriétaire, n'est pas aisé.

Une alternative proposée pour contourner ce mur est « d'innover », dans le sens pragmatique des choses. Rendre accessibles les résultats confirmés scientifiquement de la recherche au grand public, sans nécessairement une injection de recherche de haute volée mais en y incluant les concepts véhiculés par le protocole de Nagoya.

Véronique ROSSOW

La valorisation de la biodiversité permet de créer une "économie verte", autrement appelée "Bio-Economie". Pour que celle-ci soit pérenne et permette une plus juste rétribution aux premiers maillons des chaînes de valeur (ou filières), il est important de considérer suivre une méthodologie. De cette façon, il est possible de créer suffisamment de revenus localement pour participer à éradiquer la pauvreté. En effet, œuvrer contre la pauvreté influe positivement directement ou indirectement sur les autres ODD.

Dans ce contexte, le nouveau décret du 31 Janvier 2017, qui correspond à la mise en place du protocole de Nagoya sur l'APA à Madagascar, doit servir de levier sur lequel s'appuyer pour valoriser les ressources biologiques sur lesquelles Madagascar a un droit souverain.

Cette méthodologie peut comprendre les 4 principes suivants (basés sur le retour d'expérience de certaines filières iconiques de PhytoTrade Africa) :

1 - le "rapport de force" entre une petite PME locale et un industriel / multinationale du Nord n'est pas équilibré. Cependant, il est possible de créer des partenariats qui soient fonctionnels et satisfaisants pour toutes les parties prenantes. Il ne faut donc pas croire que c'est "perdu d'avance".

2 - l'investissement nécessaire pour démarrer une filière est très important, et doit se faire avant même qu'il y ait le moindre revenu généré. Cela demande un soutien des pouvoirs publics et des efforts partagés au niveau local, avec une bonne dose d'esprit entrepreneurial.

Mais une fois accomplie cette première étape pour la mise en place d'une filière, il convient aussi de réfléchir au point suivant qui concerne particulièrement les scientifiques :

3 - les résultats de recherche ont une valeur, qu'ils soient positifs ou négatifs. Il est important d'identifier les bons interlocuteurs avant de révéler quoique ce soit de façon à se prémunir contre une perte de cette valeur.

Enfin, il convient de considérer qu'un grand nombre des produits résultant de la valorisation de la biodiversité seront amenés à être exportés sur des marchés internationaux.

Ces derniers sont régulés, et il est aujourd'hui quasiment impossible pour un acteur malgache d'obtenir cette conformité avant l'exportation de ses produits. Il y a un vrai manque d'expertises techniques accessibles qui rendent les acteurs locaux dépendant de leurs partenaires export.

4 - Ces expertises requises pourraient être développées sur Madagascar de façon à permettre non seulement de soutenir les exportateurs et augmenter la valeur de ce qu'ils exportent, mais également de capter à Madagascar la pleine connaissance (technique et réglementaire) des produits dérivant de la biodiversité locale.

En conclusion, l'Homme a toujours utilisé les ressources biologiques pour se nourrir, se vêtir, se loger se soigner, etc. Une bonne gestion des ressources pour une exploitation durable sont les principes fondamentaux à accompagner, et les scientifiques de diverses disciplines ont un rôle majeur pour aider, que ce soit dans des filières plus de BioTrade ou bien celles soumises au Protocole de Nagoya sur l'APA.

ANNEXES

COMITE D'ORGANISATION

Coordonnateur Général : Claudine RAMIARISON
Direction Générale de la Recherche Scientifique
Direction de la Recherche et de l’Innovation

PARTENAIRES

Ministère de l’Environnement, de l’Ecologie et des Forêts
Service de Coopération et d’Action Culturelle - Ambassade de France
Organisation Internationale de la Francophonie/Institut de la Francophonie pour le Développement Durable (OIF/IFDD)
Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)
Institut de Recherche pour le Développement (IRD Madagascar)
Muséum National d’Histoire Naturelle (MNHN)
Université d’Antananarivo
Akademia Malagasy
Centre d’Information et de documentation Scientifique et Technique
Parc botanique et Zoologique de Tsimbazaza
Universités et Instituts Supérieur de Madagascar
Centres et Instituts Nationaux de Recherche

COMMISSION SCIENTIFIQUE ET MEMBRES DU JURY

Président de Jury :

Monsieur Joelisoa RATSIRARSON – Université d’Antananarivo

Membres de Jury :

Murielle RAMPANARIVO - Université d’Antananarivo
Marie Laure RAKOTOARIVELO - CIDST
Matthieu FAU-NOUGARET – Projet PAGESUPRE
Heriniaina RAMANANKIERANA - CNRE
Jean Claude RAKOTOZAFY – Université de Fianarantsoa
Dominique HERVE – IRD Madagascar
Roger Marie RAFANOMEZANTS OA - CNRIT
Jean Marc BOUVET - CIRAD
Eric BLANCHART – IRD Madagascar
Andry RAKOTOMAVO – Université de Toamasina
Jean Jacques RAKOTOMALALA – FOFIFA

Secrétariat:

Herisoa RAZAFIMALALA
Sahondra RAKOTOASIMBOLA
Serge Kenny RAKOTONJAHARY

PRESIDENTS DE SESSION

Communications scientifiques- au CIDST-Tsimbazaza - 15 juin 2017

- Jacqueline RAKOTOARISOA, FOFIFA
- Tantely RAZAFIMBELO, LRI-Université d'Antananarivo
- Hery Lisy Tiana RANARIJAONA, Université de Mahajanga
- Tahiana ANDRIAHARIMALALA, CNRE
- Samuel RAZANAKA, CNRE

Communications scientifiques- à l'Akademia Malagasy – Tsimbazaza - 16 juin 2017

- Michel RATSIMBASON, CNARP
- Saint Macary HERVE, CIRAD
- Vestalys Voahangy RAMANADRAIBE, LIA-Université d'Antananarivo
- Lilia RABEHARISOA, LRI-Université d'Antananarivo
- Jean RASOARAHONA, ESSAGRO – Université d'Antananarivo

PROGRAMME DU FORUM DE LA RECHERCHE

Ouverture officielle

14 juin 2017 à 10 heures

- Cérémonie d'ouverture - *au MESupReS – Fiadanana*
 - **Panja RAMANOELINA**, *Président de l'Université d'Antananarivo*
 - **Véronique VOULAND-ANEINI**, *Ambassadeur de France à Madagascar*
 - **Marie Monique RASOAZANANERA**, *Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*
 - **Olivier Mahafaly SOLONANDRASANA**, *Premier Ministre, Chef du Gouvernement*
- Inauguration officielle des stands sur la Biodiversité et Objectifs du Développement Durable - *au PBZT- Tsimbazaza*
- Cocktail d'ouverture

