

Table des matières

PREFACE	1
COMMUNICATIONS ORALES	2
I. BIODIVERSITE DES ESPECES ET ECOSYSTEMES – STATUT ET TENDANCES	2
ESPECES	2
1. Evaluation participative de 16 variétés de riz irrigué dans la plaine d'Ambohibary-Sambaina, région de Vakinankaratra.....	2
2. Evaluation de 288 nouvelles variétés « élites » introduites pour la riziculture de bas-fonds des Hautes Terres de Madagascar.....	5
3. Analyse génétique de l'efficience de l'utilisation de l'azote chez le riz pluvial.....	10
4. Evaluation de la stérilité mâle chez la population de riz sauvage « <i>Oryza longistaminata</i> » à Madagascar	15
5. Le gain génétique de rendement comme critère de criblage dans le processus classique d'amélioration variétale du riz	19
6. Caractéristiques physiques, physico-chimiques et nutritionnelles de trois cultivars malagasy de manioc les plus cultivés dans Région de DIANA.....	24
7. Morphologie pollinique des <i>Mascarooffea</i> , cafiers sauvages endémiques de Madagascar..	27
8. Diversité des <i>Mascarooffea</i> , cafiers sauvages endémiques de Madagascar et des îles voisines.....	32
9. Diversité phénotypique et caractéristiques biochimiques et sensorielles des graines de « Ratelo », nouveaux cafiers trihybrides hautement performants créés à Madagascar.....	37
10. Production de connaissances pour l'action, le cas du Tsiperifery	42
11. Protocole de multiplication végétative du <i>Tsiperifery (Piper spp.)</i> pour sa gestion et valorisation durable	45
12. L'Agrobiodiversité et les plantes aromatiques et épices : cas des Baies roses (<i>Schinus terebinthifolius Raddi</i> , Anacardiaceae)	49
13. Effets des variabilités climatiques saisonnières sur la floraison du Litchi (<i>Nephelium litchi Cambess</i>) à Madagascar.....	54
14. Caractéristiques épidémiologiques de la maladie de Newcastle en aviculture villageoise de Vatomandry.....	58
15. Statut immunitaire de poulets villageois primo-vaccinés par I-2 PESTAKOHO contre le virus de la maladie de Newcastle au niveau des zones pilotes à Antananarivo, Madagascar	63
16. Caractéristiques morphométriques et relation taille-poids chez le zébu malagasy « <i>bos taurus indicus</i> » (<i>linnaeus, 1758</i>).....	69
17. Elevage de Petits Ruminants : Prévalences et facteurs de risque de zoonoses abortives.....	74
18. Paratilapia polleni BLEKER (1868) : Biologie et élevage.....	78
ECOSYSTEMES	81
19. Enherbement des différentes zones de culture dans le district de Mahanoro (Madagascar) ..	81
20. Degré d'infestation et caractérisation de la population de cyperaceae et de poaceae adventices des cultures dans la commune Anosibe Ifanja, district de Miarinarivo (Région Itasy)....	85

21. Télédétection pour la classification des zones de pâturage de Tsiroanomandidy (Madagascar) via l'algorithme « Random Forest »	88
22. Limitations édaphiques de la production agricole sur abattis-brûlis en forêt humide malgache	95
23. Impacts du « Foza orana » (<i>Procambarus sp.</i>) sur la riziculture irriguée et la faune aquatique. Alternative pour sa transformation en alimentation animale.....	99
OUTILS, SUIVI	103
24. Loharano, la base de données des ressources génétiques des plantes cultivées à Madagascar	103
- Les enjeux de la veille informationnelle et stratégique pour une agrobiodiversité au service du développement durable.....	108
II. GESTION ADAPTEE, TECHNIQUES D'AGROBIODIVERSITE	115
AGROBIODIVERSITE ET CHANGEMENT CLIMATIQUE	115
25. Approche d'utilisation de l'agrobiodiversité par la Biotechnologie: Détection du loci de traits quantitatifs (QTLs) tolérance au froid dans la population «Back cross (BC)» du riz (<i>Oryza sativa.L</i>)	115
AGROBIODIVERSITE, AMÉLIORATION DE LA PRODUCTIVITÉ	120
26. Les enjeux socioéconomiques et environnementaux de l'agriculture biologique à Madagascar face à l'essor futur de l'agrobusiness.....	120
27. Agro-biodiversité dans les exploitations agricoles familiales du Moyen Ouest de Vakinankaratra : des paysans en avance sur la recherche et le développement agricole durable ?	125
28. Impacts des agrosystèmes sur la restauration de la biodiversité des champignons mycorhiziens à arbuscules dans un champ de culture de maïs <i>Zea mays L.</i> , variété Plata infesté de plante parasite <i>Striga asiatica</i> (L.) Kuntze	139
29. Durabilité de la culture fruitière dans le système agroforestier traditionnel de l'Est malgache	145
30. Apport du système de riziculture améliorée à la conservation de la biodiversité de l'Aire Protégée Complexe Mahavavy-Kinkony	149
31. Effets de la technique de la greffe anglaise du manioc de variété sauvage <i>M. glazivio</i> sur des variétés locales de <i>M. esculenta</i> sur le contrôle de la MVAM et la récolte dans la région d'Itasy	153
32. Amélioration de la croissance et de la production chez la pomme de terre (<i>Solanum tuberosum</i>), le haricot (<i>Phaseolus vulgaris</i>) et le petsay (<i>Brassica campestris</i>) cultivés sur un sol ferrugineux amendé au biochar	157
33. Validation d'un produit phytosanitaire biologique contre les maladies de la pomme de terre.....	160
SOL, FERTILITE	162
34. Perception paysanne de la fertilité : un modèle de recherche action paysanne?.....	162
35. Les rhizobia natives de Madagascar et leur rôle dans la promotion de la culture de haricot	169
36. Inoculation des graines et apport de phosphore, des pratiques prometteuses pour la culture du haricot en vue de son expansion dans le Moyen-Ouest du Vakinankaratra	177
37. Gestion de la qualité du lombricompost pour favoriser le développement de la biodiversité microbienne du sol et le développement du haricot (<i>Phaseolus vulgaris</i>).....	181

38. Effet des itinéraires techniques sur la population lombricienne en maraîchage : cas du maraîchage périurbain de Belobaka Mahajanga sur le pourtour du lac Betamango	186
39. Exploitation de la diversité fonctionnelle des microorganismes telluriques pour la gestion durable de la production végétale	189
III. STRATEGIES DE CONSERVATION ET DE GESTION DURABLE.....	197
40. Importance écologique des Gestions Contractualisées des Forêts naturelles de Vohidahy et de Sahatsihô-Ambohimanjaka dans le Betsileo nord	197
41. Les communautés locales face à l'utilisation du système multilatéral d'accès aux ressources phylogénétiques et de partage des avantages pour l'adaptation aux changements climatiques – Cas d'Analavory et d'Antavolobe	201
IV. SECURITE ALIMENTAIRE ET NUTRITIONNELLE, VALORISATION.....	205
42. Potentialités nutritionnelles de « <i>Tacca pinnatifida</i> », tubercules consommés pendant la période de disette alimentaire dans la région de Vatovavy-Fitovinany (Madagascar)	205
43. Valorisation de la biodiversité Malgache : Utilisation des bananes plantains, des graines de soja et des feuilles de <i>Moringa oleifera</i> dans la production d'une farine infantile	208
44. Adaptation au changement climatique : Perspective d'utilisation des farines de patate douce, des bananes plantains et de manioc dans la boulangerie	214
45. Boisson alcoolisée obtenue à partir de <i>Anacardium occidentale</i> par l'auto-fermentation de leurs levures endogènes	220
46. Propriété physico - chimique et intérêt pharmacologique du vin rouge de Fianarantsoa Madagascar	224
47. Evaluation de la production de furfural à partir de biomasses locales pour une bioraffinerie agricole intégrée et durable à Madagascar	228
48. Paramètres écologiques et compositions chimiques d'huiles essentielles de <i>Citrus aurantium</i> , variété voasary gasy et voanginamboa ranomafana – Madagascar	232
49. Contamination des viandes fraîches sur étals par <i>Campylobacter</i> sp et <i>Salmonella</i> sp dans la ville et périphérie d'Antananarivo	237
50. Caractères microbiologiques des aliments de rue de la ville de Fianarantsoa	241
COMMUNICATIONS AFFICHEES	250
I. BIODIVERSITE DES ESPECES ET ECOSYSTEMES – STATUT ET TENDANCES ESPECES	250
1. Utilisation de la Diversité génétique pour une résistance durable à la Pyriculariose du riz à Madagascar	250
2. Introduction de nouveaux cultivars de taro : un levier pour le développement durable	251
3. Sélection de génotypes de maïs tolérants à la plante parasite <i>Striga asiatica</i> (L.) Kuntze à Madagascar	257
4. Caractérisation de la composition pariétale des cellules bordantes et du mucilage racinaire des lignées de maïs (<i>Zea mays L.</i>) putatives mutantes tolérantes à <i>Striga asiatica</i> (L.) Kuntze.....	263
5. Etude de la valeur nutritive d' <i>Heteropogon contortus</i> [L] dans le fokontany d'Ivaro Est, Kibavato et Ambatolahy Centre, de la Commune Rurale d'Ambatolahy, District d'Ihosy.....	267
6. Le maciba, une espèce prometteuse pour la préservation des ignames sauvages en danger d'extinction de Madagascar	272

7. La vanille : une plante tropicale aromatique et levier de développement socio-économique de la Région SAVA, Madagascar.....	274
8. Poissons endémiques de Madagascar cas de la : <i>Paratilapia sp.</i> (Bleeker, 1868) de la pêcherie d'Andranomena d'Ivohibe	277
9. Amélioration qualitative de la production de poulets de chair de race autochtone par le biais de l'alimentation biologique	281
ECOSYSTEMES	284
10. Enherbement des rizières et pratiques paysannes de lutte dans le périmètre rizicole d'Ambohibary Sambaina (Région Vakinakaratra)	284
11. Etude de l'environnement aquatique des Poissons dans le District de Fianarantsoa I, Madagascar	289
12. Diversité des communautés des mauvaises herbes et enherbement des cultures à Madagascar	293
13. Adaptation des activités agricoles aux variabilités des paramètres climatiques: cas de l'agriculture périurbaine de Mahajanga.....	297
14. Effet du changement climatique sur la conduite de l'élevage porcin.....	301
15. Orpaillage et pratiques agroécologiques à Vavatenina : quid de leur compatibilité ?	304
OUTILS, SUIVI	307
16. L'utilisation des TIC dans la diffusion des connaissances sur les adventices des cultures	307
17. WIKWIO IDAO : Outil d'identification des adventices de l'Ouest de l'Océan Indien assistée par ordinateur	310
18. Modélisation de chaînes de traitement d'analyse des données pluviométriques pour mieux s'adapter à l'agriculture. Application: Région Alaotra Mangoro, Madagascar	315
19. Le Portail de données en ligne de RéBioMa, un outil pour la planification de la conservation à Madagascar	322
20. Caractérisation des conditions optimales pour la production de Darutoside chez <i>Sigesbeckia orientalis</i>	325
21. Analyse spatiale des risques sur le secteur agricole face aux aléas majeurs à Madagascar ...	329
II. GESTION ADAPTEE - TECHNIQUES D'AGROBIODIVERSITE	333
22. Impact de l'effet des systèmes de couverture végétale vive et morte (<i>Niébé et Stylosanthes</i>) sur l'attaque de la plante parasite <i>Striga asiatica</i> (L) kuntze aux cultures de maïs (<i>Zea mays L</i>) ...	333
23. Effets des fertilisants et du système de couverture végétale morte aux cultures de maïs (<i>Zea mays L.</i>), variétés Plata et IRAT200 améliorées attaquées par <i>Striga asiatica</i> L. Kuntze à Kianjasoa	337
24. Les plantes de service peuvent-elles réduire les dégâts des vers blancs sur culture de riz pluvial ?	342
25. Amélioration de la technologie de production artisanale de sucre.....	345
26. Essai de production du lombricompost et application sur la culture de la ciboule (<i>Allium fistulosum</i>) à Mahajanga	348
27. Etude comparative de la reproduction et de la production de compost des deux espèces de vers de terre <i>Eisenia foetida</i> et <i>Eisenia andrei</i> à Mahajanga	350

28. Valorisation de la plantation de <i>Raphia farinifera</i> pour maintenir le développement agricole et les activités artisanales. Cas de l'action réalisée dans l'AP CMK	354
29. Impacts de la gestion agro écologique de zévo (zezika volkanika) sur la biodiversité, la productivité et le changement climatique	358
III. STRATEGIES DE CONSERVATION ET D'UTILISATION DURABLE	362
30. Contribution à l'aménagement et la gestion durable du «Tsiperifery» pour le développement économique des alentours du Parc National Ranomafana.....	362
31. Valorisation de la biodiversité agricole à partir des savoirs locaux des agrumiculteurs dans la région Analamanga	365
32. Traitements traditionnels des produits halieutiques chez les Vezo, relatifs à la conservation de la biodiversité marine. Sud-Ouest de Madagascar	370
33. Diversité des miels de la région du Parc National de Ranomafana	372
34. Durabilité de la biodiversité apicole malagasy : conduite des ruchers et des cultures agricoles	375
35. Préparation du solvant vert à partir du manioc : Hydrolyse chimique de l'amidon de manioc en glucose, dextrines et hydroxyméthylfurfural (HMF).....	380
36. Evaluation du potentiel en bois d'un reboisement de <i>Pinus spp.</i> , dans le périmètre de reboisement d'Ambohiphaonana Région Alaotra Mangoro.....	383
IV. SECURITE ALIMENTAIRE ET NUTRITIONNELLE, VALORISATION	389
37. Guilandina bonduc (LEGUMINEUSE), une plante médicinale antidiabétique : valorisation de l'utilisation.....	389
38. Le carmin, sous- produit du figuier de barbarie pour un développement durable dans le Sud de Madagascar	393
39. Production de plants de bananier « <i>Musa sp</i> variété Grande naine » par la culture <i>in vitro</i> ..	398
40. Micropropagation <i>in vitro</i> de vanillier « <i>Vanilla planifolia</i> » aux perspectives industrielles et socio-économiques à Madagascar	402
41. Influences du séchage direct et indirect sur la valeur nutritionnelle, la capacité antioxydante et les propriétés organoleptiques de <i>Curcuma longa</i>	406
42. Valorisation des variétés de Konoke (haricot de Lima, <i>Phaseolus lunatus</i>) dans l'alimentation de la communauté locale de la région Androy pour l'amélioration de résilience face aux chocs liés au Changement Climatique, et pour la sécurité alimentaire	410
43. Fruits : un support alimentaire et un apport économique du Sud, au Sud de Madagascar	413
44. Culture de légume-fruits dans la zone périurbaine de Mahajanga : contraintes et gestion de la fertilisation	415
45. Une initiative pilote pour la sauvegarde de la biodiversité et la conservation de la faune sauvage par la protection de l'aviculture villageoise contre la maladie de Newcastle	420
46. Fabrication des pains composites à partir des farines de blé, de manioc, des patates douces et des bananes plantains.....	425
47. Contribution au développement de la culture de tomates dans la Commune Rurale d'Andina	428
48. Conversion de la bagasse en bioéthanol appliquée à la cuisson	431

49. L'agro biodiversité et agritourisme au cœur de développement territorial : le Cas des communes rurales Ranomafana et Sahambavy (région Haute-Matsiatra) et Ranomafana (région Vatovavy-Fitovinany), Madagascar	434
COMMUNICATIONS INTRODUCTIVES EN SEANCE PLENIERE	438
1. Agrobiodiversité et Recherche Agricole pour le Développement Rural	438
2. Agrobiodiversité et résilience des systèmes agricoles	438
3. Agrobiodiversité: quels leviers pour une agriculture durable ?	440
COMITE D'ORGANISATION	443
PARTENAIRES	443
COMMISSION SCIENTIFIQUE ET MEMBRES DU JURY	443
PRESIDENTS DE SEANCE DES COMMUNICATIONS	443
LES LAUREATS	444

PREFACE

Le choix du thème «agrobiodiversité», pour cette seconde étape du Forum sur la Biodiversité et le Développement Durable, n'était pas du tout fortuit, dans la mesure où il fait partie des préoccupations majeures, non seulement, au niveau de Madagascar, mais aussi au niveau mondial.

L'agrobiodiversité représente, en effet, un enjeu très important, plus particulièrement dans ce contexte de lutte contre la pauvreté, dans un pays comme le nôtre où plus de 80% de la population vivent de l'agriculture. Dans le contexte des changements globaux actuels, l'agrobiodiversité se trouve au centre des réflexions et des actions. Que ce soit, dans le cadre de la convention sur la diversité biologique, que dans celui du traité international sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture, la Recherche scientifique se penche sur cette thématique, de multiples manières : développement rural et agriculture durable, conservation de la diversité biologique et génétique, biotechnologie, variétés de semences sont autant d'orientations de recherche présentées dans cet ouvrage. Ce sont là quelques-unes des facettes très importantes de la recherche qui ont été traitées par plus d'une centaine de chercheurs réunis au mois de novembre 2017, à Fianarantsoa pour faire l'état de la recherche en agrobiodiversité.

Lors du lancement officiel de la trilogie de la Recherche, le 24 mars 2017, j'avais annoncé que nous étions à un tournant déterminant pour la recherche scientifique, avec quatre années de mise en œuvre de la nouvelle Stratégie Nationale de la Recherche qui est axée sur la valorisation des résultats et sur l'ouverture aux autres acteurs de la Société et du Développement. En outre, avec l'adoption du système LMD (Licence – Master – Doctorat) depuis l'année 2014, nous voyons très bien que les chercheurs s'investissent et prospectent de nouvelles pistes, d'autres approches pouvant nous mener à une contribution efficace et effective dans le développement tant souhaité du pays où les maîtres mots sont désormais recherche, développement, employabilité, innovation. Nous devons continuer dans cette lancée car ensemble nous pouvons y parvenir.

Les thèmes abordés par les chercheurs, dans cet ouvrage, montrent bien le dynamisme du domaine et la pertinence de certains sujets : les pollinisateurs, la biodiversité des sols, le lombricompost, les ressources génétiques animales, la technologie génétique, les nouvelles variétés et les variétés de riz améliorées et résilientes, la commercialisation, ne sont que des exemples montrant la diversité des activités de recherche menées.

Tout ceci représente d'énormes potentiels, pouvant aider le pays et les prises de décision, dans la recherche des voies et moyens pour que le développement durable puisse bénéficier à la population. Mais cela ne peut se faire que si des efforts ne sont déployés pour l'utilisation, de manière plus systématique des résultats de recherche par les autres acteurs du développement.

Je ne peux qu'encourager la recherche qui correspond aux Objectifs du Développement Durable dans plusieurs axes. Elle a, d'ailleurs, fait l'objet d'un Plan Directeur prioritaire en 2015 qui est le cadre de référence national pour les chercheurs, montrant un lien fort avec la sécurité alimentaire et nutritionnelle.

Puisse le lecteur trouvé dans cet ouvrage, des informations précieuses et des pistes concrètes pour la Recherche et Développement, prenant appui et inspiration sur les initiatives de promotion de mécanismes de relations entre recherche et production, à travers des plateformes de discussions et de travail de type start up.



Pr Marie Monique RASOAZANANERA

COMMUNICATIONS ORALES

I. BIODIVERSITE DES ESPECES ET ECOSYSTEMES – STATUT ET TENDANCES

ESPECES

1. Evaluation participative de 16 variétés de riz irrigué dans la plaine d'Ambohibary-Sambaina, région de Vakinankaratra

RANAIVO Harisoa Nicole

Département de Recherche Rizicole FOFIFA

Introduction

Le riz est le principal produit cultivé par la majorité des ménages ruraux à Madagascar. Ces trois dernières années, la consommation moyenne annuelle de riz était de 2,5 millions de tonnes par an, dont 150 000 à 300 000 tonnes étaient du riz importé. Pourtant, l'objectif du pays est d'être autosuffisant en riz d'ici 2018 (MPAE, 2012). Malgré les efforts du gouvernement, le secteur rizicole à Madagascar est resté statique pendant assez longtemps. Le riz est généralement cultivé selon des techniques traditionnelles. Aussi, l'adoption de variétés améliorées a été négligeable et l'utilisation d'engrais est restée à environ 10Kg/ha, bien en dessous de la plupart des autres pays où le riz est la principale culture. Le rendement moyen du paddy reste faible, soit 2,6T/ha (Banque Mondiale, 2012). Dans le but de pallier à ces problèmes, FOFIFA a travaillé depuis des dizaines d'années sur la recherche variétale de riz à Madagascar. D'un côté, les riziculteurs ont leurs propres critères de choix, en termes de nouvelles variétés. En fait, la sélection conventionnelle, rencontre des difficultés à répondre aux exigences et aux réalités paysannes. Cependant, l'introduction de nouvelles variétés améliorées dans une zone donnée paraît difficile. Une nouvelle notion de sélection a été mise au point qui consiste à faire participer les paysans à la sélection des variétés qui leurs plaisent. C'est la sélection participative. De l'autre côté, chaque variété a ses propres caractéristiques ainsi que ses exigences, avec entre autres la réponse variable à la fertilisation. Pour cette dernière, la nutrition azotée est un facteur important dans l'obtention d'un bon rendement car elle affecte tous les cycles de production du riz (Cissé, 2011). D'où le thème de cette étude intitulée « Evaluation de la performance de 16 lignées de riz sous différentes formes et doses d'engrais azotés ».

Question de recherche : quelles variétés et quels traitements allons-nous proposer aux paysans d'Ambohibary ?

Objectif principal : proposer des nouvelles variétés de riz performantes, dans la zone d'Ambohibary-Sambaina.

Objectifs spécifiques

- Comparer l'efficacité de chaque traitement aux variétés.
- Sélectionner les variétés qui sont à la fois performantes et élues par les paysans.

Hypothèses

H1 : Le traitement SGU donne le plus haut rendement par rapport aux autres traitements pour toutes les variétés.

H2 : Les nouvelles variétés de riz irriguées sont les plus performantes agronomiquement, mais non appréciées par les paysans.

1. Matériels et méthodes

L'expérimentation consiste à faire un jardin variétal ou « rice garden » de riz testé sous 4 différents traitements (fertilisation).

1.1. Le matériel végétal

Les variétés utilisées pour l'expérimentation proviennent du réseau de l'Africarice (8), du FOFIFA (4) et des variétés populaires au sein de la commune d'Ambohibary (4).

- Les variétés Africarice

Les variétés de riz irrigué citées ci-dessous sont des variétés améliorées issues de différentes recherches au sein des pays membres de l'AfricaRice. Ce sont : X-JIGNA ou F183 (**V1**), UP LRI (**V2**), DK 23 (**V3**), WAB 2135- WAC 3- 2TGR 2 (**V5**), GT 65-10-24-12 (**V6**), IWA 4 (**V9**), YUKENG ou F184 (**V11**) et CHOJANG (**V14**) (cf Annexe 3).

- Les variétés du FOFIFA

Quatre variétés de riz irrigué provenant de la collection du FOFIFA à Mahitsy ont été sélectionnées pour l'expérimentation selon leur capacité à l'adaptation, à la réponse à la fertilisation et à leur faculté à donner un bon rendement. Ce sont : KALILA 473 (**V4**), ROJOFOTSY 1285 (**V8**), SOAMEVA (**V10**) et FOFIFA 160 (**V15**) (Cf. Annexe 3).

- o Les variétés populaires

Les variétés populaires sont celles que les riziculteurs (ainsi que leurs ancêtres) ont l'habitude de cultiver dans leur champ et dont l'origine n'est pas encore clarifiée. Elles sont appréciées localement pour diverses raisons. (D'après les enquêtes). Ce sont : RAPIDA (**V7**) : cycle plus ou moins court, grand potentiel de rendement ; KOMAJY (**V13**) : cycle plus ou moins court, gros grain et bon goût ; RAMAVO (**V12**) : riz rouge RABODO (**V16**) : riz rouge

1.2. La fertilisation

Pour la fertilisation, 4 traitements ont été retenus pour l'expérimentation

T0: Pratique paysanne avec 5 Tonnes de fumier par hectare

T1 : Apport SGU avec 40 unités d'azote, mais les doses de phosphore et de potassium restent constantes selon la recommandation de la recherche FOFIFA (respectivement 66 et 48 unités).

T2 : Recommandation de la recherche FOFIFA en deux apports d'urée avec 60 unités d'azote, 66 unités de phosphore et 48 unités de potassium.

T3 : Recommandation de la recherche FOFIFA en deux apports d'urée avec 90 unités d'azote, 66 unités phosphore et 48 unités de potassium.

1.3. Dispositif expérimental

L'expérimentation s'est déroulée au sein d'une parcelle sise dans le village de Morarano, elle figure dans la zone 3 (selon la classification de l'accèsibilité en eau). Le dispositif ci-dessous nommé split plot, comprend trois blocs, c'est à dire qu'il y a trois répétitions (1 bloc=1 répétition). Chaque bloc comporte les 4 traitements et les 16 variétés sont randomisées dans chaque traitement. Le facteur principal est la fertilisation tandis que le facteur subsidiaire est la variété. En effet, une case pour chaque variété représente une surface de 5 m² : soit 5 lignes de 1m. Les traitements sont séparés par une digue de 0,4m (40 Cm), tandis que les blocs sont séparés l'un par rapport à l'autre de 0,5m (50 Cm). Aussi, la densité de repiquage de ces variétés est de 20cm* 20cm. Au total, la taille du dispositif est de 1442 m

1.4. Sélection participative

Pour déterminer le choix des paysans pour ces 16 variétés, le protocole de PVS (Participatory Varietal Selection) a été adopté. La sélection consiste à organiser une visite commentée au sein de la parcelle expérimentale. Les paysans du village sont donc invités à venir dans le but d'observer puis élire leurs variétés préférées mais aussi celles qu'ils ne souhaitent pas avoir. 40 personnes ont participé et deux visites ont été organisées dont : au moment du tallage, puis en fin de maturation.

1.5. Traitement et analyse des données

Le logiciel XLSTAT 2014 a été utilisé pour l'analyse statistique des données

- ANOVA : Des analyses de variance à deux facteurs ont été effectuées du fait que deux facteurs contrôlés ont été retenus pour l'expérimentation (traitement et variété) à un seuil de signification de 0,05;
- MCA ou Analyse multi-critère : faire un scoring¹ sur les variétés selon les notes des paysans.
- CAH, ACM et AFD : hiérarchiser, regrouper et caractériser les 16 variétés avec les traitements

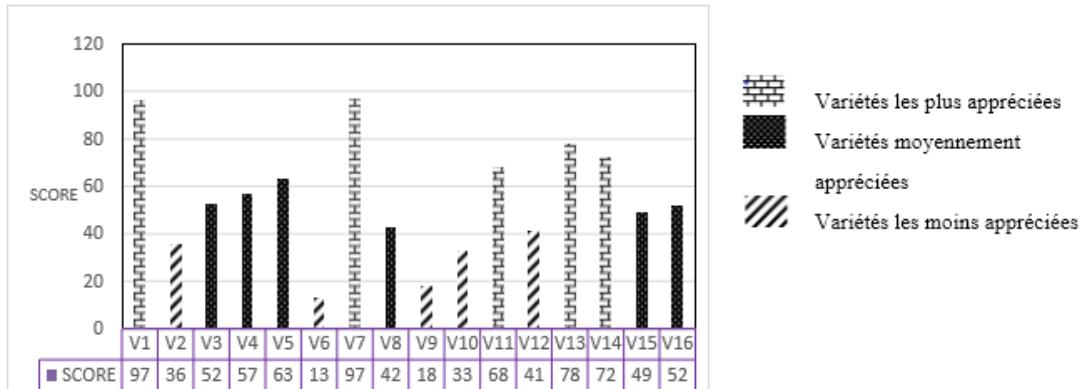
2. Résultats et interprétations

2.1. Critères de choix des paysans

Voici respectivement les critères de choix des paysans selon leurs ordres d'importances : CYCLE- PRODUCTION- NOMBRES DE TALLES- HAUTEUR- QUALITE VISUELLE DES GRAINS.

¹ Noter les variétés

2.2. Appréciation paysanne des variétés

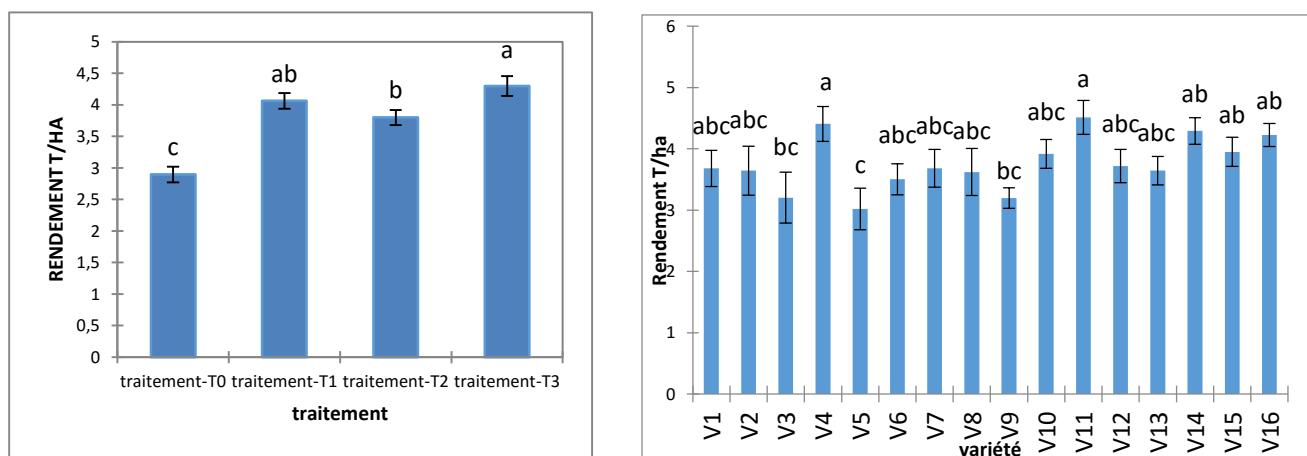


Cette figure met en valeur cinq variétés ayant reçu des scores élevés qui sont : - V1 (F183) ; V7 (Variété populaire Rapida) ; V11 (F184) ; V13 (variété populaire Komaji) et V14 (Chojang). Les variétés qui ont été les moins appréciées sont : - V2 (UP LRI) ; V6 (GT 65-10-24-12) ; V9 (IWA 4); V10 (variété FOFIFA Soameva) ; V12 (variété populaire Ramavo) Les variétés telles que V3 (DK 23), V5 (2135- WAC 3- 2TGR 2), V8 (variété FOFIFA Rojofotsy), V4 (variété FOFIFA Kalila 473), V15 (F160) et V16 (variété populaire Rabodo) sont moyennement appréciées.

2.3. Effet des facteurs traitements et variétés sur le rendement du riz

Les deux traitements T3 et T1 qui n'ont pas de différences significatives sont ceux qui donnent le meilleur rendement par rapport aux autres traitements. On remarque aussi que T2 n'a pas de différences significatives avec le traitement T1. En effet, T1, T2 et T3 diffèrent tous significativement avec le traitement témoin.

Les variétés V4 et V11 sont les plus performantes en rendement donnant respectivement 4,4 T/ha et 4,5T/ha en moyennant les traitements. Toutes les autres variétés n'ont pas de différences significatives avec V4 et V11 sauf V3, V5 et V9 qui n'ont donné que 3,2 et 3 T/ha.



2.4 Regroupement des variétés selon le CAH

Classe 1	Classe 2	Classe 3
V1 à tous les traitements	V2 à tous les traitements	V14 à tous les traitements
V7 à tous les traitements	V6 à tous les traitements	V4 aux traitements T1, T2 et T3
V11 traitements T1 T2 T3	V8 à tous les traitements	V3 aux traitements T1 et T3
V13 à tous les traitements	V9 à tous les traitements	V16 aux traitements T1 et T3
	V12 à tous les traitements	V10 aux traitements T1 et T3
	V4 à traitement T0	V5 aux traitements T2 et T3
	V11 à traitement T0	V15 aux traitements T3
	V5 aux traitements T0 et T1	
	V10 aux traitements T0 et T2	
	V3 aux traitements T0 et T2	
	V16 aux traitements T0 et T2	
	V15 aux traitements T0, T1 et T2	

Ce classement a été obtenu par la méthode CAH. En effet, si on regarde les traitements, on voit que dans la classe 1 il y a les variétés dont à tous les traitements T0 T1 T2 T3 n'y ont pas de différences. C'est-à-dire que les différences entre les traitements n'ont pas d'influences sur les caractères qui les regroupent. Si on regarde les variétés dans la classe 3, on voit que le traitement T1 et T3 sont regroupés. Cette classe regroupe donc les variétés dont les effets de T1 et T3 sont élevés par rapport aux autres traitements et n'y ont pas de différences.

3. Discussions et recommandations

Pour les trois autres traitements, bien que le taux d'azote du SGU est moins de la moitié du traitement T3, il n'y a pas de différences significatives entre les rendements en grains. Ces résultats sont similaires à ceux de Rakotoarisoa en 2011 ayant montré la supériorité du super granule d'urée (SGU) dans l'efficacité d'utilisation de l'azote de l'engrais et dans l'obtention de rendement élevé. Et cela, même si le super granule d'urée (SGU) est appliqué à une dose de moitié plus faible que celle de l'urée perlée. En fait, le riz utilise moins de 40% de l'azote sous forme d'urée perlée qui lui est donné (Mitsui, 1954) mais grâce à l'utilisation du SGU, les pertes sont minimisées. En effet, selon Kabir en 2009, 31,25% d'urée perlée ne sera pas perdu en utilisant SGU à 1,8g combiné avec du fumier aux environs de 2,8T/ha. Mais dans cette étude, on n'a pas pu mesurer les pertes mais les repères se situent au niveau de la comparaison du rendement. L'utilisation 5T/ha de fumier et SGU à 1,4g a donné des résultats satisfaisants. D'où l'hypothèse H2 stipulant que le traitement SGU donne le plus haut rendement et favorise les caractères qualitatifs par rapport aux autres traitements pour toutes les variétés est partiellement vérifiée

Le choix des paysans s'est orienté vers deux variétés populaires ainsi que trois variétés améliorées. Les deux premières variétés sont V1 F183 (améliorée) et V7 Rapida (locale) dont les scores sont identiques. En fait, la variété Rapida est cultivée par tous les riziculteurs dans le fokontany de Morarano ; la variété V1 ou F183 a été très appréciée malgré un rendement moyen. La raison est que lors de l'évaluation, la variété V1 ainsi que les autres (V13 et V7) étaient déjà en stade d'épiaison. Par conséquent, le cycle et le rendement sont les premiers critères les plus importants. Ceci est confirmé par l'étude de Ranomenjanahary en 2011 montrant le résultat de l'évaluation participative des paysans dans la région de Haute Matsiatra ; il montre la tendance des préférences paysannes sur le critère de précocité et de la productivité. Selon le regroupement des variétés, les 4 premières variétés élues par les paysans figurent dans le même groupe du fait qu'elles ont des caractères en commun. De plus, les traitements n'ont pas eu d'influences sur leur classification, vu que tous les traitements de ces 4 variétés sont groupés dans la classe 1. Donc, ces variétés sont meilleures quantitativement et qualitativement. Aussi, cette classe regroupe à la fois des variétés populaires (V7 et V13) et améliorées (V1 et V11). D'où, l'hypothèse H1 affirmant que les nouvelles variétés de riz irriguées sont les plus performantes agronomiquement, mais non appréciées par les paysans est aussi partiellement vérifiée.

Conclusion

La fertilisation azotée est encore l'un des facteurs de baisse de rendement rizicole partout à Madagascar. Cette expérimentation, comparant 3 doses croissantes d'azote (40N, 60N et 90) et deux formes d'azote (urée perlée et supergranule d'urée) a montré que le traitement T2 (40N SGU) n'a pas eu de différences significatives avec le traitement T3 (90N PU) en termes de rendement. Par contre, Ces deux traitements ne donnaient pas de bons rendements en qualité (indice de récolte, poids de mille grains, pourcentage de grains pleins). Par ailleurs, les caractères qualitatifs ont été mis en valeur avec les traitements T0 et T2. La variété améliorée F183 (V1) a été le premier choix des paysans, toutefois les deux variétés populaires Rapida et Komaji ainsi que la variété améliorée F184 figurent dans les 4 premiers. De ce fait, les variétés V1 et V11 doivent être distribués aux riziculteurs pour la campagne suivante pour qu'ils les cultivent dans leurs propres champs. Des tests gustatifs pourraient être réalisés à la fin de la campagne. Par ailleurs, la vulgarisation d'un applicateur SGU est nécessaire pour l'utilisation du SGU.

2. Evaluation de 288 nouvelles variétés « élites » introduites pour la riziculture de bas-fonds des Hautes Terres de Madagascar

TOJO MANDAHARISOA Sarah¹, RAKOTONJANAHAARY Xavier¹, SIE Moussa², RAHARINIVO Viviane¹

¹FOFIFA- Département de Recherche Rizicole, ²AfricaRice

Introduction

Sur les 840 millions de personnes victimes de faim chronique, plus de 50% vivent dans des zones qui dépendent de la production rizicole pour la nourriture, les moyens d'existence et d'emploi (Dabat *et al.* 2008). Pour Madagascar, la croissance démographique, qui est de l'ordre de 3% par an (Penot *et al.* 2009) conjuguée à un changement dans les préférences alimentaires, a eu pour corollaire l'accroissement de la demande en riz que la production nationale a des difficultés croissantes à satisfaire. Les riziculteurs

peinent à améliorer leur production aussi bien en termes d'extension des superficies que d'augmentation du rendement. L'amélioration de la productivité du riz sur zone humide demeure donc d'une importance stratégique à Madagascar. Ce type de riziculture est confronté à plusieurs contraintes qui limitent la production et le rendement du riz dont principalement l'utilisation de variété inappropriée aux contraintes biotiques et abiotiques lors de la mise en culture.

Il est donc indispensable de mettre à la disposition des milliers de producteurs, de meilleures variétés de riz productives et résistantes/tolérantes aux contraintes locales de culture. C'est dans cette optique que l'AfricaRice cherche à développer des variétés performantes pouvant s'adapter aux contraintes de la riziculture aquatique. Pour ce faire, il identifie et sélectionne les meilleures variétés améliorées, dites « élites », seront ensuite testées dans chaque pays pour pouvoir vérifier leur performance par rapport à la résistance aux stress. Mais, seront-elles alors adaptées aux conditions des Hautes Terres malgaches ?

L'objectif principal de cette étude, vise à proposer des variétés pouvant être utilisées pour l'amélioration variétale des riz de bas-fond des Hautes-Terres malgaches.

Ainsi, trois hypothèses seront à vérifier à travers l'expérimentation. En tant qu'« élites » dans le réseau du groupe d'action sélection et amélioration variétale de l'AfricaRice, les variétés testées sont connues pour leurs tolérances aux stress. La première hypothèse cherchera donc à vérifier l'adaptation de ces variétés dans les conditions des rizières de Mahitsy qui sont plus sujettes aux inondations et aux maladies. Le rendement et la durée du cycle sont deux principaux critères pour la sélection des nouvelles variétés de riz. Ainsi, les variétés testées seront évaluées selon leur précocité en parallèle avec leur rendement potentiel. Les variétés introduites doivent pouvoir concurrencer les variétés locales, améliorées ou non, l'hypothèse 3 évaluera donc les variétés élites par rapport aux variétés témoins pour plusieurs caractères agromorphologiques.

1. Matériels et méthodes

1.1 Site d'expérimentation et matériels végétaux testés

Le site d'expérimentation se trouve dans la Commune rurale de Mananjara, District Ambohidratrimo, Région Analamanga et plus précisément sur les terrains d'expérimentation de la station du FOFIFA à 6 Km du village de Mahitsy Andranovaky (18°45' de latitude sud et 47°20' de longitude Est). L'altitude moyenne est de 1250m (Ramiandrisoa, 1992). Le site pour l'expérimentation est une plaine pluviale se comportant comme étant un bas-fond pluvial inondable rejoignant donc les caractéristiques du bas-fond. Il abrite 2 144ha de rizières (Rakotoarisoa, 2011). La précipitation mensuelle maximale est de 272,72 mm observée au mois de janvier (DGM, 2015).

Les variétés testées dans le cadre de cette étude sont des lignées issues des tests multi-environnementaux dans plusieurs pays d'Afrique. Les variétés les plus performantes sont retenues en tant qu'élites. Elles ont été sélectionnées en présentant un rendement élevé et une bonne résistance vis-à-vis des contraintes biotiques et abiotiques les plus fréquentes pour le riz. Dans le cadre de cette étude, 288 variétés interspécifiques et/ou intraspécifiques ont été considérées.

1.2 Approches méthodologiques

1.2.1 Dispositif expérimental

Pour l'évaluation des variétés, le dispositif expérimental adopté est le « *Augmented Design* ». Ce dispositif, tel qu'il est décrit par Nokoe (2001), permet l'évaluation simultanée d'un nombre élevé de facteurs simples, tout en maintenant un champ d'expérimentation suffisamment petit. Chaque variété n'apparaît qu'une fois dans l'expérimentation. Ce ne sont que les témoins qui sont répétés dans chaque bloc. Les témoins permettent statistiquement d'estimer le facteur bloc c'est à dire que la valeur mesurée sera ajustée selon le bloc dans lequel la variété se trouve (estimation de l'erreur expérimentale) (Ettien et Tschannen, 2002). Les variétés à tester (au nombre de 288 variétés) et réparties aléatoirement dans 10 blocs. Chaque bloc comprend 34 variétés élites et les 5 témoins randomisés, qui sont X265 ou Mailaka (T1), Marisika (T2), FOFIFA 160 (T3), X1648 ou Madikatra ou (T4), Madera (T5). Le dispositif est donc constitué au total de 338 parcelles élémentaires. Chaque parcelle élémentaire a une superficie de 2,6m² (2,6m x 1m) et comporte des entrées semées sur 5 lignes. Le terrain expérimental mesure donc au total 2065 m².

La conduite de l'expérimentation (densité de semis, fertilisation, sarclage) a été effectuée suivant les recommandations de recherche en riziculture. Toutefois, seul un sarclage mécanique à 62 JAS, suivi d'un désherbage manuel n'a été possible à cause de l'inondation.

1.2.2 Collecte des données

Les données à collecter sont surtout les caractéristiques agro-morphologiques de chaque variété. Pour les critères qualitatifs, la notation se fait suivant le SES (Standard Evaluation System) de l'IRRI (1996).

Les 10 variables étudiées sont les suivantes : Le pourcentage de levée (Lev); le nombre moyen de tiges par pied à 80 et 100 jours après semis (T80 et T100), la hauteur moyenne des plantes à maturité (HMat), le nombre moyen de panicules par touffe (Npan) ; la longueur de la panicule (Lpan), l'exertion paniculaire

(Exp), la facilité d'égrenage (Egr), le pourcentage de grains pleins traduisant le pourcentage de fertilité (PFert) ; le cycle semis-épiaison (CSE) et cycle semis-maturité (CSM) en jour, le poids de 1000 grains (Pmg) ; le poids parcellaire ou rendement réel et le rendement calculé (Rcalculé).

Les données à collecter pour évaluer la résistance des variétés face aux deux principales contraintes de culture sont l'acceptabilité phénotypique pour les contraintes biotiques et le nombre de pieds vivants suite aux inondations. Selon les données relevées auprès de la Direction Générale de la Météorologie pour l'année 2014, la première inondation coïncide avec le passage du cyclone tropical Chedza en Janvier durant 5jours à une hauteur d'environ 30cm (9,37 mm de pluie par jour) et la deuxième liée au cyclone Fundi en Février, plus sévère, durant 4jours avec une hauteur d'environ 80cm (12,40 mm de pluie par jour).