Communications Scientifiques et Exposition

15 et 16 juin 2017

Table ronde- à l'Akademia Malagasy – Tsimbazaza - 16 Juin 2017 à 16h

- Modérateur: **Lala RAZAFINJARA**, FOFIFA
- Paneliste 1: **Véronique ROSSOW**, CNUCED
- Paneliste 2: **Felamboahangy RASOARAHONA**, HOMEOPHARMA
- Paneliste 3 : **Claude-Anne GAUTHIER**, IRD Madagascar
- Paneliste 4 : **Aro Vonjy RAMAROSANDRATANA**, Université d'Antananarivo
- Paneliste 5 : **Michel RATSIMBASON**, CNARP
- Paneliste 6 : **Sahoby RANDRIAMAHALEO**, MEEF

14-15-16 juin 2017 de 08 heures 30 à 17 heures 30

Exposition - *au PBZT- Tsimbazaza*

-

Cérémonie de clôture

- Proclamation des résultats
- Discours de clôture
- Cocktail

Liste des abréviations

CIDST : Centre d'Information et de Documentation Scientifique et Technique

CIRAD : Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement

CNARP : Centre National d'Application des Recherches Pharmaceutiques

CNRE : Centre National de Recherches sur l'Environnement

CNUCED : Conférence des Nations Unies pour le Commerce et Développement

DGRS : Direction Générale de la Recherche Scientifique

ESSAGRO : Ecole Supérieur des Sciences Agronomiques

FOFIFA : FOibem-pirenena momba ny Flkarohana ampiharina amin'ny Fampandrosoana ny eny Ambanivohitra

IRD : Institut de Recherche pour le développement

IST : Institut Supérieur de Technologie

LRI : Laboratoire des Radio Isotopes

LIA : Laboratoire International Associé

MEEF : Ministère de l'Environnement, de l'Ecologie et des Forêts

MESUPRES : Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

ONE : Office National pour l'Environnement

PBZT : Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza

**BIBLIOGRAPHIE UTILISEE PAR LA STRATEGIE NATIONALE DE LA BIODIVERSITE
ET DES AIRES PROTEGEES**

<https://www.cbd.int/doc/world/mg/mg-nbsap-v2-fr.pdf>

Alliance Voahary Gasy. 2013. Carnet de formation des OPJ. Rapport non publié. AVG, Antananarivo.

Alliance Voahary Gasy. 2013.

http://alliancevoaharygasy.mg/index.php?option=com_content&view=article&id=1158%3A12-avril-2013--exploitation-miniere-illicite--les-effets-pervers-de-illegalite&catid=70%3Aenvironnement&Itemid=193

Andreone, F. & Randriamahazo, H., 2008. *Sahonagasy Action Plan. Conservation programs for the amphibians of Madagascar*. Museo Regionale di Scienze Naturali, Conservation International and IUCN/SSC Amphibian Specialist Group, Bogotà.

Andreone, F., Cadle, J. E., Cox, N., Glaw, F., Nussbaum, R. A., Raxworthy, C. J., Stuart, S. N., Vallan, D. & Vences, M., 2005. Species review of amphibian extinction risks in Madagascar: Conclusions from the Global Amphibian Assessment. *Conservation Biology*, 19: 1790-1802.

Andreone, F., Cox, N. A., Glaw, F., Köhler, J., Rabibisoa, N. H. C., Randriamahazo, H., Randrianasolo, H., Raxworthy, C. J., Stuart, S. N., Vallan, D. & Vences, M., 2008. Update of the Global Amphibian Assessment for Madagascar in light of new species discoveries, nomenclature changes, and new field information. In *A conservation strategy for the amphibians of Madagascar*, ed. F. Andreone. *Monographie del Museo Regionale di Scienze Naturali*, Torino, 45: 419-438.

Andreone, F., Carpenter, A. I., Copsey, J., Crottini, A., Garcia, G., Jenkins, R. K. B., Köhler, J., Rabibisoa, N. H. C., Randriamahazo, H. & C. J. Raxworthy. 2012. Saving the diverse Malagasy amphibian fauna: Where are we four years after implementation of the Sahonagasy Action Plan? *Alytes*, 29 (1-4): 44-58.

Andriafidison, D., Jenkins, R. K. B., Loiselle, P. V. , McCaskie, T., Rakotoarivelo, A. A., Rahalambomanana, J., Ravelomanana, T., Raminosoa, N. & Saunders, A. 2011. Preliminary fish survey of Lac Tsény in northwestern of Madagascar. *Madagascar Conservation Development*, 6(2). Available at: <<http://journalmcd.com/index.php/mcd/article/view/mcd.v6i2.7>>. Date accessed: 27 Mar. 2014.

Andriamahefazafy, M. 2011. Analyse juridique de la construction d'un complexe hôtelier dans la nouvelle aire marine protégée de Velondriake à Nosy Hao-Andavadoaka. Rapport non publié. AVG-DELCA, Antananarivo.

Andriambololonera, S., Razafimandimbison, S. & Rajeriarison, C. 2014. Phylogeny of the Mascaro-Malagasy Bremeria-Landiopsis clade (Rubiaceae): Evidence of the Malagasy origin of the Mascarene Bremeria. Communication au 20ème Congrès de l'AETFAT, Stellenbosch.

Andriatsiory, T. 2013. Réalisation d'une étude complémentaire en vue de l'amélioration du système de gestion communautaire des ressources naturelles (Gcrn) dans le delta de Tsiribihina et Manambolo. Rapport se stage pour le WWF. Antananarivo.

AntWeb. 2013. Madagascar ants. <http://www.antweb.org/madagascar.jsp>. (Disponible à partir du 02 Novembre 2013)

Banque Mondiale. 2010. Madagascar : Vers un agenda de relance économique. Banque Mondiale, Antananarivo.

Barthlott, W., Hostert, A., Kier, G., Küper, W., Kre□, H., Mutke, J., Rafiqpoor, M. D. & Sommer, H. 2007. Geographic patterns of vascular plant diversity at continental to global scales. *Erdkunde*, 61: 305-315.

Bestelmeyer, B. T. & Wiens, J. A. 2003. Scavenging and foraging behavior and variation the scale of nutrient redistribution among semi-arid grasslands. *Journal of Arid Environments*, 53: 373-386.

Binggeli, P. 2003. Introduced and invasive plants. In *The natural history of Madagascar*, eds. Goodman, S. M. & J. P. Benstead, pp. 257-268. University of Chicago Press, Chicago.

Blue Ventures. 2012. LMMA forum final report. Available at <http://livewiththesea.org/community-resources/reports>

Blue Ventures. 2013. Community-based sea cucumber farming portal. Available at <http://www.blueventures.org/conservation/aquaculture.html>

Blue Ventures. 2013. Community-based seaweed culture portal. Available at <http://www.blueventures.org/conservation/aquaculture.html>

BNGRC. 2011. *Plan de contingence national : cyclones et inondations 2010-2011*. Bureau National de Gestion des Risques et des Catastrophes. Inter Agency Standing Committee. United Nations. Antananarivo.