1.2.3 Analyses statistiques des données

Après codage, des analyses multivariées ont été effectuées pour classer et caractériser les individus en se basant sur les variables étudiées. L'Analyse des Composantes Multiples (ACM) a permis d'étudier l'association entre au moins deux variables qualitatives et de représenter les proximités entre les variables qualitatives et les observations. Cette analyse a été suivie par une classification Ascendante Hiérarchique (CAH) afin d'avoir des groupes homogènes qui sera vérifiée par une Analyse de la variance (ANOVA). L'Analyse Factorielle Discriminante AFD reclasse les individus jusqu'à avoir avec la matrice de confusion² un pourcentage correct le plus proche de 100%. Les coordonnées des individus de l'ACM ont servi de variables explicatives pour cette analyse.

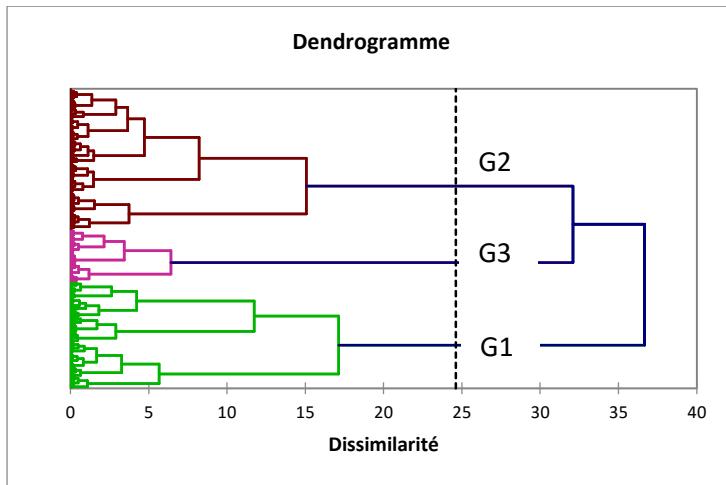
2. Résultats

2.1 Caractérisation et classification des individus par ACM et CAH

A l'issue de l'analyse ACM, le regroupement des variables selon les axes F1, F2, F3, F4 et F5 à un pourcentage d'inertie de 72,07% en F5. **L'axe F1** sépare les variétés selon leurs caractères agronomiques. Les variétés acceptables phénotypiquement et à rendement élevé en F1 positif. Les cas contraires se trouvent en F1 négatif. **L'axe F2** informe sur la capacité de germination et la tolérance à l'inondation des variétés. **L'axe F3** oppose les variétés selon leur cycle semi-épiaison et leur facilité d'égrenage. **Les axes F4 et F5** bien que contribuant à la classification des individus ont une faible inertie et ne présentent donc pas de caractères évidents.

Il a été déduit que seuls les axes F1 et F2 portent de manière significative les caractéristiques des individus. Le résultat du dendrogramme (représentation de la hiérarchie de partition) tronqué à 24% de dissimilarité entre les classes montre la présence de 3 classes d'individus.

- La classe n°1 (G1), avec 121 variétés, présente une forte inertie négative avec F1 et positive avec F2. Ainsi, il s'agit des variétés à mauvais caractères agronomiques et qui ne tolèrent pas la submersion.
- La classe n°2 (G2), avec 158 variétés, présente une forte inertie négative avec F2. Les variétés incluses dans ce groupe ont une bonne levée avec une moyenne de 73,35% et tolérante à l'inondation ayant une moyenne de 74,52% de pieds vivants après les deux inondations.
- La classe n°3 (G3) avec 59 variétés, présente une forte inertie positive avec F1. Les variétés regroupées au sein de G3 ont en majorité les bons caractères agronomiques dont l'acceptabilité phénotypique, l'exertion paniculaire, la hauteur à maturité, la production de panicule, le cycle court (CSE moyen de 124 jours et CSM moyen de 151jours) et le rendement élevé (4,78t.ha⁻¹<Rdt<5,73t.ha⁻¹). Les 5 témoins répétés dans chaque groupe se situent tous dans ce groupe.



Toutefois, quelques individus ont été reclassés, ce qui est le cas de quelques témoins classés à priori dans les groupes G1 et G2 car malgré la faible levée et le nombre moyen de pieds survivants, leur rendement est élevé et leurs caractéristiques générales sont bonnes. L'Analyse Factorielle Discriminante a donc permis de confirmer les résultats des analyses multivariées précédentes (ACM et CAH).

L'analyse de la Variance a été appliquée sur les coordonnées des individus selon les cinq axes principaux de l'ACM en fonction des groupes retenus en CAH. Le test de comparaison par pair, selon le test de Fisher (LSD) à un intervalle de confiance de 95%, permet d'établir le tableau récapitulatif suivant.

Tableau 1 : Récapitulation du test de comparaison par pair selon Fischer

	Axes F1	Axes F2	Axes F3	Axes F4	Axes F5
Probabilité (Pr>F)	< 0.0001	< 0.0001	0.894	0.915	< 0.0001
R ²	53,4	50.4	0.041	0.049	0.08
Test de Fischer	A - B - C	A - B - C	A - B G1 et G3 confondus	A - B G1 et G2 confondus	A - B - C

L'hypothèse nulle stipulant qu'il n'y a pas de différence significative entre les groupes est donc rejetée selon les axes F1, F2 et F5 avec un risque d'erreur de 0.0001.

2.2 Identification des variétés performantes

2.2.1 Performances des variétés par rapport aux témoins

Avec les principaux caractères agronomiques, les témoins sont considérés comme les références pour l'adaptation des variétés. Ainsi, il en résulte que le témoin T1 (Mailaka) a le cycle le plus court (140jours) avec une bonne acceptabilité phénotypique, le témoin T2 (Marisika) a été tolérante à l'inondation, le FOFIFA 160 présente un pourcentage de fertilité élevé (91,32%) avec un rendement moyen entre 5,6t/ha-6,8t/ha, la variété a une bonne production de talles (24,7 talles), et T5 (Madera) est haute (96.10cm). Il est à remarquer que tous témoins ont été tous sensibles aux conditions de submersion de cette année.

Etant donné que l'un des caractères recherchés dans l'amélioration de la riziculture de bas-fond est le rendement élevé à cycle court. Cette étude a permis de relever 13 variétés dont les cycles sont les plus courts (CSM d'environ 140jours) et les rendements réels et calculés sont élevés, respectivement Rr>3.5t /ha et Rc >5t /ha. Il s'agit de V22, V24, V27, V29, V36, V42, V43, V45, V46, V47, V51, V132, V236.

2.2.2 Identification des variétés intéressantes vis-à-vis de la submersion et des maladies cryptogamiques

La majorité des 288 variétés ont été sensibles à l'inondation soit 46,15%. Au total. 26 variétés (9.02%) seulement en sont tolérantes dont WAB56-50, Nerica 11, Nerica 12. Cette tolérance se manifeste par un pourcentage élevé de pieds survivants (supérieurs à 90%) aux deux inondations.

Les maladies cryptogamiques prises en compte dans le cadre de cette étude sont les principales maladies observées à Mahitsy dont la pyriculariose du cou et la pourriture de la gaine. Parmi les variétés testées, 39 individus (13%) sont hypersensibles à la pyriculariose du cou et à la pourriture de la gaine foliaire. Ainsi, 46 variétés, soit 16% ont été tolérantes aux maladies. Seules les variétés V170 et V286 ont été à la fois tolérantes aux inondations et aux maladies.

En somme, les variétés sélectionnées dans le cadre de cette expérimentation sont les 10 variétés ayant les mêmes caractéristiques que les témoins (groupe G3) qui sont V22 (IR 87747-13-3-1-1), V24 (IR 87761-39-1-1-4), V29 (IR 10L 149), V32 (IR 87638-9-3-2-1), V42 (IR 10L 128), V57 (WAB 2104-WAC5-2- TGR1-WAT8), V61 (WAB2085-TGR1-WAT8-1-3-TGR3), V84 (WAB2135-WAC B-2-TGR2-WAT1-1),

V115 (WAB 2082-WAC4-FKR5-5-TGR1-2), V301 (DKA-M8), V302 (DKA-M9). Il y a aussi les deux variétés les plus tolérantes aux stress biotiques et abiotiques V170 (NERICA-L59) et V286 (WAB 2066-6-FKR4-WAC1-TGR1-B-WAT-B1). A cela s'ajoutent les variétés à cycle court et à haut rendement V27 (IR 87705-44-4-B), V29, V36 (IR 77875-207-B-3), V43 (IR 88964-24-1-1-1-3), V45 (IR 10L 137), V46 (IR 10L 151), V47 (IR 10L 182), V51 (WAB 2085-TGR2-WAT15-1-2), V132 (IR 841), V236 (NERICA-L9). D'où une pression de sélection d'environ 10% sur l'ensemble des variétés testées.

3. Discussions

3.1 Tolérance à la submersion

Les résultats obtenus considèrent les maladies et la submersion (accompagné par le froid) comme étant sources de variation des comportements des variétés. Toutefois, les résultats montrent que ce sont les variétés IR qui s'adaptent le plus à Mahitsy comparé aux autres variétés dont celles sélectionnées dans d'autres pays d'Afrique (WAB et WAT, NERICA).

Les résultats de l'étude ont montré que plusieurs variétés ont été tolérantes à l'inondation. Cependant, peu de variétés ont survécu aux deux inondations successives. Il est à noter qu'en dessous de 3 jours en phase végétative, la submersion ne pose guère de problème (Andriankaja, 1998). En effet, le riz supporte mal la submersion au-delà de 4 jours. Toutefois, dans son ensemble, ces variétés ne présentent pas encore la tolérance maximale à l'inondation pour le riz qui est de deux semaines avec une perte d'environ 10 % des récoltes (Galus, 2006). Par ailleurs, la tolérance à la submersion permet d'assurer l'obtention d'un bon rendement. Lors d'un essai mené à la station d'Ibadan au Nigéria pendant la saison humide de 2009, les plantules à 38JAS ont été soumises à la submersion pendant 21 jours. Les résultats ont montré que les variétés tolérantes à la submersion (taux de survie de 91 à 97 %) ont eu un rendement moyen de 2,21 à 3,62 t ha⁻¹ tandis que les variétés non tolérantes (4,1 à 21,4% de survie) ont eu un rendement moyen de 0,08 à 1,32 t ha⁻¹ (Gregorio *et al.* 2010 in Fotonou 2015).

3.2 Tolérance au froid

Selon les données météorologiques, le passage du froid lors de la saison cyclonique 2014-2015 coïncide au stade de floraison de la majorité des variétés précoces testées à Mahitsy. Ceci justifie alors la stérilité de certaines variétés malgré qu'elles aient de bons caractères. La variété NERICA-L19 (V246) illustre ce cas puisque avec ces caractères agronomiques (production de talles et de panicules élevées), elle a un rendement potentiel de 5 à 7t.ha⁻¹ alors qu'au cours de cette expérimentation, le rendement obtenu est de 1,37t.ha⁻¹. En effet, des températures relativement plus élevées pendant la phase végétative entraîneront un raccourcissement du cycle cultural. et, réduisent la stérilité pendant la phase reproductive (Stürz *et al.* 2010).

Les effets néfastes des basses températures se traduisent par un blocage des processus de croissance, la réduction de la hauteur jusqu'à 40 à 50% de la hauteur normale (Diouf, 1988). En effet, les mêmes variétés de riz mais en repiquage, mené à Andranomanelatra Antsirabe a permis de montrer que les variétés sont plus hautes à Mahitsy qu'à Antsirabe. Pour cette étude, la hauteur maximale des variétés est de 100 cm pour V147 (WAB 638-1). La reconduction de ces variétés en zone plus froide va alors diminuer leur taille jusqu'à 83 cm pour la même variété.

Le froid entraîne aussi le retard de la levée, la lenteur de la vigueur végétative, la décoloration foliaire, le retard de la floraison, la stérilité des épillets, la maturité irrégulière et l'exertion paniculaire incomplète (Rakotonjanahary, 1999). Il en résulte une baisse considérable des rendements. Effectivement, la fertilité moyenne des variétés à Andranomanelatra est très faible (11,21%) et seule V103, V259 et V261 ont atteint plus de 50% de fertilité respectivement de 55,04%, 67,06% et 64,08%.

4. Conclusion

La disponibilité de variétés de riz améliorées, adaptées aux contraintes des bas-fonds est susceptible de contribuer de manière significative à l'augmentation de la production rizicole. L'évaluation des comportements des variétés à travers des traits agro-morphologiques est un préalable important pour la sélection de variétés prometteuses face aux stress biotiques et abiotiques. Ainsi, les analyses statistiques portant sur les variables agro-morphologiques des 288 variétés testées, ont révélé l'existence de variabilité importante au sein de l'ensemble des variétés testées.

L'analyse multivariée en ACM, CAH et AFD a permis de caractériser puis de classer les individus testés, et à l'issue de laquelle 3 groupes ont été identifiés. Le premier regroupe les variétés tolérantes à l'inondation et aux principales maladies cryptogamiques. La première hypothèse sur la tolérance à l'inondation et aux principales maladies du milieu est alors confirmée. Parallèlement à cela, dix variétés à bonne performance agronomique comparable aux témoins ont été aussi distinguées au sein du groupe G3. Ainsi, la deuxième hypothèse a été vérifiée. Par ailleurs, plusieurs variétés ont été nettement meilleures comparées aux témoins notamment pour la tolérance simultanée à l'inondation et aux maladies, mais aussi à un rendement élevé pour un cycle court. De ce fait, l'hypothèse 3 qui stipule que, « plusieurs lignées sont plus performantes que les variétés témoins pour plusieurs caractères » est confirmée.

En bref, les 22 variétés identifiées comme étant intéressantes par rapport aux conditions de bas-fonds de Mahitsy peuvent concourir directement à l'amélioration de la production rizicole et constituent donc une opportunité pour contribuer de façon significative à l'autosuffisance alimentaire.

5. Bibliographie

- Andriankaja, 1998. Mise en évidence des opportunités de développement de la riziculture par adoption du SRI. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. Département Agriculture. 92p
- Dabat, Jenn-Treyer, Razafimandimby, Bockel, 2008. L'histoire de la régulation du marché du riz à Madagascar. Les filières agricoles : p75-89.
- Diouf, 1988. Programme d'agrophysiologie du riz. Direction des Recherches sur les Productions Végétales. 41p.
- Ettien, Tschannen, 2002. Evaluation de nouvelles variétés d'igname en Côte d'Ivoire. Bilan de trois ans d'expérience avec des génotypes améliorés par l'IITA. Cirad. 8p.
- Fotonou, 2015. Performances phénotypiques des lignées intraspécifiques et interspécifiques dans deux toposéquences différentes du bas-fond au Togo et au Bénin. Ecole polytechnique d'Abomey Calavi. 69p.
- Galus, 2006. Sciences : Découverte d'un gène permettant au riz de résister aux inondations. 6p.
- Penot, Tokarski, Rakotofiringa, Bodoy, Ahmin-Richard, 2009. Role e place du riz pluvial dans les exploitations du Vakinankaratra, FOFIFA-Cirad, 41p.
- Rakotoarisoa, 2011. Suivi des effets du Supergranule d'Urée (SGU) sur la riziculture irriguée. Mémoire de fin d'études, ESSA, Département Agriculture. 91p.
- Rakotonjanahary, 1999. Rice breeding for high yield, good quality and multilple resistance in Madagascar. *China Agricultural SciencTech.* 26-40pp.
- Ramiandrisoa, 1992, Influence de la température et/ou du rayonnement solaire sur la croissance du riz (cas de la station Mahitsy FOFIFA). Mémoire de fin d'études ESPA Antananarivo. 84p.
- Stürz, Asch, Sow, Muller, Dingkuhn, Manneh, 2010. Réponses phénologiques du riz irrigué dans le Sahel. Innovation and partnerships to realize Africa's Rice potential. Africa Rice Congress. Bamako, Mali : p173.

3. Analyse génétique de l'efficience de l'utilisation de l'azote chez le riz pluvial

RAKOTOSON Tatiana¹, DUSSERRE Julie², RAMONTA RATSIMIALA Isabelle⁴, RAKOTOARISOA Noronirina Victorine⁴, RAMANANTSOANIRINA Alain¹, AHMADI Nourollah³, VOM BROCKE Kirsten⁵, RABOIN Louis Marie²

¹ FOFIFA - SRR Antsirabe, ² CIRAD Montpellier – UPR AIDA, ³ CIRAD Montpellier – UMR AGAP, TA A, ⁴ Université d'Antananarivo - Faculté des Sciences, ⁵ FOFIFA/CIRAD Antsirabe,

Résumé

Le riz tient une place importante dans l'alimentation à Madagascar. Afin d'assurer la sécurité alimentaire, une augmentation de la production en riz est incontournable. Celle-ci peut se faire en développant la riziculture pluviale vue la possibilité limitée d'aménager de nouvelles surfaces pour la riziculture irriguée. La région du Moyen Ouest possède de vastes superficies propices à la riziculture pluviale. Cette dernière est surtout pratiquée par une agriculture familiale de subsistance qui utilise peu d'intrants sur des sols souvent peu fertiles. Face à cette situation, le programme de sélection variétale du FOFIFA/CIRAD s'est intéressé à améliorer l'efficience de l'utilisation de l'azote par la plante afin de développer des variétés de riz pluvial avec une meilleure capacité à prélever l'azote du sol et à l'utiliser pour produire du grain. Pour ce faire, deux approches complémentaires ont été développées: (i) Une évaluation de la variabilité génétique du NUE à deux niveaux d'azote contrastés en utilisant un panel réduit de 13 variétés de riz pluvial pendant 3 campagnes afin d'analyser les relations entre NUE, ses composantes (efficience de l'absorption et efficience de la conversion de l'azote) et les composantes du rendement; (ii) Une étude d'association utilisant un panel de 198 variétés de riz pluvial phénotypés pour le NUE pendant 2 campagnes et génotypés par séquençage, afin de tenter d'identifier les zones du génome responsables de la variation de l'efficience de l'utilisation de l'azote. Les résultats ont montré une forte corrélation entre NUE et le rendement; et parmi les composantes de rendement, le nombre de panicule/m² et l'indice de récolte sont corrélés positivement avec le NUE. Un faible nombre d'associations ont été détectées pour le NUE et ses composantes correspondant à 3 QTLs pour le NUE, 2 QTLs pour le NUPE et 12 QTLs pour le NUTE.

Mots clés : riziculture, variétés, moyen ouest, SNP, QTL, efficience d'absorption de l'azote, efficience de conversion de l'azote.

Introduction

Le riz tient une place importante pour la population malgache. Avec une consommation annuelle de 120 kg/personne, la plus élevée en Afrique Subsaharienne, le développement de la riziculture constitue un enjeu capital afin d'assurer la sécurité alimentaire et l'autosuffisance en riz du pays. Compte tenu des possibilités limitées d'extension de la riziculture irriguée, la riziculture pluviale constitue une alternative pouvant contribuer à l'augmentation de la production de riz. Dans les régions de haute altitude (> 1300m), la riziculture pluviale s'est fortement développée grâce aux variétés tolérantes au froid obtenues par le programme d'amélioration génétique mené par le FOFIFA et le CIRAD depuis 1984 (Raboin et al. 2014). Ce programme a, depuis une dizaine d'années, élargi son périmètre à une autre zone écologique : le Moyen Ouest de Madagascar. Cette région représente de très grandes réserves en surfaces de terres arables favorables à la culture du riz pluvial. La riziculture pluviale est surtout pratiquée par une agriculture familiale de subsistance qui utilise peu d'intrants (très peu d'engrais chimiques et des apports de fumier en quantité limitée) sur des sols souvent peu fertiles. Le développement des variétés qui produisent plus dans des conditions de faible teneur en élément minéraux du sol devient un grand défi, surtout pour l'azote qui constitue un facteur limitant la production du riz. Nous nous sommes donc intéressés plus particulièrement aux leviers génétiques d'amélioration de l'efficience de l'utilisation de l'azote par la plante. L'efficience de l'utilisation de l'azote (NUE) est un caractère quantitatif complexe qui se définit par le rendement en grain obtenu par unité d'azote disponible dans le sol (Moll et al. 1982). Le NUE est décliné en 2 composantes : (i) l'efficience de l'absorption de l'azote (Nitrogen Uptake Efficiency, NUpE) qui évalue la capacité de la plante à prélever l'azote du sol et (ii) l'efficience de conversion de l'azote (Nitrogen Utilization efficiency, NUtE) qui évalue la capacité de la plante à convertir l'azote absorbé en grain. Des études ont montré qu'il existe une variabilité génétique pour le NUE et ses composantes chez le riz (NUpE et NUtE) (Koutroubas et Ntanios, 2003; Haefele et al. 2008; Frageria et al. 2010; Wei et al. 2011). En plus, dans certains cas, il existe une interaction génotype x azote pour NUE (Senthilvel et al. 2008). Pour évaluer l'importance de la variabilité génétique du NUE, exploitable dans les conditions de la riziculture pluviale à Madagascar, une étude a été conduite sur un panel de 13 variétés de riz pluvial à deux niveaux d'azote contrastés pendant 3 campagnes. Cette étude a permis une analyse fine des relations entre NUE et ses composantes et entre NUE et les composantes de rendement. Les bases génétiques du NUE ont été étudiées dans un panel de 198 variétés de riz pluvial par une approche d'analyse d'association ou association mapping. L'objectif était d'identifier les associations entre les phénotypes et les génotypes (Yu and Buckler, 2006) afin d'identifier les régions chromosomiques (QTLs) responsables de la variation du NUE et de ses composantes.

1. Matériels et méthodes

1.1. Matériel végétal et dispositif expérimental

Les variétés utilisées dans cette étude sont des variétés de riz pluvial du groupe *Japonica* tropical. Les expérimentations ont été menées à Ivory (à 945 m d'altitude) dans le Moyen Ouest de Madagascar. Deux expérimentations ont été effectuées : (i) une expérimentation préliminaire avec 13 variétés pendant 3 campagnes (2012-2013, 2013-2014, 2014-2015) sur un dispositif en blocs randomisés avec 6 répétitions et (ii) une expérimentation avec un panel de 198 variétés dans un dispositif alpha plan avec 2 répétitions pendant 2 campagnes (2014-2015, 2015-2016).

1.2. Traitements

Les variétés ont été testées sous 2 niveaux de traitements azotés : un niveau sans azote (N-) et un niveau avec azote (N+) où l'on a apporté 90 kgN/ha en 2012-2013, 2013-2014 et 120 kgN/ha en 2014-2015 et 2015-2016. Au moment du semis, une fertilisation de base a été appliquée sur toutes les parcelles, ceci consiste à apporter 5000kg/ha de fumier, 500kg/ha de dolomie, 150kg/ha de triple superphosphate et 130kg/ha de sulfate de potassium.

1.3. Phénotypage

Les variétés ont été phénotypées pour le rendement et ses composantes (nombre de panicules/m² et d'épillets/panicule, poids du grain et pourcentage de grain plein), l'indice de récolte, la teneur en azote dans la plante, l'efficience de l'utilisation de l'azote (NUE) et ses composantes (NUpE et NUtE). La teneur en azote dans la plante a été mesurée à l'aide d'un Spectroscopie Proche Infrarouge (SPIR).

1.4. Génotypage des accessions

Les variétés ont été génotypées par séquençage (Genotyping by sequencing_GBS). 38390 marqueurs SNP (single nucleotide polymorphism) ont été retenus après sélection des marqueurs présentant une fréquence de l'allèle mineur supérieure à 4%.

1.5. Analyse des données

L'étude d'association a été effectuée à l'aide du logiciel TASSEL 5 (Trait Analysis by aSSociation, Evolution and Linkage) en associant des données phénotypiques (NUE, rendement, etc..) avec les données génotypiques (marqueurs) en utilisant l'approche simple marqueur.

2. Résultats

2.1. Variation du NUE et sa relation avec les autres traits

La moyenne de NUE varie de 34,18 kg/kgN à 38.75 kg/kgN en condition sans azote (N^-) et de 19,51 kg/kgN à 27,93 kg/kgN en condition avec azote (N^+). Une variation phénotypique significative a été observée entre les variétés pour le NUE ainsi que pour ses composantes. Une corrélation positive significative a été observée entre le NUE et le NUPE quelle que soit l'année et le niveau d'azote (entre $r=0.56$ au minimum et $r=0.92$ au maximum) (Annexe, Figure 1). Entre NUE et NUTE la corrélation a été significative seulement en 2012-2013_N+, 2013-2014_N+ et 2014-2015_N- (Annexe, Figure 1). La variation du NUPE contribue plus que la variation du NUTE à la variation du NUE. La corrélation entre NUPE et NUTE n'est jamais significative ($r=0.03$ au minimum et $r=0.25$ au maximum). Une corrélation positive significative a été montrée entre le NUE et le nombre de panicule/m² lors de 2 campagnes sur 3 quel que soit le niveau d'azote (en condition sans azote, $r=0.73$ en 2012-2013 et $r=0.78$ en 2013-2014 ; en conditions avec azote, $r=0.61$ en 2012-2013 et $r=0.64$ en 2013-2014) (Annexe, Figure 1), ces corrélations sont plus fortes en condition sans azote. Une corrélation positive significative a aussi été montrée entre le NUE et l'indice de récolte dans 2 campagnes quel que soit le niveau d'azote (en condition sans azote, $r=0.87$ en 2013-2014 et $r=0.72$ en 2014-2015 ; en condition avec azote, $r=0.58$ en 2013-2014 et $r=0.82$ en 2014-2015) (Annexe, Figure 1), ce qui montre que l'amélioration de ces deux caractères améliorent significativement le NUE.

2.2. Associations entre marqueurs et NUE

Un total de 38390 SNP a été utilisé pour l'analyse d'association. Compte tenu de la structure du déséquilibre de liaison ($r^2=0.25$ entre SNP distants de 600kb), nous avons considéré que des associations avec un même caractère détecté à deux SNP distant de moins de 600 kb appartiennent à un même QTL. Nous avons fixé le seuil de significativité d'une association à $p < 0.0001$. Les résultats de l'analyse d'association ont mis en évidence 36 SNP significativement associés au NUE et à ses composantes (Annexe, Tableau 1). Ceux-ci sont répartis en 16 QTLs et détectés sur le chromosome 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11. 3 QTL ont été détectés pour le NUE, 2 QTL pour le NUpE et 13 QTL pour le NUtE. Un SNP (S11_19200467) sur la région chromosomique q14 du chromosome 11 explique 10% de la variation phénotypique totale de NUE (qNUE). Ce SNP associé à NUE est en colocalisation avec le NUtE (Annexe, Tableau 2).

3. Discussions

En condition de faible azote, certaines variétés ont été capables de produire en moyenne jusqu'à 38,75 kg de grain/kg N dans le sol ce qui est très intéressant pour les sélectionneurs. Les composantes NUpE et le NUtE sont corrélées au NUE. En revanche, le NUpE et le NUtE ne sont pas corrélés. Cela suggère qu'il est possible d'améliorer chacune des composantes du NUE indépendamment comme cela a déjà été observé par Barraclough et al. (2010). Les résultats ont montré aussi une corrélation positive entre NUE et le nombre de panicules/m² (Rakotoson et al. 2017), ce qui montre que le tallage (évalué à travers le nombre de panicules/m²) est un facteur très important qui peut déterminer jusqu'à 61% de la variation de NUE sur le riz pluvial. L'identification de ces caractères (le nombre de panicule/m², l'indice de récolte) indique que l'amélioration du NUE est étroitement liée à l'amélioration du rendement en grain et ses composantes.

L'analyse d'association a été utilisée afin d'identifier les régions chromosomiques associées au NUE. Elle a révélé très peu d'associations pour NUE (3 QTL seulement). La décomposition de NUE en 2 composantes (NUpE et NUtE) devrait faciliter l'étude génétique de NUE mais très peu d'associations aussi ont été révélées sur ces composantes (2 QTL seulement pour NUpE et 13 QTL pour NUtE), ce qui montre que ces caractères sont très complexes et que les nombreux gènes qui les contrôlent ont des faibles effets, ce qui les rend difficilement détectables dans l'étude d'association au seuil que nous avons fixé. Nous avons identifié un seul gène candidat lors de notre analyse pour l'efficience de l'utilisation de l'azote. Nous avons trouvé une colocalisation pour NUE, NUtE et le rendement en grain au niveau de S11_19200467, ce qui implique que ce SNP est impliqué dans la variation du rendement en grain et NUE. Les QTLs identifiés dans cette étude pourront être utilisés par les sélectionneurs afin de développer des variétés efficientes pour l'utilisation de l'azote mais il reste beaucoup de chemin à parcourir pour bien comprendre le déterminisme génétique du NUE.

Conclusion

Cette étude nous a permis de montrer l'existence d'une variabilité génétique significative pour le NUE et ses composantes dans les ressources génétiques utilisées en amélioration génétique du riz pluvial à Madagascar. Une relation forte a été trouvée entre le NUE et le nombre de panicules/m² et l'indice de récolte, quel que soit l'année et le niveau d'azote. Un nombre limité de régions chromosomiques liées au NUE et ses composantes ont été identifiées. D'autres études devront être conduites pour avoir une compréhension plus complète du déterminisme génétique du NUE. Les données produites dans le cadre de cette étude pourront aussi être exploitées pour alimenter des modèles de sélection génomique. Cette

dernière approche est certainement la mieux adaptée pour manipuler des caractères quantitatifs complexes.

Références bibliographiques

- Barraclough, P.B., Howarth, J.R., Jones, J., Lopez-Bellido, R., Parmar, S., Shepherd, C.E., Hawkesford, M.J., 2010. Nitrogen efficiency of wheat: genotypic and environmental variation and prospects for improvement. *Eur. J. Agron.* 33, 1–11.
- Fageria, N.K., Morais, O.P., Santos, A.B., 2010. Nitrogen use efficiency in upland rice genotypes. *J. Plant Nutr.* 33, 1696–1711.
- Haefele, S.M., Jabbar, S.M.A., Siopongco, J.D.L.C., Tirol-Padre, A., Amarante, S.T., Sta Cruz, P.C., Cosico, W.C., 2008. Nitrogen use efficiency in selected rice (*Oryza sativa L.*) genotypes under different water regimes and nitrogen levels. *Field Crop. Res.* 107, 137–146.
- Koutroubas, S., Ntanios, D., 2003. Genotypic differences for grain yield and nitrogen utilization in Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. *Field Crop. Res.* 83, 251–260.
- Moll, R.H., Kamprath, E.J., Jackson, W.A., 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agron. J.* 74, 562–564.
- Raboin, L.M., Randriambololona, T., Radanielina, T., Ramanantsoanirina, A., Ahmadi, N., Dusserre, J., 2014. Upland rice varieties for smallholder farming in the cold conditions in Madagascar's tropical highlands. *Field Crop. Res.* 169, 11–20.
- Rakotoson T., Dusserre J., Letourmy P., Ramonta R.I., Cao T.V., Ramanantsoanirina A., Roumet P., Ahmadi N., Raboin L.M. 2017. Genetic variability of nitrogen use efficiency in rainfed upland rice. *Field Crop. Res.* 213, 194–203.
- Senthilvel S., Vinod K.K., Malarvizhi P., Maherswaran M. 2008. QTL and QTL × Environment Effects on Agronomic and Nitrogen Acquisition Traits in Rice. *Journal of Integrative Plant Biology.* 50 (9), 1108–1117.
- Wei D., Cui K., Pan J., Ye G., Xiang J., Nie L., Huang J. 2011. Genetic dissection of grain nitrogen use efficiency and grain yield and their relationship in rice. *Field Crop. Res.* 124, 340–346.
- Yu J., Buckler E.S. 2006. Genetic association mapping and genome organization of maize. *Current Opinion in Biotechnology.* 17(2), 155–160.

Annexe :

Tableau 1: Résultat de l'analyse d'association par simple marqueur pour NUE, NUpE et NUtE. Associations significatives représentées par les valeurs de p-value pour chaque trait, R² des marqueurs, effets des marqueurs, fréquence des allèles mineurs (Minor allele frequency MAF), nombre d'allèle majeur et mineur pour chaque marqueur.

QTL	Chrom	position	NUE	NUpE	NUtE	Marker R ²	Marker effect	MAF	Nb allèle majeur	Nb allèle mineur
q1	1	1 562 879			9.09E-05	0.08	-3.83	0.33	128	62
q2	1	3 031 975			2.85E-05	0.10	-5.33	0.06	178	12
	1	3 034 970			4.78E-05	0.09	7.09	0.05	181	9
q3	1	4 825 760			1.89E-05	0.10	-7.87	0.05	181	9
	1	5 092 077			4.53E-05	0.09	-7.26	0.04	182	8
q4	1	29 135 405			7.26E-05	0.08	-7.77	0.06	179	11
q5	3	1 395 165			7.84E-05	0.09	-3.06	0.16	160	30
q6	4	19 850 161			6.87E-06	0.11	-7.66	0.04	182	8
q7	5	2 395 571		8.93E-05		0.08	0.04	0.33	128	62
q8	6	21 460 579			9.05E-05	0.08	-7.36	0.06	179	11
	6	21 981 538		5.91E-05		0.09	-0.04	0.17	158	32
	6	21 981 539		5.91E-05		0.09	-0.04	0.17	158	32
	6	21 981 555		5.91E-05		0.09	0.04	0.17	158	32
	6	22 089 331		3.95E-05		0.09	0.04	0.15	162	28
q9	6	23 769 532	4.21E-05			0.09	-3.86	0.15	162	28

	6	23 769 544	3.86E- 05			0.10	-3.81	0.16	160	30
q10	7	22 426 843	3.56E- 05			0.10	3.70	0.13	165	25
q11	9	1 824 735			7.88E-05	0.08	-3.72	0.11	169	21
q12	9	19 018 354			1.47E-05	0.10	-8.12	0.05	180	10
q13	10	10 224 043			1.64E-05	0.10	6.35	0.08	175	15
	10	10 229 062			1.64E-05	0.10	-6.35	0.08	175	15
	10	10 229 142			2.17E-05	0.10	-6.36	0.07	176	14
	10	10 231 077			1.29E-05	0.10	-6.74	0.07	176	14
	10	10 271 091			1.29E-05	0.10	6.73	0.07	176	14
	10	10 271 097			1.29E-05	0.10	6.73	0.07	176	14
	10	10 278 092			1.64E-05	0.10	6.35	0.08	175	15
	10	10 278 094			1.64E-05	0.10	-6.35	0.08	175	15
	10	10 278 095			1.64E-05	0.10	-6.35	0.08	175	15
	10	10 278 099			1.64E-05	0.10	-6.35	0.08	175	15
q14	10	10 302 827			2.17E-05	0.10	-6.36	0.07	176	14
q14	11	19 200 467	8.67E- 06			0.10	5.48	0.05	180	10
	11	19 200 467			2.81E-05	0.09	8.19	0.05	180	10
	11	19 365 597			4.28E-05	0.09	6.59	0.05	181	9
	11	19 582 033			8.09E-05	0.08	4.37	0.21	150	40
	11	20 004 072			4.30E-05	0.09	7.29	0.05	181	9
q15	11	21 164 565			7.16E-05	0.09	6.39	0.05	180	10
q16	11	22 302 701			8.63E-05	0.08	5.22	0.14	163	27

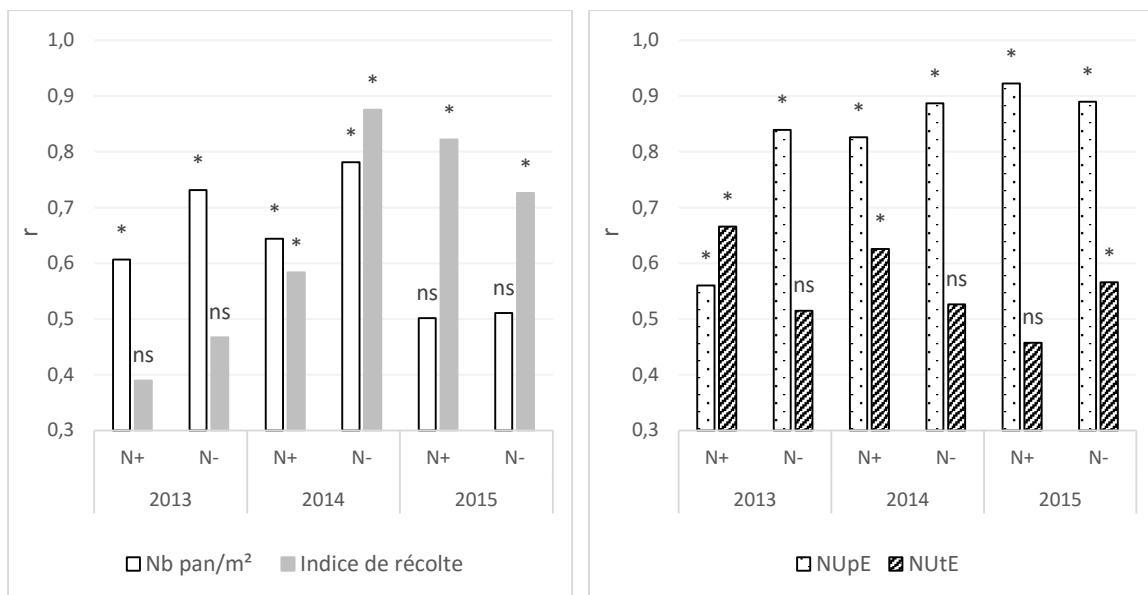


Figure 1: Corrélation entre NUE et nombre de panicule/m² et Indice de récolte (gauche); entre NUE et NUpE et NUTe (droite). * représente une corrélation significative à $p < 0.05$, ns : non significative.

4. Evaluation de la stérilité mâle chez la population de riz sauvage « *Oryza longistaminata* » à Madagascar

RASOAMANANIVO Fanjanirina Anja (1),, **RAKOTONJANAHARY X** (2),,
RABEFIRAISSANA H.J (1),, **RAKOTOARISOA N.V** (1).

(1) Université d'Antananarivo – Faculté des Sciences BP 906 – Mention Biologie et Ecologie Végétales – Laboratoire de biotechnologie et amélioration des Plantes. (2) Département de Recherches Rizicoles, FOFIFA, Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural. BP 1690, Antananarivo 101, Madagascar.

Résumé

Le gouvernement Malagasy a importé des semences de riz hybride pour assurer la sécurité alimentaire durable de la population. La production de ces semences hybrides nécessite en outre l'utilisation de lignée de riz mâle stérile. Des recherches antérieures, relatives à la découverte de riz sauvage (*Oryza longistaminata*) 100% stérile, nous ont conduits à réfléchir sur la possibilité de produire localement des semences hybrides en utilisant ce riz sauvage comme parent mâle. Afin de contribuer à l'amélioration de la production de riz au pays, notre projet de recherche vise à produire des semences hybrides. Ainsi, l'objectif spécifique de ce travail consiste à étudier l'origine de la stérilité de cette espèce par des tests de viabilité et par le test de germination *in-vitro* des grains de pollen. Des plantules de riz sauvage, collectées à Mahitsy et à Alasora, ont été cultivées avec quatre variétés de riz domestiquées dont Makalioka, Tsipala, Miandry Bararata et FOFIFA 160 utilisées comme témoins aux champs d'expérimentation de la Faculté des Sciences. Les pollens matures de ces riz ont été collectés pour la germination *in-vitro* tandis que les anthères ont été utilisées pour le test de viabilité avec le colorant Aceto-Carmin et le colorant d'Alexander. Les résultats ont montré que le riz sauvage présente en général un taux de stérilité important de l'ordre de 82% à 100%. Les variétés de riz témoins ont un taux de germination des grains de pollen supérieur à 84% comparé aux riz sauvages avec un taux très faible compris entre 0,4% à 16,8%. Les deux tests de coloration ont donné des résultats similaires : taux de viabilité faible pour le riz sauvage, soit 1,4% à 9,4% pour le test avec l'Aceto-Carmin et 0% à 18% pour le colorant d'Alexander contre un taux très élevé supérieur à 80% pour les variétés domestiquées. Le taux de stérilité élevé du riz sauvage pourrait être exploité pour la production ultérieure de semence de riz hybride en utilisant ce riz sauvage comme parent mâle stérile.

Mots-clés : riz sauvage, riz hybride, stérilité mâle, viabilité des pollens et germination.

Introduction

En termes de production rizicole, Madagascar se situe au 19ème rang mondial. Alors que le pays est le second plus grand consommateur de riz (<http://1>, 2011). La production agricole ne suffit plus, de ce fait, à couvrir les besoins alimentaires croissants de la population locale (RASOLOHARISON, 2013). Ainsi,

Madagascar, longtemps passé pour un grenier de l'Afrique, devient un grand importateur de produits agricoles dont le riz constitue une part importante et croissante de l'importation, passant de 40 700 tonnes en 2009 à 114 400 tonnes en 2012 (RASOLOHARISON, 2013). Le gouvernement a ainsi décidé d'importer des semences de riz hybride, plus productives, pour assurer la sécurité alimentaire durable de la population (RAZAFINDRAMIADANA, 2014). La production de ces semences hybrides nécessite, en outre, l'utilisation de lignée de riz mâle stérile. Des recherches antérieures, relatives à la découverte de riz sauvage (*Oryza longistaminata*) 100% stérile, nous ont conduits à réfléchir sur la possibilité de produire localement des semences hybrides en utilisant ce riz sauvage, comme parent mâle (RAKOTONJANAHARY et al. 1995). Afin de contribuer à l'amélioration de la production de riz au pays, notre projet de recherche vise à produire des semences hybrides. Ainsi, l'objectif spécifique de ce travail consiste à étudier l'origine de la stérilité de cette espèce par des tests de viabilité et par le test de germination *in-vitro* des grains de pollen.

Matériels et méthodes

Matériels végétaux

Les plantules de riz sauvage *Oryza longistaminata* proviennent de la collection de riz sauvage du FOFIFA maintenue à Mahitsy et du canal qui borde les rizières à Alasora région Analamanga et province d'Antananarivo. Les quatre variétés témoins : Makalioka, Tsipala, Miandry bararata et FOFIFA 160 ont été fournies par le FOFIFA. Le choix de ces variétés témoins a été basé sur leur sensibilité à la photopériode et sur leur productivité.

Méthodes d'étude

1- Installation, suivi et mesure des plants de riz

L'installation de l'expérimentation au champ a été réalisée préparation du champ de rizière, collecte des plantules de riz sauvage, germination des semences des variétés témoins, repiquage des plantules.

Quelques paramètres morphologiques tels que la hauteur, le tallage et le feuillage des plantes ont été évalué sur huit échantillons pour chaque variété à partir de 10 jours après le repiquage jusqu'au début de la montaison et les caractères des graines et des panicules ont été relevés au moment de la maturation des graines.

2- Tests de viabilité des grains de pollen

Des méthodes qui reflètent la compétence du pollen pour remplir sa fonction normale ont été conçues pour évaluer la viabilité des grains de pollen (SHIVANNA et al. 1991). Parmi ces méthodes, le test de germination *in-vitro* et deux tests de coloration utilisant l'acétocarmine et le colorant d'Alexander ont été choisis.

2-1- Test de germination

Le milieu de culture liquide utilisé est composé de 4 ppm d'acide borique, 14 g de sucre et 100 ml d'eau distillée. Les pollens ont été collectés au stade de leur maturité, c'est à dire au moment où les anthères sortent de l'épillet (entre 12 h à 13 h). Les grains de pollen ont été directement extraits de l'anthère en secouant doucement la panicule au-dessus d'une boîte de Pétri contenant le milieu. Les premiers signes de germination ont été observés au bout de 30 minutes. Les grains de pollen germent lorsque la longueur du tube pollinique atteint le diamètre du pollen (ZENG-YU et al. 2003) (photo 1). Pour ce test, 10 échantillons par variété et 25 grains de pollen par lame ont été observés.

2-2- Test de coloration

L'analyse de la viabilité des grains de pollen a été aussi estimée par deux tests colorimétriques à l'aide de l'acétocarmine 1% et de la coloration d'Alexander. Avant le test, les épillets collectés par stade ont été conservés dans la solution de Carnoy (60 ml d'alcool, 30 ml de chloroforme et 10 ml d'acide acétique) pour fixer le stade de développement des pollens. Les grains de pollen sont viables lorsqu'ils absorbent les colorants après une (1) heure d'incubation à température ambiante. Pour le colorant acétocarmine, les pollens de couleur rouge ont été considérés comme viables tandis que ceux sans tache ont été jugées non viables (photo 2). Quant à la coloration d'Alexander, les grains de pollen non viables sont représentés par des taches vertes tandis que les grains de pollen viables sont montrés par des taches rouge-grenat (photo 3) (KHATUN et al. 1995 ; RODRIGUEZ-RIANO et al. 2000).