BNGRC. 2012. *Plan de contingence national : cyclones et inondations 2011-2012*. Bureau National de Gestion des Risques et des Catastrophes. Inter Agency Standing Committee. United Nations. Antananarivo.

Bosser, J. & Lecoufle, M. 2011. *Les Orchidées de Madagascar*. Biotope, Mèze.

Bourjea, J. Cicciione, S. & Ratsimbazafy, R. 2006. Marine turtles surveys in Nosy Iranja Kely, North-western Madagascar. *Western Ocean Indian Journal of Marine Science*, 5(2): 209-212.

- Bouvier, E. L. 1904.** Crevette de la famille des Atyidés : Espèces qui font partie des collections du Museum national d'Histoire naturelle. *Bulletin du Museum national d'Histoire naturelle*, 10 : 129-138.
- Boyko, B. C., Ravoahangimalala, O. R., Randriamasimanana, D. & Razafindrazaka, T. H. 2005.** *Astacoides hobbsi*, a new crayfish (Crustacea : Decapoda : Paastacidae) from Madagascar. *Zootaxa*, 1091: 41-51.
- Bytebier, B., Muasya, A. M. & Bellstedt, D. U. 2014.** Biodiversity of African plants. Challenge in a changing world. Abstracts of the XXth AETFAT Congress. National Botanic Garden of Belgium, Meise.
- Cai, Y. 2005.** On a small collection of atyid shrimps from cave Lakata Zafera, western Madagascar, with a description of a new species (Decapoda: Atyidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 118(2): 312-318.
- Callmander, M.W., P.B. Phillipson, G.E. Schatz, S. Andriambololonera, M. Rabarimanarivo, N. Rakotonirina, J. Raharimampionona, C. Chatelain, L. Gautier & P.P. Lowry. 2011.** the endemic and non-endemic vascular flora of Madagascar updated. *Pl. Ecol. Evol.* 144:121-125
- Camprasse ECM. 2010.** Study of the interactions between fishermen and dugongs (*Dugong dugon*) in the Nosy Hara Marine Park. MSc, University of Bilbao, Bilbao.
- Clausen, A., Rakotondrazafy, H., Ralison, H. O. & Andriamanalina, A. 2010.** Les Mangroves de l'Ouest de Madagascar : Analyse de la vulnérabilité au changement climatique. WWF MWIOPPO, Antananarivo.
- Community Centered Conservation (C3) Madagascar & Indian Ocean Programme. 2010.** Rapid assessment of dugongs and their sea grass habitats in the northern Madagascar. A report submitted to Migratory Species of Wild animals (CMS) Secretary, Abu Dhabi. C3 Technical Report Series, 6.
- Community Centered Conservation (C3). 2013.** Information sur les tortues marines et leurs exploitations dans la zone nord de Madagascar, Rapport non publié.
- Cornet, A.** 1974. Essai de cartographie bioclimatique à Madagascar. *Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer*, 55 : 1-28.
- Cruaud, A., Raherilalao, M. J., Pasquet, E. & Goodman, S. M. 2011.** Phylogeography and systematics of the Malagasy rock-thrushes (Muscicapidae, Monticola). *Zoologica Scripta*, 40: 554-566.
- Cumberlidge, N. & Boyko, C. B. 2001.** Les crabes d'eau douce et les écrevisses (Crustacea : Decapoda : Brachyura et Astacoidea) du corridor Ranomafana Andringitra Madagascar. *Recherches Pour le Développement. Séries Sciences Biologiques*, 17 :125-132.
- Cumberlidge, N. & Stenberg, R. V. 2002.** The freshwater crabs of Madagascar (Crustacea, Deacapoda, Potamoidea). *Zoosystema*, 24 (1) : 41-79.
- Cumberlidge, N., Fenolio, D. B., Walvoord, M. A. & Stout, J. 2005.** Tree climbing crabs (Potamonautidae and Sesarmidae) from phytothelmic microhabitats in rainforest canopy in Madagascar. *Journal of Crustacean Biology*, 25 (2): 302-308.
- Dimisoa. 2012.** Archives Nationales : L'importance des zébus au cours des siècles. News Mada, Antananarivo.
- Direction Générale de la Météorologie. 2008.** Le changement climatique à Madagascar. Météo Malagasy : Climate change analysis group. Rapport non publié. Ministère des Travaux Publics et de la Météorologie, University of Cape Town & The World Bank. Antananarivo.
- Ducoussو, M., Ramanankierana, H., Duponnois, R., Rabevohitra, R., Randriahasipara, L., Vinclette, M. Dreyfus, B. & Prin, Y. 2008.** The mycorrhizal status of native trees and shrubs from eastern Madagascar littoral forests with special emphasis on one new ectomycorrhizal endemic family, the Asteropeiaceae. *New Phytologist*, 178: 233-238.
- Edmonds, D. 2009.** Extended distribution of two frogs from Madagascar: *Mantella crocea* and *Mantella manery* (Anura: Mantellidae). *Herpetology Notes*, 2: 53-57.
- FAO. 2003.** Etat des ressources génétiques animales, Madagascar. Rapport national non publié, FAO, Antananarivo.
- FAO. 2010.** FAO Annuaire : Produits forestiers. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO/PAM. 2013.** Mission FAO/PAM d'évaluation de la sécurité alimentaire à Madagascar. Rapport non publié, FAO/PAM, Antananarivo.
- Fjeldså, J., Mayr, G., Jønsson, K. A. & Irestedt, M. 2013.** On the true identity of Bluntschli's Vanga *Hypositta perdita* Peters, 1996, a presumed extinct species of Vangidae. *Bulletin of British Ornithological Congress*, 133(1): 72-75.
- Folgarait, P. 1998.** Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: Review. *Biodiversity and Conservation*, 7: 1221-1244.
- Ganzhorn, J. U., Ganzhorn, A. W., Abraham, J. P., Andriamanarivo & Ramananjatovo, A. 1990.** The impact of selective logging on forest structure and tenrec populations in western Madagascar. *Oecologia*, 84: 126-133.