La procédure de coloration est identique pour les deux tests. Le paléa et le lemma ont été séparés et les anthères ont été expulsées de l'épillet. Ces anthères ont été ensuite scindées en deux dans la solution de coloration sur un verre de montre pour en extraire les grains de pollen. Quelques gouttes de la solution ont été ensuite mises sur la lame et couvertes d'une lamelle. Le comptage des grains de pollen a été fait 1h après la préparation à l'aide d'un microscope optique avec 10 échantillons par variété et 40 grains de pollen par lame ont été évalués.

Analyse des données

Les données ont été analysées par l'analyse de variance (ANOVA). Les paramètres morphologiques, les taux de viabilité et le taux de germination des grains de pollen entre les variétés témoins et les espèces sauvages ont été analysés pour un seuil de risque de 5% en utilisant le logiciel R-Studio 3.1.0.

Résultats et discussions

1- Installation, suivi et mesure des plants de riz

Tableau 1 : Résumé des caractéristiques morphologiques des plantes des variétés témoins et celles des espèces sauvages.

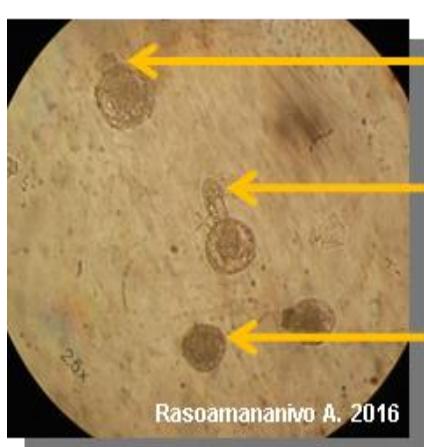
Variétés Caracté- ristiques	O. <i>longistaminata</i> Alasora	O. <i>longistaminata</i> Mahitsy	FOFIFA 160	Makalioka	Miandry bararata	Tsipala
Hauteur maximale des plantes HM (cm)	8b	104a	94a	92a	101a	94a
Port de la plante	Etalé	Semi-dressé	Dressé	Dressé	Dressé	Dressé
Moyenne du nombre de talles	284c	211b	16a	39a	34a	31a
Taux d'épillets stériles (%)	34b	98c	6a	4a	6a	4a

Les chiffres accompagnés d'une même lettre pour chaque caractère étudié ne sont pas significativement différents (selon le test de Tukey du logiciel R. Studio)

L'espèce sauvage a une taille plus large et une potentialité de production de tallage élevée par rapport aux témoins. Elle montre aussi un port différent des variétés témoins par son port étalé et semi-dressé (tableau 1). Pour notre étude, le riz sauvage a atteint 104 à 168 cm de haut (tableau 1). Ceci n'est pas conforme aux résultats de BRINK (2006), qui a trouvé que *O. longistaminata* est une graminée robuste atteignant 240 cm de haut. Le fort taux de stérilité du riz sauvage est conforme à l'observation de HOARE (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1453333/>) qui a trouvé que dans certaines parties de son aire de répartition, les graines d'*O. longistaminata* ne sont pas viables et elles ne se propagent que par voie végétative.

2- Tests de viabilité des grains de pollen

2-1- Test de germination



Début de la germination

Pollen germé

Pollen non
germé

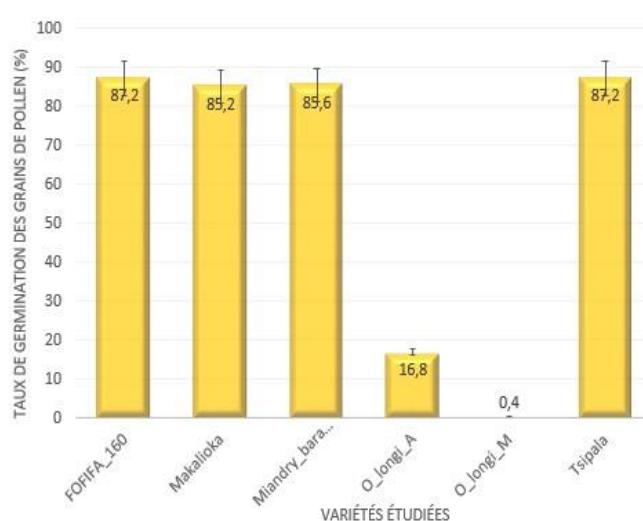


Photo 1 : Grains de pollen de riz germés sous microscope (grossissement x60)

Figure 1: Taux de germination des grains de pollen par variété de riz étudiée

Les deux espèces de riz sauvages ont des taux de germination significativement inférieurs à ceux des variétés témoins, soit 0,4% pour *O. longistaminata* Mahitsy et 16,8% pour *O. longistaminata* Alasora contre un taux supérieur à 84% pour les variétés témoins (figure 1). Les variétés témoins ont un taux de germination significativement élevé contre un taux très faible voire nul de 0,4% à 16,8% pour *O. longistaminata* (figure 1). Nos résultats sont conformes à celui de PARKER et DEAN (1976) mentionnant que *O. longistaminata* peut être partiellement ou complètement stérile. Ces résultats ne sont pas

cependant identiques à ceux de SECOND et al (1993) qui ont trouvé une forte fertilité d'*O. longistaminata* (supérieur à 40%) dans les grandes populations du delta du Niger. En contrepartie, les plants isolés à Mahitsy ont été prouvé stérile ce qui s'explique par l'affirmation de SECOND et al disant que la forte fertilité tend à diminuer dans les populations isolées.

2-2- Test de coloration

Coloration par acétocarmine

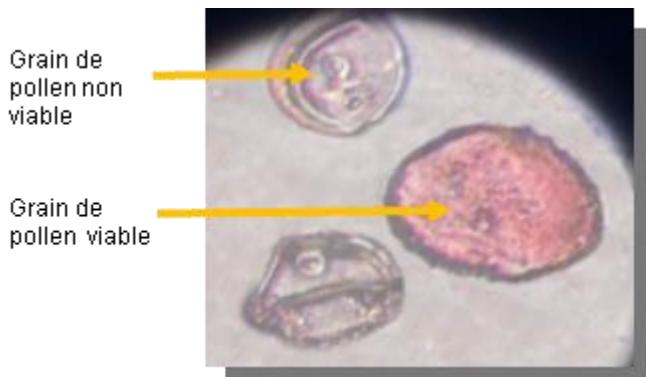


Photo 2 : Grains de pollen de riz coloré par l'acétocarmine sous microscope grossissement ($\times 40$)

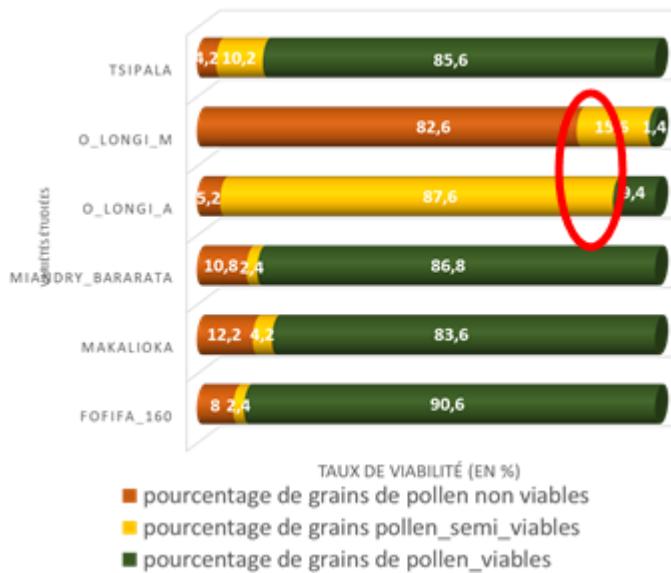


Figure 2 : Taux de viabilité des grains de pollen utilisant le colorant acétocarmine

Ces résultats ont montré des taux de viabilité faible pour les variétés sauvages contre un taux supérieur à 83,6 à 90,6% pour les variétés domestiquées (figure 2). La différence est significative.

Colorant d'Alexander

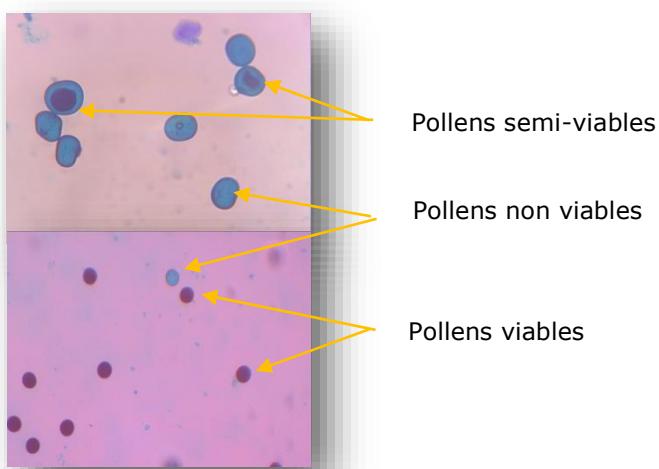


Photo 3 : Grains de pollen de riz colorés par le colorant d'Alexander vus au microscope optique ; grossissement ($\times 60$) et ($\times 40$)

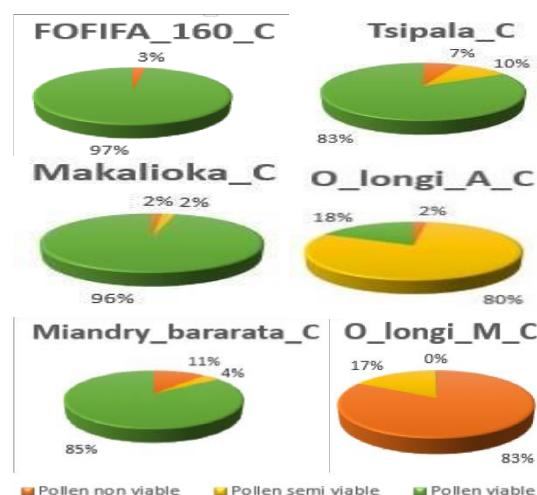


Figure 3 : Taux de viabilité des grains de pollen des quatre variétés de riz cultivées et deux espèces de riz sauvage utilisant le colorant d'Alexander

Les riz sauvages ont un taux de viabilité très faible de 0% à 18% contre un taux supérieur à 83% pour les variétés de riz témoins (figure 3). Concernant le taux de pollens non viables et semi viables, le riz sauvage en provenance de Mahitsy montre un taux de pollen non viable important de l'ordre de 83% tandis que c'est le taux de pollen semi viable qui est dominant pour le riz collecté d'Alasora (figure 3).

Avec les mêmes conditions de cultures, un taux de viabilité très faible inférieur à 18% a été observé pour le riz sauvage. Ceci peut être dû à des stress biotique ou abiotique parmi lesquels la sensibilité à

la photopériode. Selon LONG-PING (1994), ce caractère peut être exploité pour faciliter la production de rizhybride par le système de croisement à deux lignées. Les colorants les plus utilisés pour tester la viabilité des pollens ont été critiqués par plusieurs auteurs. Il était ainsi nécessaire et important d'associer les tests colorimétriques avec le test de germination des grains de pollen pour voir la viabilité réelle de ces derniers. Ainsi, le riz sauvage étudié ici pourrait donc être utilisé pour la production de riz hybride ? afin d'assurer la sécurité alimentaire du pays.

Références

- . BRINK, M., 2006. *Oryza longistaminata* A.Chev. &Roehr. [Internet] Record from prota4u. PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale, Wageningen, Pays Bas. <http://database.prota.org/recherche.htm>)
- . KHATUN, S.T.J., 1995. The estimation of pollen viability in rice. *Journal of Experimental Botany* 46: pp151-154.
- . LONG-PING YUAN, and XI-QIN-FU, 1995. *Technology of hybride rice production*. FAO, Rome. 83 p.
- . PARKER, C., et DEAN, M.L., 1976. *Contrôle du riz sauvage dans le riz*. Pesticide Science 7 (4) pp 403-416.
- . RAKOTONJAHARY, X., RAVATOMANGA, J., RAVAONORO, S., SOLOFOMAMPIONONA, E., and SHAHI, B.B., 1995. *Croisements réalisés de 1987 à 1991 et suivi des descendants*. FO.FI.FA, Département de Recherche Rizicole. 21 p.
- . RASOLOHARISON, T., 2013. *Les enjeux de la promotion de la filière riz dans le développement Université d'Antananarivo*. Faculté de Droit, d'Economie, de Gestion et de Sociologie Département Economie. 90 p.
- . RAZAFINDRAMIADANA, L., 2014. *Le ministère de l'Agriculture et du développement rural revient sur les objectifs de la Révolution verte, dont l'augmentation de la production agricole. Les actions sont engagées*. Actualité en direct avec L'Express de Madagascar, Océan indien. 3 p.
- . RODRIGUEZ-RIANO, T.A., and DAFNI, 2000. *A new procedure to assess pollen viability*. *Sexual Plant Reproduction* 12: pp 241-244.
- . SECOND, G., BEZANCON, G., et BOZZA, J., 1993. *Variabilité d'Oryza longistaminata et du complexe sativa des Oryza en Afrique : Aspects écologiques et évolutifs*. O.R.S.T.O.M.
- . SHIVANNA, K.R.H.F., and LINSKENS, M., 1991. *Pollen viability and pollen vigor*. Theoretical and Applied Genetics 81 : pp 38-42.
- . ZENG-YU WANG , YAXIN GE, MEGANN SCOTT and GERMAN SPANGENBERG, 2003. *Viability and longevity of pollen from transgenic and nontransgenic tall fescue (*Festuca arundinacea*) (Poaceae) plants*. Forage Improvement Division, The Samuel Roberts Noble Foundation, Ardmore, Oklahoma 73401 USA; Plant Biotechnology Centre, Department of Primary Industries, La Trobe University, Victoria 3086 Australia.7 p.
- .<http://www.agriculture.gov.mg/> 2011sept. agri-presse.
- .<http://www.fao.org/rice2004/fr/f-sheet/fiche6.pdf>

5. Le gain génétique de rendement comme critère de criblage dans le processus classique d'amélioration variétale du riz

RAHARIMANANA Vololonirina¹, RABESON RAYMOND²

¹ Département de Recherche Rizicole –FOFIFA, ²Département de Recherche Rizicole FOFIFA/Coordonnateur du projet SARD-SC AfricaRice à Madagascar

1. Contexte et Justification

Madagascar fait partie de quelques pays en Afrique subsaharienne, ayant fait l'objet des essais « Genetic Yield Gain Trial » durant deux saisons culturelles successives (2014/2015 et 2015/2016).

L'intensification agricole peut être obtenue par l'amélioration de la pratique agricole (c'est-à-dire par la gestion appropriée) et/ou par le développement et l'introduction, depuis plusieurs années (de 1980 jusqu'en 2013), des variétés améliorées et adaptées présentant un potentiel de rendement plus élevé et une résistance plus grande aux stress biotiques et abiotiques.

Le gain génétique de rendement peut se définir comme étant le gain de rendement obtenu par l'amélioration variétale.

Les riziculteurs s'intéressent à la question de savoir si le gain génétique de rendement obtenu par l'amélioration variétale est exprimé dans des conditions de gestion optimale seulement, ou aussi dans le cadre de pratiques paysannes caractérisées par des conditions sous-optimales nutritives ou d'approvisionnement en eau.

Les chercheurs agronomes ont besoin d'informations sur le rendement potentiel des variétés utilisées par les agriculteurs, afin de mettre en œuvre efficacement des outils de prise de décision, tels que « Nutrient/Water Manager for Rice ». Des connaissances détaillées sur les caractéristiques de phénologie des variétés les plus importantes introduites dans divers pays sont nécessaires aux modélistes des cultures pour une prédiction plus précise des rendements potentiels en riz dans différents environnements/agrosystèmes.

Ils permettent de mieux cerner la dynamique des variétés de riz largement adoptées en milieu paysan (*in situ*), suivant le changement climatique ressenti (diminution de la fertilité du sol, stress hydrique lié à la forte sécheresse et l'inondation) et les contraintes socio-économiques (faible pourvoir d'achat/apport des producteurs en éléments fertilisants dans leur parcelle).

2. Objectifs

Des essais sur site à plusieurs endroits seront menés dans des pays sélectionnés en Afrique subsaharienne, notamment à Madagascar afin d'évaluer :

- ✓ Les rendements potentiels des différentes variétés diffusées par le Système National de Recherche depuis 1960 jusqu'à 2013
- ✓ Les gains génétiques de rendement des variétés diffusées par FOFIFA/WARDA/AfricaRice de 1960 au 2013
- ✓ Les traits agronomiques qui contribuent au gain génétique de rendement (*Nutrient uptake, Nutrient utilization, Crop duration, Harvest index, Percentage of grain filling, Number of spikelets per panicle, etc.*)

3. Matériels et Méthode :

❖ Site d'intervention: SRR Kianjasoa

La gestion de l'eau et des nutriments permettent d'évaluer les rendements potentiels. Pour le traitement de gestion sous-optimale, un scenario plus « réaliste » sera testé.

On suppose que la limitation en nutriments est le principal facteur biophysique limitant le rendement en riziculture inondée/irriguée en dehors de la température extrême, alors que c'est le stress hydrique qui est le plus important facteur limitant le rendement en riziculture de bas-fond pluvial.

Par conséquent, un traitement avec des doses d'engrais sous-optimaux en nutriments (limitation d'éléments nutritifs) sera imposé en riziculture de bas-fond irrigué, et un traitement sans irrigation supplémentaire (limitation d'eau) dans tous les essais de bas-fond pluvial. La sévérité de stress d'eau imposée dans les essais de bas-fond pluvial dépendra de la pluviométrie pendant les essais.

T1 : Traitement optimal en eau et en nutriments, inondé en permanence + fertilisation à une dose élevée (rendement cible = rendement potentiel)

T2 : Traitement optimal en nutriments mais sous optimal en eau, sans irrigation supplémentaire (sauf au moment du repiquage) + fertilisation à une dose élevée

T3 : Traitement optimal en eau mais sous optimal en nutriments, inondé de façon permanente + fertilisation à une dose plus proche de la pratique paysanne

Pour chaque traitement, un dispositif à bloc aléatoire complet avec 3 répétitions.

❖ 12 variétés testées

N°	Variétés	Année de mise en diffusion
V1	ROJOFOTSY	1960
V2	2509	Récent
V3	KALILA	1980
V4	2787	1986
V5	X 265	1993
V6	SOAMEVA	Récent

V7	FOFIFA 160	2002
V8	SEBOTA 70	2010
V9	X 1648	2013
V10	NERICA L 19	Témoin
V11	IR 64	Témoin
V12	ALI COMBO	Témoin local

❖ **Doses d'engrais pour chaque traitement : (JAR=Jour Après Repiquage)**

T1 (gestion optimale) et T2 (gestion sous-optimale en eau)						
Nutriments:	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
Type d'engrais utilisé:	NPK (11:22:16)	Urée	Urée	NPK (11:22:16)	NPK (11 :22 :16)	Fumier
Moment d'application (JAR):	au repiquage	14 JAR	45 JAR	au repiquage	au repiquage	au moment du labour
Dose (kg de NUTRIMENT ha ⁻¹):	33	30	30	66	48	*
Dose (kg d'ENGRAIS ha ⁻¹):	300	65	65	300	300	10000
T3 (gestion sous-optimale en nutriments)						
Nutriments:	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
Type d'engrais utilisé:	NPK (11:22:16)	Urée	Urée	NPK (11:22:16)	NPK (11 :22 :16)	Fumier*
Moment d'application (JAR):	au repiquage	14 JAR	45 JAR	au repiquage	au repiquage	au moment du labour
Dose (kg de NUTRIMENT ha ⁻¹):	3.3	3	3	6.6	4.8	*
Dose (kg d'ENGRAIS ha ⁻¹):	30	6.5	6.5	30	30	5000

JAR=jours après repiquage ;

*Un échantillon du fumier utilisé sera analysé pour le contenu de N, P et K

❖ **Mise en place de l'essai**

- Nombre de répétitions : 3
- Dimension de la parcelle : 2m x 3m
- Ecartement entre poquets : 20 cm
- Ecartement entre parcelles : 20 cm
- Nombre de plants par poquet : 2

❖ **Méthode de la mise en place de la culture :**

- Repiquage en ligne ;
- Repiquage : 15-21 jours après semis
- Semences pré germés pendant 48-72 heures ;
- Urée appliquée dans la pépinière en cas de besoin ;

4. Résultats obtenus et Interprétations :

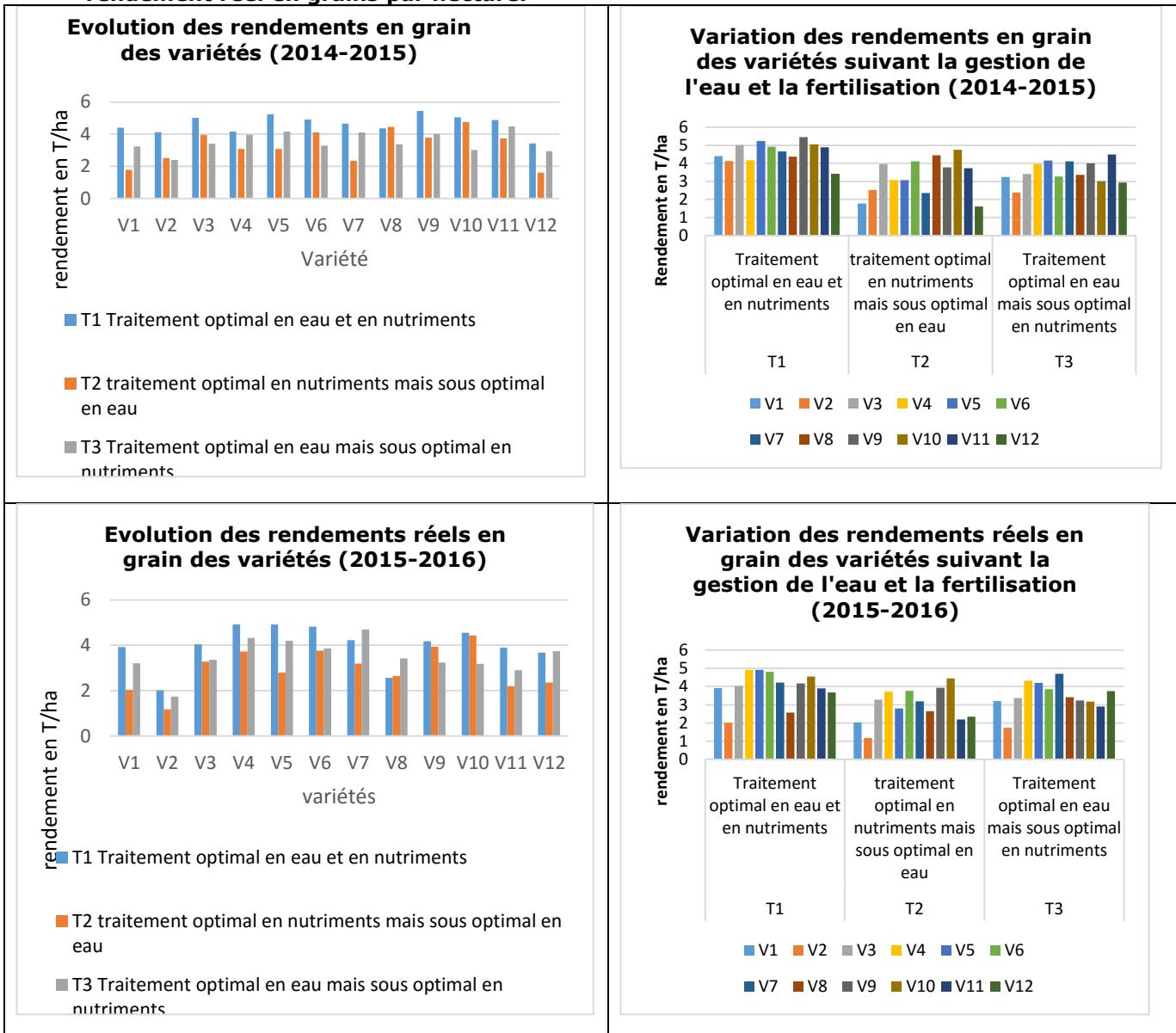
Statistiquement, selon l'ANOVA, il n'y pas une différence significative entre les deux années d'expérimentation. Mais, notons que, du point de vue traitement, on a :

T1 T2 T3

"b" "a" "a"

TRAITEMENT	N° VARIETE	VARIETE	Nombre de talles	Hauteur de plante	rendement calculé T/ha à 14%d'humidité	rendement réel en T/ha	Pourcentage des grains par rapport à la biomasse aérienne	
T1	V2	2 509	9,19	a 85,34	a 3,72	a 3,15	abc 38,87	ab
T1	V4	2 787	11,97	a 97,78	a 5,12	a 4,65	abc 37,94	ab
T1	V12	Ali Combo	7,90	a 150,65	a 4,04	a 3,69	abc 27,54	ab
T1	V7	Fofifa 160	12,51	a 120,63	a 5,21	a 4,58	abc 38,74	ab
T1	V11	IR 64	13,93	a 81,68	a 5,75	a 4,48	abc 43,87	ab
T1	V3	Kalila	10,51	a 156,97	a 4,99	a 4,65	abc 40,41	ab
T1	V10	Nerica L 19	9,06	a 109,98	a 4,84	a 4,93	bc 40,07	ab
T1	V1	Rojofotsy	10,34	a 132,68	a 4,44	a 4,33	abc 34,62	ab
T1	V8	Sebota 70	12,77	a 80,48	a 4,63	a 3,56	abc 44,27	ab
T1	V6	Soameva	11,14	a 140,32	a 5,44	a 5,01	bc 41,08	ab
T1	V9	X 1648	10,09	a 112,45	a 5,51	a 4,94	bc 44,59	ab
T1	V5	X 265	13,38	a 122,45	a 6,29	a 5,21	c 42,25	ab
T2	V2	2 509	8,52	a 71,16	a 2,46	a 1,93	a 34,53	ab
T2	V4	2 787	11,81	a 89,34	a 4,43	a 3,54	abc 34,26	ab
T2	V12	Ali Combo	5,50	a 126,90	a 2,06	a 2,05	ab 18,72	a
T2	V7	Fofifa 160	10,61	a 92,35	a 3,83	a 2,89	abc 35,30	ab
T2	V11	IR 64	11,04	a 70,23	a 3,90	a 3,02	abc 40,53	ab
T2	V3	Kalila	11,38	a 128,81	a 4,10	a 3,78	abc 32,64	ab
T2	V10	Nerica L 19	8,96	a 103,97	a 4,43	a 4,77	abc 41,60	ab
T2	V1	Rojofotsy	7,99	a 98,25	a 2,68	a 1,99	a 29,49	ab
T2	V8	Sebota 70	15,03	a 71,13	a 4,59	a 3,64	abc 44,26	ab
T2	V6	Soameva	9,05	a 125,35	a 4,28	a 4,11	abc 35,30	ab
T2	V9	X 1648	8,78	a 102,44	a 4,37	a 3,95	abc 44,69	ab
T2	V5	X 265	10,18	a 99,19	a 3,74	a 3,06	abc 37,29	ab
T3	V2	2 509	7,10	a 76,87	a 2,86	a 2,10	abc 37,98	ab
T3	V4	2 787	11,44	a 91,36	a 4,39	a 4,26	abc 38,21	ab
T3	V12	Ali Combo	6,98	a 148,59	a 3,91	a 3,46	abc 30,15	ab
T3	V7	Fofifa 160	10,45	a 112,87	a 4,82	a 4,54	abc 45,82	ab
T3	V11	IR 64	12,28	a 74,84	a 4,52	a 3,79	abc 43,81	ab
T3	V3	Kalila	8,52	a 124,67	a 4,24	a 3,50	abc 44,10	ab
T3	V10	Nerica L 19	6,63	a 98,32	a 3,44	a 3,21	abc 41,85	ab
T3	V1	Rojofotsy	8,20	a 122,00	a 3,93	a 3,33	abc 40,28	ab
T3	V8	Sebota 70	11,54	a 78,57	a 4,45	a 3,49	abc 47,32	ab
T3	V6	Soameva	9,33	a 122,43	a 4,12	a 3,69	abc 42,03	ab
T3	V9	X 1648	9,29	a 104,11	a 4,60	a 3,74	abc 45,48	ab
T3	V5	X 265	10,30	a 114,12	a 5,03	a 4,32	abc 46,80	ab

Les interactions entre les traitements et les variétés sont bien visibles sur l'ANOVA du rendement réel en grains par hectare.



- **Traitement optimal en eau et en nutriments :** Toutes les variétés répondent positivement aux conditions optimales : Les variétés **V3 (KALILA)**, **V5 (X 265)**, **V9 (X 1648)** et **V10 (NERICA L 19)** figurent parmi les meilleures avec des rendements avoisinants ou supérieurs à 4t/ha. Des pointes de rendement avoisinants ou supérieurs à 5t/ha pour **V3 = KALILA**, **V5 = X 265**, **V9 = X1648**, **V10 = NERICA L 19**, **V11 = IR 64**. Mauvaise performance de **V12 = ALI COMBO**
- **Traitement optimal en nutriments et sous optimal en eau:** Certaines variétés répondent bien à la fertilisation malgré une mauvaise condition hydrique et donnent des rendements avoisinants ou supérieurs à 3,5t/ha (**V3 (KALILA)**, **V6 (SOAMEVA)**, **V8 (SEBOTA 70)**, **V10 (NERICA L 19)** et **V11 (IR 64)**). Elles s'adaptent beaucoup plus à la sécheresse. D'autres, par contre, n'arrivent pas à s'exprimer et donnent des rendements inférieurs à **2,5t/ha** (**V1=ROJOFOTSY**, **V2 =2509**, **V7=FOFIFA 160** et **V12 =ALI COMBO**) ; d'où leur forte sensibilité au stress hydrique .Notons toutefois les variétés **V4 = 2787** et **V 5 = X265** qui arrivent à donner des rendements avoisinant ou supérieurs à 3t/ha.
- **Traitement optimal en eau et sous optimal en nutriments :** Des variétés s'expriment mieux, en cas de bonne condition hydrique même si le niveau fertilisation est faible et donnent des rendements avoisinant ou supérieurs à 3t/ha (**V4 = 2787**, **V5 = X265**, **V7 = FOFIFA 160**, **V9 = X 1648** et **V11 = IR 64**). Notons la mauvaise performance de **V2 = 2509** (rendement inférieur à 2,5t/ha, d'où sa forte sensibilité à une faible fertilisation).
- **La maîtrise de l'eau (régime hydrique) est un facteur primordial d'augmentation de rendement en cas d'utilisation des variétés améliorées de la recherche**

- La plupart des variétés présentent des rendements un peu plus élevés en milieu inondé/aquatique sous faible fertilisation par rapport au milieu sec avec fertilisation
- La plupart des variétés de riz de bas-fonds exige un milieu anaérobie (avec eau en permanence) et une adaptation à leur propre écologie (cas de la variété IR 64 du Boeny) pour se développer.

5. Conclusion

- Durant des années (1960 -2013), la recherche a permis de dégager des gains génétiques de rendement face au stress hydrique et avec un faible niveau de fertilisation des paysans malagasy (**NERICA L 19, X 1648, IR 64, X265 et FOFIFA 160.....**) malgré la forte sensibilité à une faible fertilisation pour V2=2509
- **V4 =2787, V5 =X265, V6 (SOAMEVA) et V7 (FOFIFA 160)** tolèrent mieux le faible niveau de fertilisation en cas de bonne condition hydrique.
- Les variétés **2787, X265, V7=FOFIFA 160, SOAMEVA et X1648** présentent un potentiel de rendement élevé dans de bonnes conditions de riziculture (sols riches ou à forte fertilisation et avec une bonne maîtrise d'eau).

6. Perspectives 2016-2019 (03 ans) :

Valorisation de ces résultats avec l'équipe de l'amélioration variétale en partenariat avec l'AfricaRice, dans l'optimisation des rendements rizicoles dans tout Madagascar, sous différents types d'écologie rizicole.

6. Caractéristiques physiques, physico-chimiques et nutritionnelles de trois cultivars malagasy de manioc les plus cultivés dans Région de DIANA

RANDRIANANTENAINA Antoni (1), RAZAFIMAHEFA(2), FENORADOSOA Taratra Andrée (3) et RAJAONARISON Jean François (4)

(¹) et (³) : Laboratoire : Creen Madag Naturally de la Faculté des Sciences de l'Université d'Antsiranana
(²) et (⁴) : Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement (FSTE) de l'Université de Mahajanga

Résumé

Le manioc est une plante cultivée pour ses racines, bien que ses feuilles soient consommées dans plusieurs pays d'Afrique. Dans la Région de DIANA, le manioc n'a pas encore connu un réel développement dans l'alimentation de base de sa population. C'est pour cette raison que nous nous sommes intéressés sur le thème intitulé « *Caractéristiques physiques, physico-chimiques et nutritionnelles des farines des racines de trois cultivars malagasy de manioc les plus cultivés dans la Région de DIANA* ».

Ce travail a pour objectif général de contribuer à la valorisation des plantes amylacées. Il a pour objectifs spécifiques de déterminer les caractéristiques des farines de trois cultivars malagasy de manioc les plus cultivés. Pour atteindre ces objectifs, différents matériels et méthodes ont été utilisés pour transformer les racines de trois cultivars malagasy de manioc choisis en farines et déterminer les caractéristiques physiques, physico-chimiques et nutritionnelles des farines ainsi obtenues. Les résultats des analyses ont montré que les farines de trois cultivars de manioc ont des rendements de farinage sont 32,76 % (*Menarevaka*), 30,99 % (*Mena*) et 32,00 % (*Fotsy*). Leurs teneurs en eau sont $10,69 \pm 0,11\%$ (*Menarevaka*), $11,38 \pm 0,06\%$ (*Mena*) et $11,53 \pm 0,17\%$ (*Fotsy*). Leurs capacités de rétention d'eau (à base de la Matière sèche) sont $105,99 \pm 6,17\text{ g /100g}$ (*Menarevaka*), $103,81 \pm 1,13\text{ g /100g}$ (*Mena*) et $116,42 \pm 5,18\text{ g /100g}$ (*Fotsy*). Leurs solubilités (à base de la Matière sèche) sont de $10,13 \pm 1,53\%$ (*Menarevaka*), $9,10 \pm 0,50\%$ (*Mena*) et $11,91 \pm 1,47\%$ (*Fotsy*). Leurs pouvoirs de gonflement (à base de la Matière sèche) sont de $12,34 \pm 0,82\text{ g/g}$ (*Menarevaka*), $11,27 \pm 1,21\text{ g/g}$ (*Mena*) et $13,36 \pm 0,70\text{ g/g}$ (*Fotsy*). Ces farines ont des pH : $6,03 \pm 0,01$ (*Menarevaka*), $5,74 \pm 0,01$ (*Mena*) et $6,04 \pm 0,01$ (*Fotsy*). Leurs acidités totales (à base de la matière sèche et équivalent en acide lactique) sont $0,47 \pm 0,03$ (*Menarevaka*), $0,57 \pm 0,05$ (*Mena*) et $0,45 \pm 0,05$ (*Fotsy*). Les taux de cendre de ces farines (à base de la matière sèche) sont $1,75\%$ (*Menarevaka*), $2,29\%$ (*Mena*) et $2,57\%$ (*Fotsy*). Leurs teneurs en protéine (à base de la matière sèche) sont de $3,77\%$ (*Menarevaka*), $1,35\%$ (*Mena*) et $1,48\%$ (*Fotsy*). Les taux de lipide (à base de la matière sèche) sont $2,83\%$ (*Menarevaka*), $3,23\%$ (*Mena*) et $2,41\%$ (*Fotsy*). Leurs taux de glucides totaux (à la base de la matière sèche) sont $80,96\%$ (*Menarevaka*), $81,75\%$ (*Mena*) et $82,01\%$ (*Fotsy*).

En conclusion, même très pauvres en protéine, ces farines sont très énergétiques, par les taux considérables de sucre. En outre, par ses propriétés physiques, physico-chimiques et nutritionnelles, elles peuvent être utilisées dans la boulangerie pour fabriquer des pains composites de manioc-blé.

Mots-clés : Manioc, Cultivar, Plante amylacée, Farine, Caractéristique physique, Caractéristique physico-chimique, Caractéristique nutritionnelle, Pain composite.

1-Introduction

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) est plante amylacée, de la famille Euphorbiaceae. Il est cultivé par des racines comestible et originaire de l'Amérique du Sud (**Celis, 1982**), est devenu une culture importante sous les tropiques. A Madagascar, le manioc étant la deuxième source énergétique à Madagascar après le riz. Il représente près de 14 % de la consommation calorique malgache (**Dostie et al. 1999**). Cette valeur est variée selon la région, la condition de vie de chaque ménage et la période. Pour les ménages défavorisés, surtout pendant la période de disette et dans les régions Sud et Sud-ouest, le manioc constitue plus de 25 % des calories consommées (**Dostie et al. 1999**). Dans la Région de DIANA, le manioc n'a pas encore connu un réel développement dans l'alimentation de base de sa population. C'est pour cette raison que nous nous sommes intéressés sur le thème intitulé « **Caractéristiques physiques, physico-chimiques et nutritionnelles de trois cultivars malagasy de manioc les plus cultivés dans Région de DIANA** ». Ce travail a pour objectif général de contribuer à la valorisation des plantes amylacées. Il a pour objectifs spécifiques de déterminer les caractéristiques physiques, physico-chimiques et nutritionnelles des farines de trois cultivars malagasy de manioc les plus cultivés. Pour atteindre ces objectifs, différents matériels et méthodes ont été utilisées pour transformer les racines de trois cultivars malagasy de manioc choisis en farines et déterminer les caractéristiques physiques, physico-chimiques et nutritionnelles des farines ainsi obtenues.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel végétal

Nous avons utilisé les cultivars de manioc *Menarevaka*, *Mena* et *Fotsy* récoltés dans la région de DIANA, communes rurales de Joffre Ville et Anivorano Nord. Les cultivars étaient âgées de 10 à 13 mois, comme recommandé par N'zué et al. (2004).

2.2. Transformation des racines de manioc en farine

La transformation des racines de manioc en farines ont été réalisées en utilisant la méthode de CTA (2008). Cette méthode est divisée en neuf étapes : sélection des racines, épluchage, lavage, râpage, essorage, séchage, broyage, tamisage et emballage ou stockage. La farine obtenue par cette méthode peut être conservée plus de deux ans à température ambiante en gardant toutes les qualités de farine de manioc frais.

2.3. Caractérisation des farines produites

Des paramètres ont été déterminés par des méthodes adéquates, pour caractériser les farines produites. Ce sont : la teneur en eau (AOAC, 1980), les rendements de farinage, la capacité de rétention d'eau (Sosulski, 1962), le pouvoir de gonflement et de la solubilité des farines (Leach et al., 1959), le pH (Larsonneur, 1993), l'acidité totale (Vasconcelos et al., 1990), le taux de cendres (AOAC, 1970), le taux de protéine brute (méthode de Kjeldahl avec N x 6,25 pour le manioc), la teneur en matière grasse brute (AOAC, 1970) et le taux de glucides totaux par la méthode de soustraction (Bertrand et Thomas, 1910).

3-Résultats et discussions

3.1. Rendement de farinage

Les rendements de farinage de ces trois cultivars de manioc sont groupés dans le **tableau 1** ci-dessous.

Tableau 1 : Rendements des farinages

Variétés	Rendement (%)
Menarevaka	32,76 %
Mena	30,99 %
Fotsy	32,00 %

Ces rendements varient en fonction d'épaisseur de la chair, de matière fibreuse et qui sont enlevées lors du tamisage de farine. La tête ligneuse et la queue de tubercule sont aussi enlevées lors d'épluchage. Le cultivar de manioc *Mena* est plus fibreuse, contient plus de tête ligneuse et de la queue qui ont été supprimés lors de l'entreposage, entraînant la diminution du rendement.

3.2. Caractéristiques physiques, physico-chimiques et nutritionnelles

Les résultats des analyses physiques, physico-chimiques et nutritionnelles de la farine de trois cultivars de manioc *Menarevaka*, *Mena* et *Fotsy* sont rassemblées dans le **tableau 2** ci-dessous.

Tableau 2 : Caractéristiques physiques, physico-chimique et nutritionnelles de la farine de trois cultivars de manioc *Menarevaka*, *Mena* et *Fotsy*.

Traitement	Farine de variété <i>Menarevaka</i>	Farine de variété <i>Mena</i>	Farine de variété <i>Fotsy</i>
Teneur en eau (%)	10,69 ± 0,11	11,38 ± 0,06	11,53 ± 0,17
Capacité de rétention d'eau (g/100 g MS)	105,99 ± 6,17	103,81 ± 1,13	116,42 ± 5,18
Pouvoir de solubilité (% MS)	10,13 ± 1,53	9,10 ± 0,50	11,02 ± 1,47
Pouvoir de gonflement (g/g MS)	12,34 ± 0,82	11,27 ± 1,21	13,36 ± 0,70
pH	6,03 ± 0,01	5,74 ± 0,01	6,04 ± 0,01
Acidité totale (à base de l'acide lactique % MS)	0,47 ± 0,03	0,57 ± 0,05	0,45 ± 0,05
Taux de cendre brute (% MS)	1,75	2,29	2,57
Teneur en protéine (% MS)	3,77	1,35	1,48
Teneur en matières grasses (% MS)	2,83	3,23	2,41
Taux de glucides totaux (% MS)	80,96	81,75	82,01

Les valeurs de la teneur en eau des farines de ces cultivars de manioc concordent avec celle de Djilemo (2007) qui sont comprises entre 10 et 12 % pour qu'elles conservent convenablement. Au dessus de ce seuil, il peut y avoir développement des moisissures, en dessous, c'est l'oxydation des lipides qui pourrait être favorable. Leurs capacités des rétentions d'eau conformes avec celle de Razafimahefa (2005) qui sont comprise entre 95,36 et 133,71 g/100 g MS. Leurs pouvoirs des gonflements sont inférieurs au cultivar de manioc de celui de Ramirez (1997) qui est 23 g/g de MS. Les valeurs de pH des farines de ces cultivars sont supérieures à celle de Yao *et al.* (2015) qui sont 5,41 ± 0,01 (granulés de cultivar *Bonoua*), 5,5 ± 0,01 (granulés de cultivar *Yacé*) et 5,45 ± 0,02 (granulés de cultivar *Zoglo*). Les taux en cendres brutes des farines de ces cultivars concordent avec celui de Razafimahefa (2005) qui sont comprises entre 0,60 et 2,64 %MS. Les teneurs en protéines des farines de ces cultivars conformes avec celle de Stupak *et al.* (2006) qui sont comprises entre 1 et 5 %MS. Les taux des matières grasses concordent avec celui obtenu par IITA (1990) qui sont comprises entre 2 et 3,66 %MS. Les taux de glucides des farines de ces cultivars sont largement inférieurs avec celui de Sahoré *et al.* (2010) de l'attéké de manioc doux qui est 94,50 ± 1,41 %MS. Dénormes quantités de glucides ont été éliminées avec de l'eau lors de l'essorage de râpure durant l'entreposage, ce qui provoque la diminution des taux des glucides totaux.

4-Conclusion et perspectives

En conclusion, les farines de trois cultivars de manioc *Menarevaka*, *Mena* et *Fotsy* sont très pauvres en matières grasses et en protéine. Par contre, elles sont très énergétiques par les taux considérables des glucides. En outre, par ses propriétés physiques, physico-chimiques, nutritionnelles et fonctionnelles, elles peuvent être utilisées dans la boulangerie pour fabriquer des pains composites de manioc-blé.