- Gardner, C. & Jasper, L. 2010.** New locality records for *Phelsuma breviceps* and *Cryptoblepharus boutonii* ssp. From Andavadoaka, southwest Madagascar. *Herpetology Notes*, 3: 233-235.
- Gardner, C. J., Nicoll, M. E., Mbohoahy, T., Oleson, K. L. L., Ratsifandrihamanana, A. N., Ratsirarson, J., Rene de Roland, L. A., Virah-Swamy, M. & Davies, Z. J. 2013.** Protected areas for conservation and poverty alleviation: Experiences from Madagascar. *Journal of Applied Ecology*. DOI 10.1111/1365-2664.12164
- Georger, R. 2012.** Reflet dans un regard : Le zébu à Madagascar. News Mada, Antananarivo.
- Glaw, F. & Vences, M. 2007.** *A field guide to the amphibians and reptiles of Madagascar*. Third edition. Vences & Glaw Verlag, Cologne.
- Golden, C. D. 2009.** Bushmeat hunting and use in the Makira Forest, north-eastern Madagascar: A conservation and livelihoods issue. *Oryx*, 43: 386-392.
- Goodman, S. M. 2006.** Hunting of Microchiroptera in south-western Madagascar. *Oryx*, 40: 225-228.
- Goodman, S. M. 2008.** *Paysages naturels et biodiversité de Madagascar*. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris.
- Goodman, S. M. 2011.** Les Chauves-souris de Madagascar. Association Vahatra, Antananarivo.
- Goodman, S. M. 2012.** Les Carnivora de Madagascar. Association Vahatra, Antananarivo.
- Goodman, S. M. & Hawkins, A. F. A. 2008.** Les oiseaux. Dans *Paysages naturels et biodiversité de Madagascar*, ed. S. M. Goodman, pp. 383-434. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris.
- Goodman, S. M., Ratrimomanarivo, F. H., Ranivo, J. & Cardiff, S. G. 2008.** The hunting of microchiropteran bats in different portions of Madagascar. *African Bat Conservation Newsletter*, 16: 4-7.
- Goodman, S. M., Raherilalao, M. J. & Block, N. L. 2011.** Patterns of morphological and genetic variation in the *Mentocrex kioioides* complex (Aves: Gruiformes: Rallidae) from Madagascar, with the description of a new species. *Zootaxa*, 2776: 49-60.
- Govaerts R., Dransfield J., Zona S. F., Hodel D. R. & Henderson A. 2014.** World checklist of Arecaceae. Kew. <http://apps.kew.org/wcsp/>. (Accédé le 17.02.2014).
- Gregori, A., Svageli, M. & Pohleven, J. 2007.** Cultivation techniques and medicinal properties of *Pleurotus* spp. *Food Technology and Biotechnol*, 45 (3): 238-249.
- Harris, A., Mohan, V., Flanagan, M. & Hill, R. 2012.** Integrating family planning service provision into community-based marine conservation. *Oryx*, 46 (02): 179-186.
- Hawksworth, D. 2006.** Fungal diversity and its implications for genetic resource collections. *Studies in Mycology*, 50: 9-18.
- Hobbs, H. H. J. 1987.** A review of crayfish genus *Astacoides* (Decapoda: Parastacidae). *Smithsonian Contribution to Zoology*, 443: 1-50.
- Humber, F., Godley, B. J., Ramahery, V. & Broderich, A. C. 2010.** Using community members to assess artisanal fisheries: The marine turtle fishery in Madagascar. *Animal Conservation*, 14: 175-185.
- INSTAT. 2011.** EPM 2010. Rapport non publié. Institut National des Statistiques. Antananarivo.
- INSTAT. 2013.** Enquête national sur le suivi des objectifs du millénaire pour le développement à Madagascar, 2012-2013. Rapport non publié. Instat, Antananarivo.
- INSTAT. 2014.** Tableau de bord économique. Numéro 14. Rapport non publié. Instat, Antananarivo.
- ITAVI. 2013.** Situation de la production et des marchés avicoles. http://www.itavi.asso.fr/economie/eco_filiere>NoteConjonctureChair.pdf
- Jean, C. 2012.** Expertise tortues marines Ankivonjy, Ankarea.
- Jenkins, R. K. B., Rabearivelo, A., Wai Mine Andre, C. T. C., Randrianavelona, R. & Randrianantoandro, J. C. 2009.** The harvest of endemic amphibians for food in eastern Madagascar. *Tropical Conservation Science*, 2(1): 25-33.
- Jones, T. G. 2013.** Shining a light on Madagascar's mangroves. *Madagascar Conservation Development*, 8(1), 4-6.
- Jones, G. T., Ratsimba, H. R., Ravaoarinorotsihoaiana, L., Cripps, G. & Bey, A. 2014.** Ecological variability and carbon stock estimates of mangrove ecosystems in northwestern Madagascar. *Forests*, 5: 177-205.
- Klopper, R. R., Rakotoarisoa, S. E. & Smith, G. F. 2013.** Checklist of the Aloes of Madagascar and the Western Indian Ocean Islands: Toward an interactive identification mechanism. *Scripta Botanica Belgica*, 50: 2633-271.
- Kull, C. A., Tassin, J., Mor, S. Meau, S., Rakoto Ramiarantsoa, H. Blanc-Pamard, C. & Carrière, S. 2012.** The introduced flora of Madagascar. *Biological Invasions*, 14: 875-888.
- Labanowski, R. J. & Lowin, A. J. 2011.** A reptile survey in a dry deciduous forest fragment in northern Madagascar showing new records for the little-known snake *Pararhadinaea melanogaster* and a range extension for the skink *Amphisglossus tanyssoma*. *Herpetology Notes*, 4: 113-121.
- Ladanyi, A., Timar, J. & Lapis K. 1993.** Effect of Lentinan on macrophage cytotoxicity against metastatic tumor cells. *Cancer Immunol Immunother*, 36: 123-126.
- Langrand, O. 1995.** *Guide des oiseaux de Madagascar*. Delachaux et Niestlé, Lausanne.