5-Références bibliographiques

- AOAC (1970) - Official method of analysis, 11th edition. Association Official Analytical Chemists, Washington D.C.
- AOAC (1980) - Official method of analysis, 13th edition. Association Official Analytical Chemists, Washington D.C.
- Bertrand. G et Thomas. P (1910) - Guide pour les manipulations de chimie biologie. Dunod, Paris.
- Celis. F (1982) - Manuel de phytotechnie des plantes à racines et tubercules amylacés. Ibadan, Nigeria : IITA.
- CTA (2008) - ISSN 1874-8864 -Fabrication d'une farine de manioc de haute qualité.
- Dostie. B, Randriamamonjy. J et Rabenasolo. L (1999) - La filière manioc : amortisseur oublié des vulnérables. Rapport du Projet Participation et Pauvreté, N° 623-0125-A-00-6045-00. – Cornell Food and Nutrition Policy Program (Cornell University, Ithaca, NY, 14853 USA) et Institut National de la Statistique (Antananarivo, Madagascar), novembre 1999 : 29.
- Djilemo Louis (2007) - La farine de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) non fermentée : l'avenir pour la culture du manioc en Afrique. Actes de l'atelier international du manioc : potentialités à la transformation du manioc, Abidjan, côte d'Ivoire 04 -07 juin 2007.
- N'Zué. B, Zohouri. P.G et Sngaré. A (2004) - Performance agronomique de quelques variétés de manioc de trois zones agroclimatiques de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 16:1-7.
- Larsonneur. S (1993) - Influence du séchage solaire sur la qualité de l'amidon aigre de manioc. *Mémoire d'ingénieur UIC*, Colombie : 88.

- Ramirez .M (1997) -Caractérisation des propriétés physico-chimiques et fonctionnelles d'amidons de tubercules et de racines tropicaux. CIRAD-CA-T/ CER 97/4. Université Montpellier IL. France
- Razafimahefa (2005) - Mise au point de production de farines de manioc panifiables et évaluation sensorielles des pains composites de manioc fabriqués. - *Thèse de Doctorat en Biochimie* : Antananarivo : Faculté des Sciences : 172.
- Sahoré. D. A et Nemlin. G.J (2010) - Effect of technological treatments on cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Food and Nutrition Sciences*. 2010, 1: 19-23.
- Sosulski. F. W (1962) - The centrifuge method for determining flour absorption in hard red spring wheats. *Cereal Chemistry*, 39(4): 344-350.
- Stupak. M, Vanderschuren. H, Gruissem.W, Zhang. P. (2006) - Biotechnological approaches to cassava protein improvement. *Trends Food Sci. Technol*, 17: 634-641.
- Yao. A. K, Koffi. D. M, Blei. S. H, Irié. Z. B, Niamke. S. L. (2015) - Nouvelle technique de transformation de la pulpe de manioc (*Manihot esculenta crantz*) sous forme de granules conservables sur une longue période. *European Scientific Journal*. 11 (24) : 415-425.
- Vasconcelos. A. T, Twiddy. D. R, Westby. A et Reilly. P. J. A. (1990) -Detoxification of cassava during gari preparation. *Int. J. Food. Sci. Technol.* 25:198-203.

7. Morphologie pollinique des *Mascarocoffea*, cafiers sauvages endémiques de Madagascar

VOAHARINANTENAINA Rakotomalala Andriamanisa¹, ² RAKOTOMALALA Jean Jacques, ³ RAHARIMALALA Eva Nathalie, ¹ RAMAVOVOLOLONA

¹ Laboratoire de Palynologie- Département de Biologie Végétale – Université d'Antananarivo, ² Département de Recherche Agronomique FOFIFA Ambatobe- Antananarivo, ³ Département de Recherche Agronomique FOFIFA – Kianjavato –Fianarantsoa

Introduction

La famille des Rubiaceae à laquelle appartient le genre *Coffea* constitue une vaste famille avec 630 genres et 13000 espèces occupant une large distribution géographique dans les régions tropicales et subtropicales (Struwe, 2002) dont 91% sont endémiques de Madagascar. Selon le dernier recensement de Davis et al. (2011), le genre *Coffea* L. comporte 124 espèces originaires d'Afrique, de Madagascar, de l'archipel des Comores, des îles Mascareignes, d'Asie du Sud-Est, de l'Inde et d'Australie. Ce genre est bien représenté dans les Iles de l'Océan Indien avec 61 espèces dont 59 endémiques de Madagascar (Chevalier, 1938 ; Couturon et al. 2016).

Du point de vue systématique, le genre *Coffea* a été auparavant divisé par Chevalier (1947) en quatre sections botaniques selon la morphologie de la plante, à savoir : *Argocoffea*, *Paracoffea*, *Eucoffea* et *Mascarocoffea*. Charrier (1978), sur la base d'études de taxonomie numérique a réduit cette subdivision en 6 séries botaniques : Complexe Millotii, Multiflorae, Garcinioides, Subterminales, Verae et Humblotiana-Mauritianae).

Des approches palynologiques ont été déjà entreprises pour obtenir des informations scientifiques indispensables à la révision taxonomique des trois premières sections botaniques. Par contre, elles demeurent rudimentaires pour la section *Mascarocoffea* (Chinnappa et Warner, 1981). Seules quatre espèces ont été étudiées (Straka et Simon, 1969; Chinnappa et Warner, 1981), notamment *C. augagneuri*, *C. pervilleana*, *C. humblotiana* et *C. mauritiana*.

Les études palynologiques effectuées sur le genre *Coffea* ont montré un polymorphisme pollinique intrafloral (Wodehouse, 1935 ; Till et al. 1989) dont les causes ont été déjà évoquées par Van Campo (1966) et Layka (1975). Ce polymorphisme pourrait être d'origine staminale ou due à une hybridation interspécifique ou à la polyploidie. Elles ont apporté aussi des significations phylogénétiques sur ces différentes subdivisions taxonomiques (Chinnappa et Warner, 1982). Par ailleurs, selon Dessein et al. (2005), les études morpho-palynologiques permettent d'apprécier les relations évolutives entre les différentes espèces au sein de la famille des Rubiaceae. Elles peuvent être utilisées pour rejeter ou corroborer la taxonomie déjà établie.

L'objectif principal du présent travail est de collecter et d'analyser les informations relatives aux différents caractères morphologiques des pollens de plusieurs espèces de *Mascarocoffea* en comparaison avec des espèces africaines, afin de connaître leur diversité et d'en tirer une signification taxonomique.

Matériels et méthodes

Matériel végétal

Cinquante-six (56) accessions représentatives des 5 séries botaniques de *Mascarocoffea* (tableau 1) et 10 accessions réparties dans 4 espèces de cafiers africains (tableau 2) ont été étudiées. Les boutons floraux ont été collectés dans la collection vivante de la station de recherche du FOFIFA à Kianjavato (*Mascarocoffea*) et dans la station du Sahambavy (cafiers africains). Ils ont été conservés dans des tubes eppendorf ouverts sous atmosphère sèche en présence de silicagel. Les études des anthères, les traitements physico-chimiques et les observations microscopiques ont été effectuées au laboratoire de Palynologie de la Mention Biologie et Ecologie végétales de la Faculté des Sciences (Université d'Antananarivo).

Tableau 1 : Nombre d'espèces et accessions de *Mascarocoffea* selon leur série

Série des <i>Mascarocoffea</i>	Nombre d'espèces	Nombre des accessions
Complexe Millotii	8	11
Garcinioides	1	3
Multiflorae	13	25
Subterminales	10	12
Verae	3	5
Total	35	56

Tableau 2 : Espèces africaines étudiées

Espèces	Accessions
<i>C. arabica</i> L.	B14, B2, ET 191 157, ET2
<i>C. canephora</i> Pierre ex A.Froehner	K26, K39, K48, K77
<i>C. liberica</i> Bull. ex Hiern	CL
<i>C. eugenoides</i> S.Moore	CE

Etude des anthères

Les anthères ont été détachées de la fleur au niveau du filet, puis la longueur de l'anthère (LgA) a été mesurée à raison de 10 étamines par accessions. La mesure de chaque étamine a été effectuée sous microscope ZEISS à micromètre oculaire, au grossissement x 25 avant l'extraction des pollens.

Etude des pollens

La méthode d'acétylyse d'Erdtman (1952) a été adoptée. Les étamines sont triturées dans de l'eau distillée, puis filtrées. Les pollens sont centrifugés, déshydratés à l'acide acétique 100% et acétylysés dans un mélange d'anhydride acétique et d'acide sulfurique concentré (9vol/1vol) porté au bain marie bouillant pendant 2 à 3 minutes. Les grains de pollens acetolysés sont montés entre lame et lamelle 24 heures après leurs traitements.

La longueur de l'axe polaire P et le diamètre équatorial E de 30 grains de pollens ont été mesurés. La description morphologique des grains de pollens (forme, nombre d'aperture, sculpture de l'exine) a été caractérisée après observation de 3 à 4 lames de références sous microscope ZEISS à micromètre oculaire, au grossissement x 1000.

Résultats et interprétations

Description pollinique des espèces de cafiers africains et des *Mascarocoffea*

Les grains de pollen chez les deux groupes de cafiers africains étudiés sont généralement eumonades, isopolaires, breviaxe à longiaxe. Le contour en vue équatoriale est souvent circulaire à elliptique. La forme en vue polaire varie du circulaire à subcirculaire, triangulaire à subtriangulaire, rarement quadrangulaire. Le nombre d'apertures chez les cafiers africains varie de 3 à 4 colporus, (fig 1A, 1B, 1D) et quelquefois, le pollen est spiraperturé (fig 1C). Chez les *Mascarocoffea*, le nombre d'aperture varie d'une série à l'autre, le Complexe Millotii et les Garcinioides possèdent 2 à 3 colporus (fig 1E à 1H) ; pour les Multiflorae et les Subterminales, 2 à 4 colporus (fig 1I à 1O) et chez la série Verae, 3 à 4 colporus (fig 1P). Le pore est circulaire quelquefois elliptique avec un amincissement transversal. L'exine est tecté avec une ornementation finement réticulée à foveolée.

Variation de la taille des grains de pollens chez les cafiers étudiés

L'étude de la distribution des classes de dimension pollinique chez les 2 groupes de cafiers étudiés est présentée sur la figure 2. La taille des grains de pollens des cafiers africains est moyenne, comprise entre 25µ et 35µ., alors que chez les *Mascarocoffea*, le pollen est généralement de petite taille, variant de 15µ à 25µ surtout pour les Multiflorae et la série Verae (fig 2E, 1F). Par contre les grains de taille

moyenne (25μ à 35μ) existent chez le Complexe Millotii, la série Garcinioides et la série Subterminales (fig 2B, 2C, fig 2D).

Relation entre les dimensions staminales et polliniques des *Mascarocoffea* et des cafiers africains.

La relation entre les dimensions staminales et polliniques est obtenue par le test de corrélation de Pearson (fig 3A à 3D). L'ensemble des graphiques montrent qu'il n'existe pas de corrélations significatives entre la longueur de l'anthere (LgA) et la longueur de l'axe polaire (P) des grains de pollen des différents groupes des cafiers étudiés. On conclut qu'il n'existe pas de lien entre la dimension staminale et la dimension pollinique.

Variation intraflorale de la taille du pollen des cafiers étudiés

La variation pollinique intraflorale chez les deux (2) groupes de cafiers étudiés (cafiers africains et *Mascarocoffea*) est présentée sous forme de courbe de fréquence. Les courbes peuvent être unimodales ou bimodales suivant les accessions étudiées.

Les courbes de fréquences de l'axe P sont unimodales pour la plupart des cafiers africains étudiés sauf pour *C. arabica* (B2). Les accessions de *Mascarocoffea* présentent généralement une courbe unimodale (fig 4C, 4D), sauf 19 accessions à courbe bimodale (fig 4A) dont 3 accessions soupçonnées d'être hybrides (fig 4B).

Discussions

Particularités des pollens de *Mascarocoffea*.

Du point du vue palynologique, les caractères polliniques de *Mascarocoffea* observés dans ce travail ont montré des particularités par rapport aux cafiers africains. Les *Mascarocoffea* diffèrent des cafiers africains par la taille des grains de pollens relativement petite (15μ à 25μ) et par la présence de grains dicolporés. Ces résultats ont été déjà observés par Moens, (1962), Chinnappa et Adams (1974), Chinnappa et Warner, (1981, 1982), Stoffelen et al., (1997)

A l'intérieur même des *Mascarocoffea*, les différentes séries se distinguent entre elles par des variations de la dimension pollinique.

Variation pollinique intraflorale des cafiers étudiés

Parmi les 56 accessions étudiées, 19 dont 3 présumées hybrides sont à courbe de fréquence bimodale et ont des grains de pollen hétérogènes. Il en est de même pour une accession de *C. arabica* et d'une accession africaine hybride (Congusta). Les résultats ont montré que ce polymorphisme n'est pas lié aux variations staminales intraflorales.

Il est fort probable que l'hétérogénéité des grains de pollen de ces différentes accessions soit due à l'hybridation interspécifique ou à la polyplioïdie, conformément aux résultats de Van Campo (1966)

Implication des études palynologiques dans la gestion des collections

Les accessions de *Mascarocoffea* étudiées dans le présent travail ont été récoltées dans la collection ex-situ de Kianjavato. Leur répartition dans l'espace est restreinte. Il est donc possible qu'il y ait eu des hybridations entre les accessions au sein de la collection. L'utilisation des grains issus des pieds poussant dans la collection pour remplacer certains individus va modifier les caractères génétiques de la population suivante.

Pour maintenir l'intégrité de la collection de *Mascarocoffea* de Kianjavato, ces résultats doivent être pris en compte. Des semis issus de croisements contrôlés entre individus issus de la prospection et des multiplications végétatives sont les mesures à prendre pour le remplacement des manquants.

Conclusion

Les résultats obtenus ont mis en évidence que les cafiers sauvages malgaches sont différents des cafiers africains, du point de vue palynologique. Des variations de la taille des pollens peuvent être observées, autant à l'intérieur d'un individu d'une espèce de cafiers sauvages malgaches qu'au sein de cafiers africains. Des croisements interspécifiques au sein de la collection pourraient être une source de perte d'authenticité génétique des populations mises en collection.

Cette étude palynologique devrait être approfondie par des observations au microscope électronique à balayage notamment pour les ornementations et la structure de la couche infratectale de l'exine.

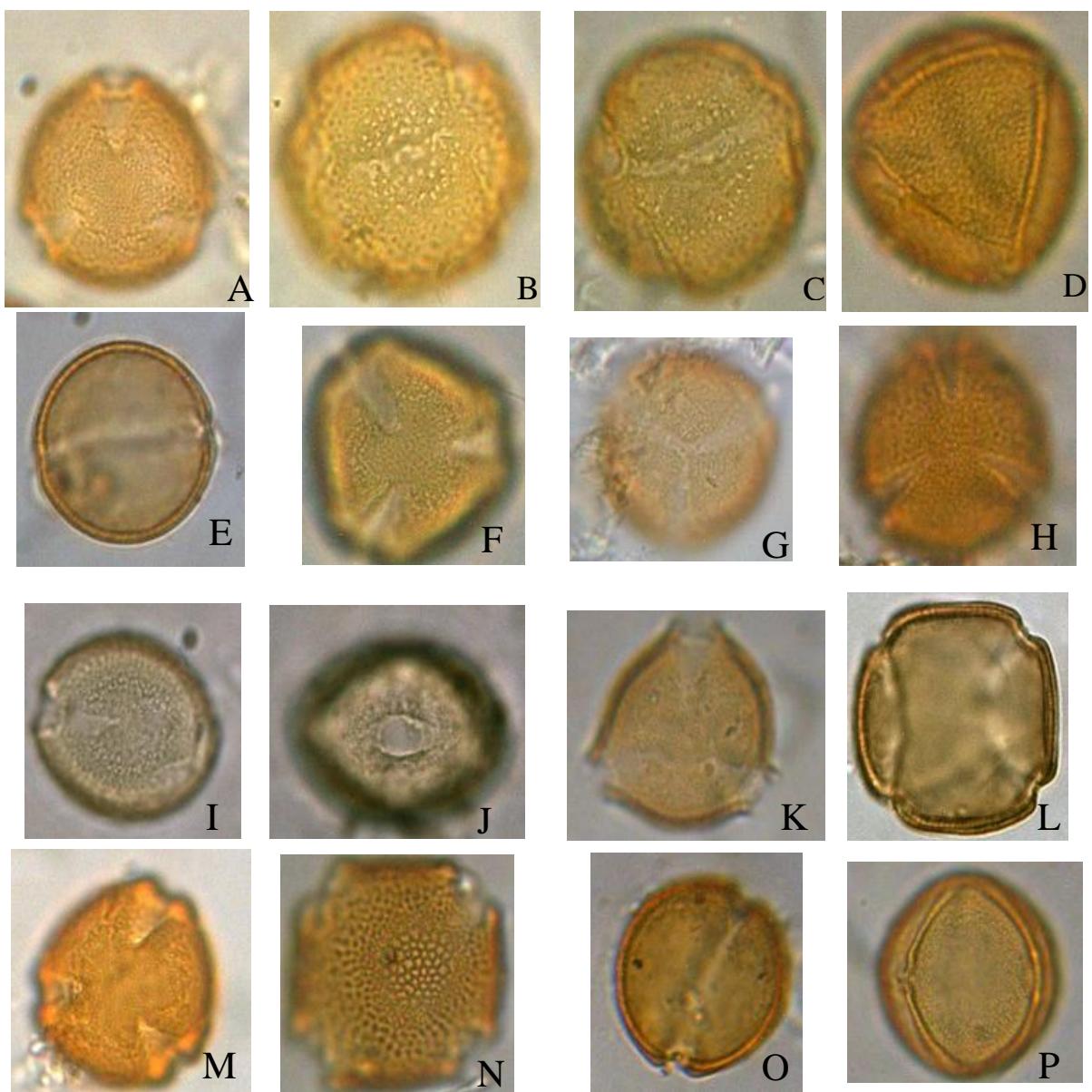


Figure 1 : Grains de pollens au grossissement X 1000. A à D Cafiers africains : A,C. canephora ; B à , C. arabica ; E à P Mascarocoffea : E, C. abbayesii ; F, C. ambodiranensis ; G, C. sp (A950) ; H, C. dubardii ; I , J, C. andrambatovatensis ; K, C. vianneyi ; L, C. ankaranensis ; M, C. vatovavyensis ; N, C. sp (A954) ; O, C. bonnieri ; P, C. lancifolia var. auriculata

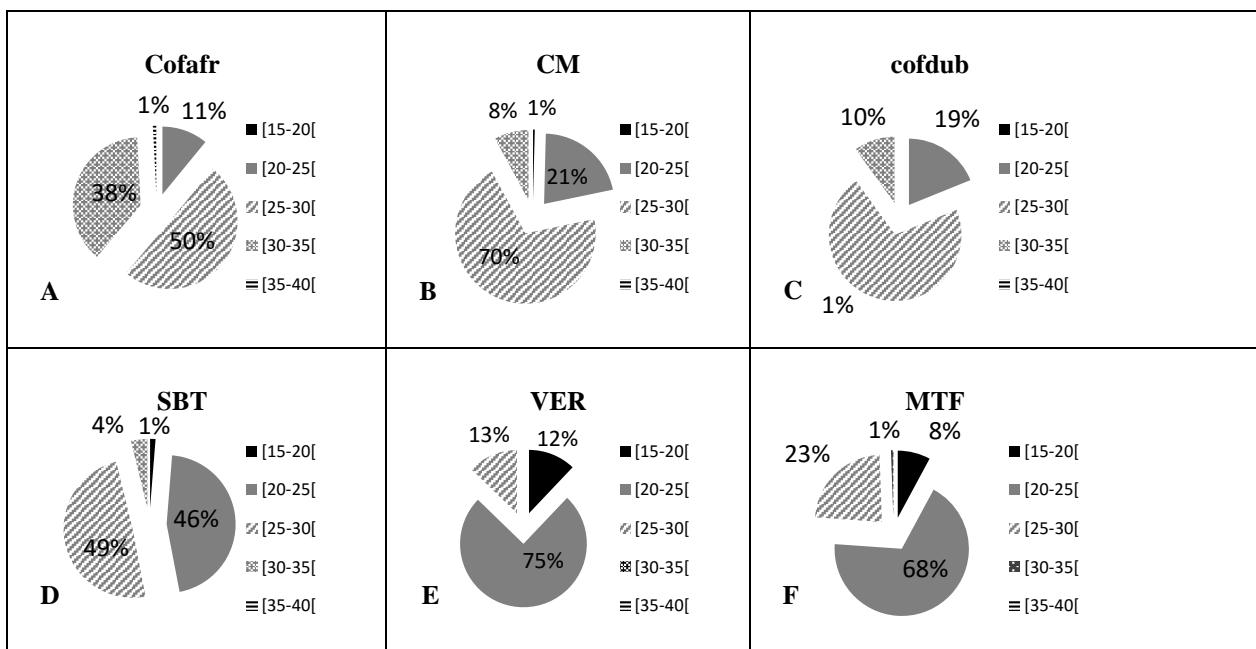


Figure 2 (A-F) : Variation de la taille des grains de pollens chez les cafétiers étudiés : A, Cofafr : cafétiers africains ; B, CM : Complexe Millotii ; C, cofdub : *C. dubardii* (Garcinioides) ; D, SBT : Subterminales ; E, VER : Verae ; F, MTF : Multiflorae.