- Laran S., Van Canneyt, O., Ghislain, D., Manocci, L., Ridoux, V. & Watremez, P. 2012.** Distribution et abondance de la mégafaune marine dans le Sud-ouest de l'Océan Indien tropical. REMMOA- Ocean Indien. Rapport Final pour l'Agence des Aires Marines Protégées.
- LaSalle, J. & Gauld, I. D.1993.** Hymenoptera: their diversity and their impact on the diversity of other organisms. In *Hymenoptera and Biodiversity*, eds. J.LaSalle & I. D. Gauld, pp: 1-27. CAB International, Wallingford.
- Lobanok, A. G., Babitskaya, V. G., Puchkova T.A. & Osadchaye, O. V. 2003.** Composition and biological activity of submerged mycelium of the Xylophic Basidiomycete *Lentinus edodes*. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 39 (1): 60-64.
- MEF, ONE, CI, Norad, MNP & FTM. 2013.** Evolution de la couverture de forêts naturelles à Madagascar, 2005 – 2010. Rapport non publié. MEF, Antananarivo.
- Metcalf, J., Hampson, K., Andriamizava, A., Andrianirina, R., Ramiarisoa, C., Sondotra, H., Cairnes, T. & Gray, A. 2007.** The importance of north-west Madagascar for marine turtle conservation. *Oryx*, 41 : 232-238.
- Ministère de l'Agriculture. 2013.** Note d'orientation politique en support au PSAEP. Rapport non publié. Ministère de l'Agriculture, Antananarivo.
- Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage. 2003.** Lettre de politique de développement du secteur élevage. Ministère de l' Agriculture et de l' Elevage, Antananarivo.
- Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche (MAEP). 2004.** Filière porcine. Rapport non publié. MAEP, Antananarivo.
- Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche (MAEP). 2007.** Recensement de l'agriculture (RA) : Cheptel animal. Campagne agricole 2004-2005. Rapport non publié. MAEP, Antananarivo.
- Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche (MAEP). 2009.** Deuxième rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture. Rapport non publié. MAEP, Antananarivo.
- Ministère de la Culture et du Patrimoine. 2003.** Circonscription de Fianarantsoa : Peuple et patrimoine culturel. Antananarivo.
- Ministère de l'Elevage (MinElv). 2013.** L'élevage, un secteur à redynamiser. Rapport non publié. MINELV, Antananarivo.
- Ministère de l'Elevage. 1998.** Politique nationale sur l'amélioration génétique des animaux domestiques. Rapport non publié. MINELV, Antananarivo.
- Ministère de l'Elevage. 2010.** Décret portant organisation de l'amélioration génétique des animaux domestiques, (application de la loi sur l'élevage, 2006). Rapport non publié. MINELV, Antananarivo.
- Ministère de l'Elevage. 2012.** Définition d'un cadre d'orientation politique du développement de la filière zébu malagasy. Rapport non publié. MINELV, Antananarivo.
- Ministère de l'Elevage. 2013.** Plan de relance de l'apiculture à Madagascar. MINELV, Antananarivo.
- Ministère de l'Elevage (MinElv) & Direction des Ressources Animales (DRA). 2014.** Statistiques des cheptels à Madagascar. Rapport non publié. MINELV & DRA, Antananarivo.
- Ministère de l'Energie. 2013.** Bilan énergétique. Rapport non publié. Ministère de l'Energie, Antananarivo.
- Ministère de l'Energie. 2013.** Rapport d'activités annuelles. Rapport non publié. Ministère de l'Energie, Antananarivo.
- Ministère de l'Energie & WWF – MWIOPPO. 2012.** Diagnostic du secteur énergie à Madagascar. Rapport non publié. WWF-MWIOPPO, Antananarivo.
- Ministere de l'Environnement, de l'Ecologie et des Forets, 2014.** Stratégie Nationale de l'Information et de la Communication Environnementale pour le Développement Durable à Madagascar. MEEF, Antananarivo.
- Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts. 2003.** Première communication nationale au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur le changement climatique. Rapport non publié. République de Madagascar, Banque Mondiale & Fonds pour l'Environnement Mondial, Antananarivo.
- Ministère de l'Environnement des Eaux et Forêts. 2004.** Charte de l'Environnement et ses Modificatifs : Loi N°90 033 du 21 décembre 1990 modifié par la Loi N°97 011 du 06 Juin 1997 et N°2004 015 du 19 Aout 2004. *Journal officiel de la République*.
- Ministère de l'Environnement des Eaux et Forêts. 2004.** Décret MECIE, décret N°99 954 du 15 décembre 1999, modifié par le Décret N°2004 167 du 03 Février 2004. *Journal officiel de la République*.
- Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts. 2006.** *Programme d'action national d'adaptation au changement climatique*. Rapport non publié. République de Madagascar. Banque Mondiale. Fonds pour l'Environnement Mondial. Antananarivo.
- Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts. 2008.** Politique et Structure Nationales de Biosécurité à Madagascar. Rapport non publié (66 pages), République de Madagascar, Banque Mondiale. Fonds pour l'Environnement Mondial. Antananarivo.

- Ministère de l'Environnement et des Forêts. 2010.** Politique nationale de lutte contre le changement climatique. Rapport non publié. MEF, Antananarivo.
- Ministère de l'Environnement et des Forêts. 2010.** Deuxième communication nationale au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur le changement climatique. Rapport non publié. République de Madagascar, Banque Mondiale & Fonds pour l'Environnement Mondial. Antananarivo.
- Ministère de l'Environnement et des Forêts. 2012.** Rapport sur l'état de l'environnement à Madagascar 2012. Chapitre 2 : Atmosphère, air et changement climatique. Rapport non publié. Ministère de l'Environnement et des Forêts, Antananarivo.
- Ministère de l'Environnement et des Forêts. 2014.** Cinquième Rapport National de la Convention sur la Diversité Biologique. MEF, Antananarivo.
- Ministère de l'Environnement et des Forêts & Office National pour l'Environnement. 2012.** Evolution des composantes de l'environnement autour du Projet Ilménite de RTIT/QMM, Site de Mandena (2006 – 2011). Rapport non publié. MEF & ONE, Antananarivo.
- Ministère de l'Environnement et des Forêts, Ministère des Travaux Publics, Ministère des Transport et Ministère des Finances et du Budget. 2010.** Manuel de procédures d'Intégration Environnementale du projet du Secteur du Transport et des Travaux Publics à Madagascar. Rapport non publié. Antananarivo.
- Ministère de l'Environnement et des Forêts, Ministère des Travaux Publics & Office National pour l'Environnement. 2010.** Guide Sectoriel pour la Réalisation d'une EIE-Route. Rapport non publié. Antananarivo.
- Ministère de la Santé Publique. 2010,** Annuaire des statistiques sanitaires 2006 à 2010. Rapport non publié. Ministère de la Santé Publique, Antananarivo.
- Ministère du Tourisme. 2005.** Plan directeur du Tourisme/master plan. Rapport non publié. Ministère du Tourisme, Antananarivo.
- Ministère du Tourisme. 2008.** Programme sectoriel du tourisme. Rapport non publié. Ministère du Tourisme, Antananarivo.
- Missouri Botanical Garden. 2013.** Ecosystem profile, Madagascar. Contribution to status of plant conservation and identification of important gaps. Report to Critical Ecosystem Partnership Fund. MBG, Antananarivo.
- Mittermeier, R. A., Louis Jr., E. E., Richardson, M., Schwitzer, C., Langrand, O., Rylands, A. B., Hawkins, F., Rajaobelina, S., Ratsimbazafy, J., Rasoloarison, R., Roos, C., Kappeler, P. M. & Mackinnon, J. 2010.** Lemurs of Madagascar. Third edition. Conservation International, Arlington.
- Mizumo, T. 1995.** Shiitake *Lentinus edodes*: functional properties for medicinal and food purposes. *Food Revues International*, 11: 111-128.
- Mizuno T. 1995.** Bioactive biomolecules of mushrooms: food function and medicinal effect of mushroom fungi. *Food Revues International*, 11: 7-21.
- Moat, J. & Smith, P. 2007.** Atlas de la végétation de Madagascar. Royal Botanic Garden, Kew.
- Mohan, V., Hill, R. & Harris, A. 2011.** To live with the Sea: Reproductive health care and marine conservation in Madagascar. *Focus on Population, Environment and Security*, 23.
- Muasya, A. M., Larridon, L., Reynders, M., Huygh, W., Goetghebeur, P., Cable, S., Simpson, D. A. & Gehrke, B. 2013.** The Cyperaceae in Madagascar show increased species richness in upland forest and wetland habitats. *Scripta Botanica Belgica*, 50: 243-248.
- Oldfield, S. & Wilson, O.** 2014. Plant conservation report 2014: A review of progress in implementation of the Global Strategy for Plant Conservation 2011-2020. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montréal &Botanic Gardens Conservation International, Richmond, UK.
- Olson, D. M. 1994.** The distribution of leaf litter invertebrates along a Neotropical altitudinal gradient. *Journal of tropical Ecology*, 10: 129-150.
- Omar, H., Adamson, E. A. S., Bhassu, S., Goodman, S. M., Soarimalala, V., Hashim, R. & Ruedi, M. 2011.** Phylogenetic relationships of Malayan pygmy shrew of the genus *Suncus* (Soricomorpha: Soricidae) inferred from mitochondrial cytochrome b gene sequences. *Raffles Bulletin of Zoology*.
- Projet Ambatovy. 2012.** Rapport de développement durable. Rapport non publié. Projet Ambatovy, Antananarivo.
- Prum, R. O. & Razafindratsita, V. R. 2003.** Philepittinae, asities and sunbird-axies. In *The natural history of Madagascar*, eds. S. M. Goodman & J. P. Benstead, pp. 1123-1130. The University of Chicago Press, Chicago.
- Rabarimanarivo, M., Andriambololonera, S., Callmander, M., Pete Lowry, P., Phillipson, P., Rakotonirina, N. & Schatz, G. 2014.** Madagascar catalogue: Progress report and new insights. Communication au 20ème Congrès de l'AETFAT, Stellenbosch.
- Rabearisoa, B. 1995.** Systématique, biogeography and essais d'élevage des écrevisses malgaches. Mémoire d'ingénierat, EESA, Université d'Antananarivo, Antananarivo.

- Rabearisoa, B., Elouard, J. M. & Ramanankasina, E. 1996.** Biogéographie des écrevisses malgaches (Decapoda : Parastacidae). In *Biogéographie de Madagascar*, ed. W. R. Lourenço, pp. 559-562. ORTOM, Paris.
- Rabemananjara, Z., Rakotoarivelo, M. & Rabemanantsoa, A. 2013.** Travaux d'inventaire et de capitalisation des cas de la gouvernance de la filière Bois énergie au niveau des 5 régions de Madagascar : Diana, Boeny, Atsimo Andrefana, Analamanga et zone COFAV. Rapport non publié. Cabinet AIDES & AVG, Antananarivo.
- Radespiel, U., Ratsimbazafy, J. H., Rasoloharijaona, S., Raveloson, H., Andriaholinirina, N., Rakotondravony, R., Randrianarison, R. M., & Randrianambinina, B. 2012.** First indications of a highland specialist among mouse lemurs (*Microcebus* spp.) and evidence for a new mouse lemur species from eastern Madagascar. *Primates*, 53, 157-170.
- Rafenomanjato, Z. 2011.** Mouton de race locale malagasy: Caractéristiques morpho-métriques et barymetrique: Cas de centres de collecte et d'abattage des petits ruminants dans la périphériques Sud Ouest d'Antananarivo. Mémoire de Fin d'Etudes. Université d'Antananarivo, Antananarivo.
- Raharimalala, N. N. 2012.** Paramètres écologiques de la pérennisation de la Fasciolose bovine : Cas de la zone de la cuvette de Bevalala. Mémoire Fin d'Etudes. Université d'Antananarivo, Antananarivo.
- Raherilalao, M. J. & Goodman, S. M. 2011.** *Histoire naturelle des familles et sous-familles endémiques d'oiseaux de Madagascar*. Association Vahatra, Antananarivo.
- Rakotoarinivo, M. & Dransfield J. 2013.** The history of palm exploration in Madagascar. *Scripta Botanica Belgica*, xx: 1-8.
- Rakotoarinivo, M., Blach-Overgaard, A., Baker, W. J., Dransfield, J., Moat, J. & Svenning J.-C. 2013.** Palaeo-precipitation is a major determinant of palm species richness patterns across Madagascar: A tropical biodiversity hotspot. *Proceedings of the Royal Society B, Biological Sciences*, 280: 20123048. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2012.3048>
- Rakotoarisoa, J. E. 2012.** Rapport de l'atelier sur la gouvernance environnementale. Rapport non publié. AVG, Antananarivo.
- Rakotoarivelo, N., Razanatsima, A., Rakotoarivony, F., Kuhlman, A., Andriambololonera, S., Ramananjanahary, R., Randrianasolo, A. & Bussman, R. 2013.** *Guide des plantes d'Ambalabe*. William L. Brown Center, Missouri Botanical Garden, St Louis.
- Rakotondrazafy, A. N. A & Andrianasolo R. M. 2012.** Evaluation préliminaire de la filière tortue marine dans la baie de Moramba, les zones de Marovasa Be et d'Anjajavy, Département de Biologie Animale & Cétamada), Antananarivo.
- Ramanampamony, J. 2012.** Suivi environnemental des zones humides de la Baie de Baly, Soalala, Mahajanga, Rapport non publié, Antananarivo.
- Ramanankierana, H., Rakotoarimanga, N., Thioulouse, J., Kisa, M., Randrianjohany, E., Ramaroson, L. & Duponnois, R. 2006.** The ectomycorrhizosphere effect influences functional diversity of soil microflora. *International Journal of Soil Science*, 1(1): 8-19.
- Ramanankierana, H. Prin, Y., Rakotoarimanga, N., Thioulouse, J. Randrianjohany, E., Ramaroson, L.& Duponnois, R. 2007.** Arbuscular mycorrhizas and ectomycorrhizas in *Uapaca nojeri* (Euphorbiaceae) : Patterns of root colonization and effects on seedling growth and soil microbial functionalities. *Mycorrhiza*, 17: 195-208.
- Ranaivosoa, H. N. P. P. 2013.** Analyse spatiale des mangroves en vue d'établir un schéma d'aménagement dans la zone du Delta de Tsiribihina (Région Menabe). Mémoire de DESS, Université d'Antananarivo, Antananarivo.
- Randriamahatana, F. 2011.** Caractéristiques morpho-métriques de la chèvre de la race locale malgache destinée à l'abattage suivant le sexe. Mémoire de Fin d'Etudes. Université d'Antananarivo, Antananarivo.
- Randriamalala, H. & Liu, Z. 2010.** Rosewood of Madagascar: Between democracy and conservation. *Madagascar Conservation Development*, 5(1): 11-22.
- Randriamboavonjy, T. 2010.** Utilisation et conservation durable des espèces d'igname (*Dioscorea* sp.) du Corridor Fandriana - Vondrozo Fianarantsoa. Dans *Les ignames malgaches, une ressource à préserver et à valoriser*, eds. S.Tostain & F. Rejo-Fienena, pp. 128-136. Actes du Colloque de Toliara, Madagascar, 29-31 juillet 2009, Toliara.
- Randriamiharisoa, L. O. 2012.** Effets de bordure et de la piste de transhumance sur la communauté aviaire du Parc National de Tsimamapetsotsa. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies, Université d'Antananarivo, Antananarivo.
- Randrianantoandro, C. & Hobinjatovo, T. 2011.** New observations of Blanc's dwarf gecko (*Lygodactylus blancae* Pasteur, 1995) from the central highlands of Madagascar. *Herpetology Notes*, 4: 233-237.
- Randrianariveloseheno, A. J. M. 2004.** Système fourrager des caprins dans le Sud de Madagascar : Cas de la région d'Ebelo, Haut Bassin de Vesrant de Mandrare, Amboasary Sud. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo, Antananarivo.

- Randriantsoa, M. 2013.** Caractéristiques morphométriques des bovins destinés à l'abattage dans le Centre de tuerie de la commune rurale d'Imerintsiasosika. Mémoire de Fin d'Etudes. Université d'Antananarivo, Antananarivo.
- Raonintsoa, P., Rakotoarisoa, J. N. & Gräbener, J. 2012.** Etat des lieux de la gouvernance forestière à Madagascar. Rapport non publié. AVG, Antananarivo.
- Raselimanana, A. P. 2013.** Faune herpétologique de la forêt de Beanka, Région Melaky : Richesse biologique, intérêt biogéographique et importance dans la conservation de la biodiversité malgache. Dans La forêt de Beanka, Région Melaky, Ouest de Madagascar, eds. S. M. Goodman, L. Gautier & M. J. Raherilalao. *Malagasy Nature*, 7: 209-224.
- Raselimanana, A. P., Raherilalao, M. J., Soarimalala, V., Gardner, C. J., Jasper, L. D., Schoeman, M. C. & Goodman, S. M. 2012.** Un premier aperçu de la faune de vertébrés du bush épineux de Salary-Bekodoy, à l'ouest du Parc National de Mikea, Madagascar. *Malagasy Nature*, 6: 1-23.
- Rasoloarison, R. M., Weisrock, D. W., Yoder, A. D., Rakotondravony, D. & Kappeler, P. M. 2013.** Two new species of mouse lemurs (Cheirogaleidae: *Microcebus*) from eastern Madagascar. *International Journal of Primatology*, 34, 455-469.
- Ratsirarson, H., Rafanomezantsoa, J. J & Randriambololona, T. N. 2005.** Invasion d'une fourmi exotique *Technomyrmex albipes* (Hymenoptera, Formicidae) à Tampolo. In Suivi de la biodiversité de la forêt littorale de Tampolo, eds. J. Ratsirarson & S. M. Goodman. *Recherches pour le Développement*, Série Sciences Biologiques, 22 :41-60.
- Ravoahangimalala Ramilijaona, O., Rasoamampionona Raminosoa, N., Razanabolana Rasamy, J., Andriamaro, L. & Randianasolo, H. 2007.** Les écrevisses de Madagascar. *Recherche pour le Développement*. Série Sciences Biologiques, 25.
- Razafimahatratra, B., Razafimanjato, G., & Thorstrom, R. 2010.** A new locality for the endangered day gecko *Phelsuma klemmeri* from western Madagascar. *Herpetology Notes*, 3: 197-199.
- Razafindrakoto, Y. 2010.** Suivi des populations de cétacés depuis les plateformes d'observations des baleines dans les zones maritimes de Sainte Marie, d'Ifaty et de la Baie de Salary. Rapport non publié. Association Cétamada, Antananarivo.
- Razafindrakoto, Y. 2013.** Conservation des ressources naturelles du Parc Marin de Nosy Hara : Les efforts entrepris par la Conservation Centrée sur les Communautés (C3), 2009 – 2013. Rapport non publié, Antananarivo.
- Razafindrakoto, Y. & MEF. 2012.** Evolution, status, and impacts of fisheries interactions on dugong population in the coastal waters of Madagascar. Final Report prepared for the Convention on Migratory Species of Wild Animals, Antananarivo.
- Razafindrasetra, N. N. 2011.** Caractéristiques morpho-métriques des caprins destinés à la consommation de la Ville d'Antananarivo Madagascar selon leur origine. Mémoire de Fin d'Etudes. Université d'Antananarivo, Antananarivo.
- Razafindratsita, V. & Zack, S. 2009.** Frugivory and facilitation of seed germination by the velvet asity, *Philepitta castanea* (Müller, 1776), in the rainforest understory of Ranomafana National Park, Madagascar. *Malagasy Nature*, 2: 154-159.
- Razafindratsito Andriantsitohaina, P. 2011.** Etudes morpho-métriques des caprins chez les caprins de race locale malagasy : cas des 5 abattoirs sis à Antananarivo. Mémoire de Fin d'Etudes. Université d'Antananarivo, Antananarivo.
- Reed, S. K., Cumberidge, N. 2006.** Foza raimundi, a new genus and species of potamonautid freshwater crab (Crustacea: Decapoda: Potamoidea) from western Madagascar. *Proceeding of The Biological Society of Washington*, 119(1): 55-66.
- République de Madagascar. 2007.** Madagascar Action Plan (MAP). Antananarivo. http://planipolis.iiep.unesco.org/upload/Madagascar/PRSP/Madagascar_PRSP_Francais.pdf
- Réseau International Formation Agricole et Rurale (FAR).** Fiche pays : Madagascar.
- Robinson, G. & Pascal B. 2009.** From hatchery to community: Madagascar's first village-based holothurian mariculture programme. *SPC Beche-de-mer Information Bulletin*, 29: 38-43.
- Roger, E. 2011a.** Quelques plantes fréquentes ou remarquables de la Station forestière à usage multiple d'Antrema (Site bio-culturel d'Antrema). Rapport non publié. Département de Biologie et d'Ecologie Végétale, Antananarivo.
- Roger, E. 2011b.** Parc National n°1 de la Montagne d'Ambre. Paysage et richesse naturels. Flash sur les Aires Protégées de Madagascar. Rapport non publié. Département de Biologie et Ecologie Végétales, Antananarivo.
- Roger, E., Razakanirina, H., Rakotondrazafy, H. & Ramahaleo, T. 2012.** Vulnérabilité des mangroves de la côte Ouest de Madagascar au changement climatique : Cas des écosystèmes de mangroves de Belo sur Tsiribihina et de Masoarivo. Rapport non publié. DBEV & WWF MWIOPPO, Antananarivo.
- Roux, J. 1929.** Contribution à l'étude de la faune de Madagascar : Atyidae. Crustacea III. *Faune des Colonies Françaises*, 3: 293-319.

- Schwitzer, C., Mittermeier, R. A., Davies, N., Johnson, S., Ratsimbazafy, J., Razafindramanana, J., Louis Jr., E. E. & Rajaobelina, S. 2013.** *Lemurs of Madagascar: A strategy for their conservation 2013–2016*. IUCN SSC Primate Specialist Group, Bristol Conservation and Science Foundation& Conservation International. Bristol.
- Schwitzer, C., Mittermeier, R. A., Johnson, S. E., Donati, G., Irwin, M., Peacock, H., J. Ratsimbazafy, J. H., Razafindramanana, J., Louis Jr., E. E., Chikhi, L., Colquhoun, I. C., Tinsman, J., Dolch, R., LaFleur, M., Nash, S. Patel, E., Randrianambinina, B., Rasolofoharivelho, T., & Wright, P.C. In press.** Local management and ecotourism key to avert lemur extinction crisis. *Science*.
- Shellard, T. 2013.** Time to embrace integration, *International Lifestyle Magazine*. Available at <http://www.blueventures.org/images/articles/news/inthemedia/internationallifestylemagazinehighres.pdf>
- Short, J. W. & Doumenq, E. 2003.** Atyidae and Palaemonidae, Freshwater Shrimps In *The natural history of Madagascar*, eds. S.M. Goodman & Benstead, pp. 603-608. The University of Chicago Press, Chicago.
- Sinclair, I. & Langrand, O. 2013.** *Birds of the Indian Ocean islands*. Struik Publishers, Cape Town.
- Soarimalala & Goodman, 2011.** Les Petits mammifères de Madagascar. Association Vahatra, Antananarivo.
- Taylor, M. 2013.** The women are waiting: Conservation through reproductive health provision. *Population Matters Magazine*, 22: 12.
- Tianarisoa, T. 2010.** L'Expédition sur la faune et la flore marines dans le Grand sud malgache. 16-17.
- IUCN. 1996.** *L'atlas pour la conservation des forêts tropicales d'Afrique*. Editions Jean Pierre de Monza, Paris.
- IUCN. 2013.** Red List of Threatened Species. Version 2013.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 10 February 2014.
- Van Canneyt, O., Ghislain, D., Laran, S., Ridoux, V. & Watremez, P. 2010.** Distribution et abondance de la mégafaune marine dans le Sud-ouest de l'Océan Indien tropical. Unpublished Report to the Agence des Aires Marines protégées.
- Van Der Elst, R. (ed.). 2012.** Mainstreaming biodiversity in fisheries management: A retrospective analysis of existing data on vulnerable organisms in the South west Indian Ocean. A specialist report prepared for SWIOFP. Oceanic research Institute, Durban.
- Vences, M., Kosuch, J., Rödel, M.-O., Lötzter, S., Channing, A., Glaw, F. & Böhme, W. 2004.** Phylogeography of *Ptychadena mascareniensis* suggests transoceanic dispersal in a widespread African- Malagasy frog lineage. *Journal of Biogeography*, 31: 593-601.
- Vences, M., Köhler, J., Vieites, D. R. & Glaw, F. 2011.** Molecular and bioacoustic differentiation of deep conspecific lineages of the Malagasy treefrogs *Boophis tampoka* and *B. luteus*. *Herpetology Notes*, 4: 239-246.
- Wilmé, L., Goodman, S. M. & Ganzhorn, J. U. 2006.** Biogeographic evolution of Madagascar's microendemic biota. *Science*, 312: 1063-1065.
- Zhao, C., Sun, H., Tong, X. & Qi Y. 2003.** An antitumor lectin from the edible mushroom *Agrocybe aegerita*. *Biochemistry Journal*, 374: 321-327.
- WEB**
- www.agriculture.gov.mg
<http://www.asclme.org/>
<http://www.conservation.org/global/madagascar/initiatives/pages/team.aspx>
<http://www.cbd.int>
<http://www.ioseaturtles.org/>
<http://www.madagascar.ird.fr/>
<http://www.ioseaturtles.org/index.php>
http://31.222.186.27/moodle/pluginfile.php/791/mod_resource/content/3/Brochure_ISLANDS_france_2013.pdf
<http://www.ramsar.org>
<http://www.seaturtle.org/mtn/archives/mtn106/mtn106p7.shtml>
<http://www.objectifmada.org/index.php/presentation/biodiversite-en-danger>
<http://www.fondation-nicolas-hulot.org/extras/dossiers-pedagogiques/biodiversite/perte-biodiversite.php>
http://wwf.panda.org/fr/wwf_action_zones/madagascar_nature/

SOURCES DIVERSES

Bureau de Coordination UNESCO. Plan d'action de sauvegarde du Savoir faire du travail du bois Zafimaniry.
CEPF, 2013
IOSEA Madagascar National Report.

Plan d’Action Nationale Genre et Développement, janvier 2004.
Politique Nationale de la Population.
Politique Nationale pour la Promotion de la Femme, octobre 2000
Protection Sociale et Gestion des risques, juillet 2006.
Rapport intérimaire national sur la mise en œuvre du plan d'action mondial pour les ressources zoogénétiques.
REEM, 2012.
Stratégie de gestion des risques et Protection Sociale, mai 2005.

LES LAUREATS DU FORUM BIODIVERSITE ET OBJECTIFS DU DEVELOPPEMENT DURABLE

COMMUNICATION ORALE

1^{er} Prix : Tsibara MBOHOAHY

« *Commerce légal abusif des espèces de chamaelionidae et de geckonidae, une véritable perte biologique et économique de Madagascar* »,
CENTRE UNIVERSITAIRE REGIONAL DE L'ANDROY ET UNIVERSITE DE TOLIARA

2^{ème} Prix : ROUKIA Djoudi et al

« *Evaluation de l'activité anti-radicalaire de Tarennia Madagascariensis* »,
UNIVERSITE DE MAHAJANGA

3^{ème} Prix : RAMAMONJISOA Bruno Salomon

« *Gestion durable des ressources de la biodiversité à Madagascar : une analyse par le cadre analytique de la gouvernance* »,
UNIVERSITE DE D'ANTANANARIVO

COMMUNICATION AFFICHEE

1^{er} Prix : RAKOTONDRAOELINA Hery A, et al

« *Le copalme d'Amérique ou liquidambar, une espèce prometteuse pour préserver l'environnement et la biodiversité* »,
FOFIFA

2^{ème} Prix : RAJAONARIVELO Nirina

« *Conservation des orchidées dans le site minier d'Ambatovy* »
AMBATOVY

3^{ème} Prix : TSIAVAHANAHARY Tsaralaza Jorlin, et al

« *Identification des sites potentiels pour la reproduction et nidification des oiseaux d'eau de l'aire protégée Complexe Mahavavy- Kinkony* »,
UNIVERSITE DE MAHAJANGA