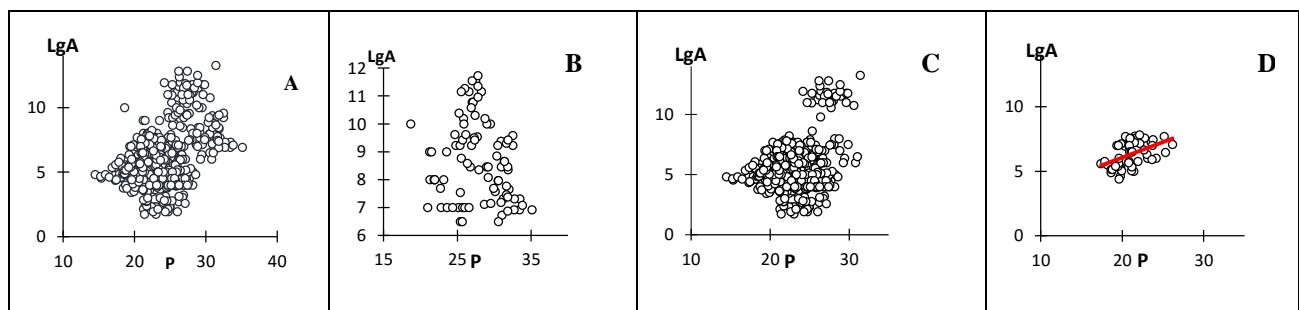


Figure 3 (A-D) : Représentation graphique de la corrélation de la dimension pollinique (P) et la dimension staminale (LgA) des *Mascarocoffea* et les espèces africaines. A, Cafétiers africains et *Mascarocoffea* ; B, Cafétiers africains ; C, *Mascarocoffea* ; D, série Verae).

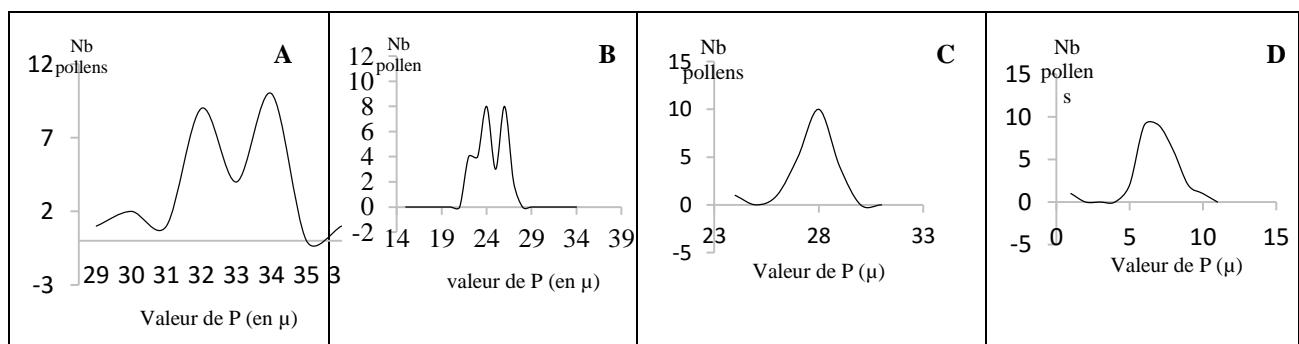


Figure 4 (A-D) : Courbe de fréquence montrant la variation pollinique intraflorale . A, *C. arabica* B2 ; B, *C. dolichophylla* A208 (espèce soupponnée hybride) ; C, *C. canephora* (K77) ; D, *C. ambodiranensis*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Baker, H. G. 1953. Dimorphism and monomorphism in the Plumbaginaceae.11. Pollen and stigmata in the genus *Limonium*. Ann. Bot. (London), 17: 433 – 445.

- Charrier, A. 1978. *La structure génétique des cafiers spontanés de la région malgache (Mascarocoffea) et leurs relations avec les cafiers d'origine africaine (Eucoffea)*. Thèse Doct. Sciences Naturelles. Univ. Paris Sud. Centre Sud. 289 p.
- Chevalier, A. 1938. Essai d'un groupement systématique des cafiers sauvages de Madagascar et des Iles Mascareignes. *Rev. Bot. Appl. et Agr. Trop.*, 11: 825-843
- Chinnappa, C. C. & Adams, R. J. 1974. Pollen morphology in the genus *Coffea*. I. Scanning electron microscopy. *Journal of Coffee Research*. 4: 24-39.
- Chinnappa, C. et Warner, G. 1981. Pollen morphology in the genus *Coffea* (Rubiaceae) and its taxonomic significance. *Botanical Journal of the Linnean Society* (1981). 83: 221-236.
- Chinappa, C. et Warner, G. 1982. Pollen morphology in the genus *Coffea* (rubiaceae): ii. pollen polymorphism. *Grana*. 21:1. pp 29-37
- Couturon E., Raharimalala E. N., Rakotomalala J. J., Hamon S., De Kochko A., Guyot R. & Hamon P. 2016. Cafiers sauvages. Un trésor en péril au cœur des forêts tropicales ! Ed. Association Biodiversité, Ecovalorisation et Cafiers, Juin 2016, 119p.
- Davis, A. P., Tosh, J., Ruch, N., Fay, M. 2011. Growing *Coffee*: *Psilanthes* (Rubiaceae), subsumed on the basis of molecular and morphological data; implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 167: 357-377.
- Kubitza, K. 1970. Die Gattung *Tetracera* (Dilleniaceae). *Mitt. Bot. Staatssamml. Muench.* 8:1-98
- Dessein, S., Ochoterena, H., De Block, P., Lens, F., Robbrecht, E., Schols, P., Smets, E., Vinckier, S., Huysmans, S. 2005a. Palynological characters and their phylogenetic signal in Rubiaceae. *The Botanical Review*. 71: 354-414.
- Kuprianova, A. A. 1969. On the evolutionary levels in the morphology of pollen grains and spores. *Pollen Spores*. 11 : 333-351
- Layka, S. 1975. *Polymorphisme dans le genre Glaucom (Papaveraceae)*. Dans La flore du bassin méditerranéen : essai de systématique synthétique. Colloq. Int. CNRS no 235. pp.289-301
- Moens, P. 1962. Observations sur le pollen de quelques espèces du genre *Coffea* et de certains genres voisins (Rubiaceae). *Pollen et Spores*. 4: 47-64
- Stoffelen, P., Robbrecht, E. & Smets, E. 1997. Pollen morphology of *Coffea* and *Psilanthes*. *Grana* 36: 313-327.
- Straka, H. & Simon, A. 1969. Palynologia Madagassica et Mascarenica. Fam 184. *Pollen et Spores*. Vol, XI (2): 300-310.
- Struwe, L., 2002. Gentianales (*Coffees, Dogbanes, Gentians and Milkweeds*). In: Macmillan Publishers Ltd, Nature Publishing Group/ www.els.net Encyclopedia of life.
- Till, I., Valdeyron, G., et Gouyon, P. H. 1989. Polymorphisme pollinique et polymorphisme génétique. *Can. J. Bot.* 67: 538-543.
- Van Campo, M. 1966. Variations polliniques intraflorales. *Adansonia* 6: 55 - 65.
- Vuilleumier, R. S. 1965. The origin and evolutionary development of heterostyly in the Angiosperms. *Evolution* 21: 210-266.
- Wodehouse, R. P. 1935. *Pollen Grains their structure, identification and significance in Science and Medicine*. Hafner Publishing Co., New York, 574p.

8. Diversité des *Mascarocoffea*, cafiers sauvages endémiques de Madagascar et des îles voisines

RAHARIMALALA Eva Nathalie.*, **RAKOTOMALALA Jean Jacques R.****, **HAMON Perla*****, **COUTURON Emmanuel *****.

*Station Régionale de Recherche de Kianjavato, FOFIFA, Vatovavy-Fitovinany, **Département de Recherches Agronomiques, FOFIFA, Antananarivo, ***Institut de Recherche pour le Développement, Montpellier France

Introduction

Les cafiers sont originaires des zones forestières d'Afrique, de l'Inde, du sud-est asiatique, de Madagascar et des îles voisines. Cent vingt-quatre (124) espèces appartenant au genre *Coffea* sont, à ce

jour, recensées dans le monde (Davis et al., 2011), mais seules deux espèces, *Coffea arabica* et *C. canephora*, sont cultivées et commercialisées. Soixante-six (66) espèces parmi les 124 sont distribuées dans les groupes botaniques (i) *Mascarocoffea* (57 sp.), endémiques de Madagascar (52 sp.), des îles Réunion, Maurice et Comores (5 sp.) et (ii) *Baracoffea* (9 sp.), exclusives des forêts sèches de l'ouest de Madagascar. Du fait de la destruction des forêts naturelles, 76% des *Mascarocoffea* sont inscrits dans la liste rouge de l'IUCN. La station de FOFIFA-Kianjavato (Région Vatovavy Fitovinany) abrite, sous forêt naturelle aménagée, l'unique collection vivante ex-situ quasi complète de *Mascarocoffea* (46/57 sp.). Les *Baracoffea*, inadaptés au climat humide de la station, sont absents de cette collection, malgré les multiples tentatives d'acclimatation.

Plusieurs études se rapportant à la diversité des caractères morphologiques (port et ramification), phénologiques (période de floraison, intervalle pluie-floraison, floraison-maturation, ...), agronomiques (granulométrie des fruits et graines), biochimiques (teneur en acides chlorogéniques, caféine et substances amères), organoleptiques (amertume et goûts particuliers) et génétique ont été réalisées sur les *Mascarocoffea* depuis la mise en place de la collection au début des années 60.

Actuellement, différentes pressions anthropiques menacent la collection, pour ne citer que les tavy (feux de brousse), les exploitations minières sauvages (or et pierres précieuses), mais aussi le bouleversement climatique marqué par des sécheresses imprévisibles et/ou des cyclones intenses causes d'inondations et de chutes d'arbres (cliché 1).



Clichés 1 : Photos montrant différentes menaces pesant sur la station de Kianjavato

1- Subdivision botanique des *Mascarocoffea*

Les *Mascarocoffea* ont été subdivisés en 6 séries botaniques par Charrier (1978), à savoir: *Mauritiana*/*Humblotiana*, *Multiflorae*, *Verae*, *Subterminales*, *Garcinioides* et *Complexe Millotii*.

Cette subdivision est basée sur la synthèse d'études de taxonomie numérique se rapportant à la variabilité (i) du port et de l'architecture des arbres (tailles des arbres, ramifications, longueur des entre nœuds, coloration jeunes axes, troncs et cires,...), (ii) des feuilles (forme, taille, texture, coloration, pilosité, position des domaties,...), (iii) des inflorescences et fleurs (bois florifère, nombre d'inflorescences/nœud, nombre de fleurs/inflorescence, taille des fleurs, coloration, nombre de segments,...), (iv) des fruits et graines (forme, taille, coloration, disque,...), (v) des caractères phénologiques et d'adaptation (sols, climats, altitude, période de floraison, intervalle pluie-floraison, floraison-maturation,...), (vi) des caractères agronomiques et chimiques (granulométrie, amertume boisson, gouts particuliers, sensibilité aux parasites, taux de substances amères, lipides, acides chlorogéniques,...) et (vii) des caractères cytogénétiques (comportement méiotique).

2- Diversité des *Mascarocoffea*

a. Port et architecture

Les *Mascarocoffea* présentent des formes variées (conique, pyramidale, buissonnante et tous les intermédiaires). La taille des arbres varie de 1 m de hauteur jusqu'à plus de 10 m (cliché 2).



Cliché 2 : Variation du port et de l'architecture des *Mascarocoffea*

b. Phénologie

La floraison des cafiers intervient généralement 7 à 9 jours, après une période sèche, suivie d'une pluie dite déclencheuse (>8mm). Dans la collection, la floraison commence en mi-Août et se poursuit jusqu'en Décembre, les grosses floraisons étant entre Septembre et Novembre. L'intervalle floraison-maturation des fruits dure 3 à 13 mois, selon les séries botaniques ou les espèces : les *Verae* et *Multiflorae* ont les plus courts cycles (3-4 mois), les *Subterminales* et le complexe *Millotii* sont intermédiaires (5-9 mois), les *Garcinioides* détiennent les plus longs cycles (11-13 mois).

c. Caractères agronomiques

La taille et la coloration des fruits et graines des *Mascarocoffea* varient énormément selon les espèces (cliché 3).



Cliché 3 : Diversité des fruits et graines de *Mascarocoffea*

d. Etudes génétiques

Les études effectuées par Razafinarivo (2012) ont permis i)- d'estimer la divergence morphologique, génétique (13 SSR) et génomique des *Mascarocoffea*, ii)- d'établir la phylogénie moléculaire du genre (20 COSII) et iii) de reconstituer l'histoire évolutive des cafiers. La diversité morphologique bien que sous forme de continuum, permet la caractérisation de groupements et de stratégies reproductives originales.

L'analyse en composantes principales (ACP) des caractères phénotypiques (174 variables) des 5 séries botaniques de Madagascar effectuée sur 179 individus (Razafinarivo, 2012) montre que toutes les séries botaniques sont bien groupées sauf la série *Multiflorae* caractérisée par l'importante diversité de la taille et des couleurs des feuilles, des fruits et graines (fig.1).

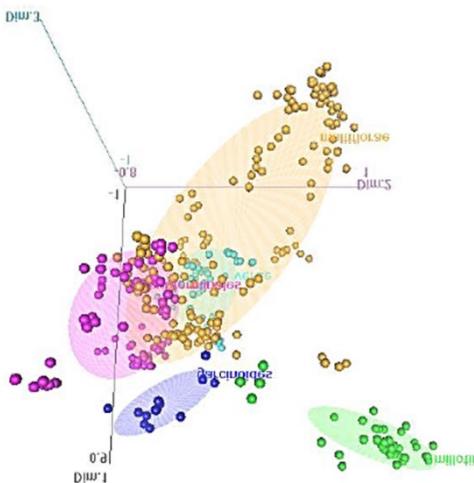


Figure 1 : Distribution des cinq séries botaniques de *Mascarocoffea* de Madagascar

Les tailles de génome varient de 0,96 à 1,41 pg/2C, avec tendance à l'augmentation du Nord au Sud-Est de Madagascar (Razafinarivo et al., 2012a).

Les nombres moyens d'allèles par locus et par grande région sont élevés et 20% des allèles totaux sont partagés par ces régions. La phylogénie moléculaire place *Psilanthus* à la base de l'arbre et indique une nette divergence entre les *Mascarocoffea* et les espèces africaines. Il n'y a pas de structuration hiérarchisée indiquant une divergence indépendante de chaque grand clade (Razafinarivo et al., 2012b).

Un scenario de l'histoire évolutive des cafiers, dont l'origine est non africaine est proposé, d'après ces études. Deux centres de diversification primaire sont mis en évidence, situé l'un en Afrique dans la région Kenya-Ethiopie (à l'origine de diversifications secondaires vers le Centre, l'Ouest et l'Est) et l'autre dans le Nord Madagascar (à l'origine des diversifications secondaires à Madagascar et Maurice) (Razafinarivo et al. 2013).

e. Caractères biochimiques

Les *Mascarocoffea* se distinguent des autres espèces de *Coffea*, par l'absence ou la présence de simple trace de caféine dans les graines à l'exception de deux espèces *C. kianjavatensis* et *C. lancifolia* (0,6 à 0,7 % MS) de la série *Verae*. Des traces appréciables de théobromine (0,07 à 0,4% MS) ont été également détectées dans les graines de ces deux espèces et la théacrine (base purique tétraméthylée) est la méthylxanthine majeure de l'accession *C. kianjavatensis* A602 (Rakotomalala et al., 1992)

La teneur en acide caféoyl-quinique (AC5Q), acide chlorogénique majeur des cafiers, varie énormément (0,13 à 7,6% MS), selon les espèces au sein des *Mascarocoffea*. Par ailleurs, des dérivés d'acides phénoliques particuliers, tels que les acides o-coumarique, sinapique, mono, di et triméthoxycinnamiques, inexistant dans les graines des cafiers cultivés ont été découverts chez des espèces appartenant aux séries *Verae*, *Subterminales*, *Multiflorae* et *Complexe Millotii* (Rakotomalala, 1992).

Différentes isomères de diterpènes glycosidiques, responsables de l'amertume spécifique de certaines espèces ont été également mises à jour chez les *Subterminales*, *Multiflorae* et *Complexe Millotii* (Rakotomalala, 1992).

f. Les endophytes

Les endophytes sont des bactéries et champignons vivant dans les tissus des plantes, sans causer de symptômes de maladies apparents. Ces micro-organismes sont capables de synthétiser des molécules secondaires pour la protection la plante hôte contre les stress abiotiques et biotiques ou comme précurseurs de substances secondaires accumulées dans la plante hôte.

Les études de Miasamalaza (2014), portant sur les endophytes bactériens de *C. arabica* en comparaison avec des *Mascarocoffea* (*C. kianjavatensis* A213 et A602, *C. homollei*) ont montré qu'il existe une relation étroite entre le pool bactérien présent et le cafier hôte et que quelques endophytes bactériens sont strictement spécifiques de leur hôte. Certains de ces bactéries sont solubilisatrices de phosphate tandis que d'autres, des actinomycètes notamment, sont capables de survivre à des taux de salinité élevés (10% NaCl), autant de propriétés exploitables en agronomie.

Concernant les champignons, le genre *Cortitium* (Fig. 2) est présent dans toutes les espèces de *Mascarocoffea* étudiées, tandis que *Penicillium*, *Pythium*, *Fusarium* et *Sclerotium* sont les plus fréquents (Raharimalala, 2015). Denis (1996) a démontré que certaines souches de *Penicillium* sont capables de dégrader la caféine ; ce qui pourrait être un des facteurs expliquant l'absence de caféine dans les graines des *Mascarocoffea*.

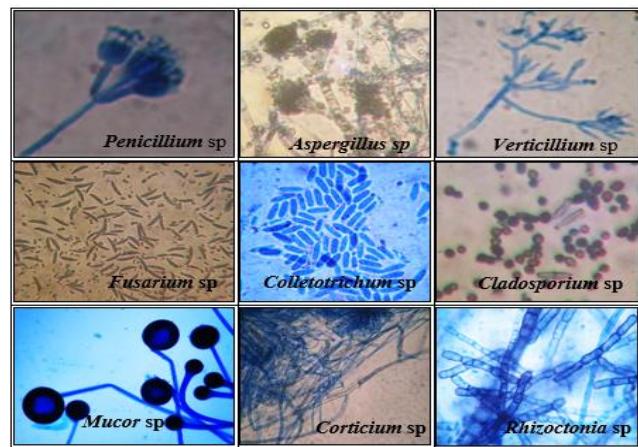


Fig.2 Types de champignons isolés

D'après les études de Randriamialiharisoa (2011) et Ratsimbazafy (2011), plusieurs champignons isolés à partir de feuilles de *C. perrieri* et *C. alaotraensis* sont capables de synthétiser *in-vitro* les acides caféoylquiniques (AC3Q, AC4Q et AC5Q), l'acide *o*-coumarique et la coumarine, substances présentes dans les graines des cafiers hôtes. On peut en conclure que les endophytes participent activement à la synthèse des molécules secondaires accumulées par la plante hôte.

Conclusion

La base génétique des *Mascarocoffea* est relativement large et constitue ainsi un réservoir important de gènes utiles

- directement utilisables pour l'adaptation des cafiers cultivés dans des conditions écologiques variées en tant que porte greffe (*C. perrieri*, *C. millotii*, *C. resinosa*, hybride triploïde Arabica x Perrieri) ;
- exploitables pour l'amélioration génétique des cafiers cultivés pour ne citer que les caractères les plus frappants : absence de caféine dans les graines, résistance aux bio-agresseurs, adaptation édapho-climatique, architecture, robustesse, résistance à la sécheresse, floraison sur tiges âgées (fig. 3), court intervalle floraison-maturatation,...

La disparition progressive des forêts naturelles ne permettant plus de collecter dans ses aires d'origine cette importante ressource génétique, il est primordial de conserver avec tous les moyens requis la collection vivante de FOFIFA-Kianjavato.



Fig. 3 Fleurs sur vieux bois de *C. homollei*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Andriamialiharisoa R. F., 2011. Métabolites secondaires particuliers des feuilles des cinq espèces de *Mascarocoffea* et endophytes de *Coffea* sp A315. Mémoire de DEA. Biochimie. Fac Sciences. Univ.d'Anananarivo 70p.
- Charrier A., 1978. La structure génétique des cafiers spontanés de la région malgache (*Mascarocoffea*). Leurs relations avec les cafiers d'origine africaine (*Eucoffea*). *Café cacao thé*. Vol **10** (4): 245-250.
- Davis AP, Tosh J, Ruch N, Fay M (2011). Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data; implications for the size, morphology, distribution and

evolutionary history of Coffea. Botanical Journal of the Linnean Society, Volume 167, Issue 4, pages 357–377.

Denis S., 1996. Dégradation de la caféine par *Aspergillus sp.* et *Penicillium sp.*, étude physiologique et biochimique. Thèse de doctorat. Biochimie et biologie moléculaire. Univ. Montpellier. 217p.

Miasamalaza M. Y., 2014. Diversité des endophytes bactériens des cafiers sauvages malgaches de la série botanique *Verae (Mascarocoffea)* : relation entre leur distribution et la teneur en caféine des cafiers hôtes. Mémoire de DEA. Physiologie végétale. Fac Sciences. Univ.d'Antananarivo. 60p.

Raharimalala E.N., 2015. Etude de la transmission verticale de bactéries et de champignons endophytiques à partir de graines et de greffage de cafiers. Mémoire de DEA. Physiologie végétale. Fac Sciences. Univ.d'Antananarivo. 92p.

Rakotomalala J. J. R., 1992. Diversité biochimique des cafiers : Analyse des acides hydroxycinnamiques, base puriques et diterpènes glycosidiques. Particularités des cafiers sauvages de la région malgache. Travaux et documents Microfichés: **99**. ORSTOM. 216p.

Rakotomalala J. J. R., Cros E., Clifford M.N., Charrier A., 1992. Caffeine and theobromine in green bean from *Mascarocoffea*. *Phytochemistry*, 26, 273-279.

Ratsimbazafy T., 2011. Relation entre spécificité chimique de *Coffea perrieri* population A305 (*Mascarocoffea*) et les endophytes de ses feuilles. Mémoire de DEA. Biochimie. Fac Sciences. Univ.d'Anananarivo. 71p.

Razafinarivo N.J., J.J. Rakotomalala, M. Bourqe, S. Hamon, A. De Kochko, V. Poncet, C. Tranchant, E. Couturon, R. Guyot and P. Hamon, 2012a. Geographical gradients in the genome size variation of wild coffee trees (*Coffea*) native to Africa and Indian Ocean islands. *Tree Genetics and Genomes. Tree Genetics & Genomes*. 8:1345–1358.

Razafinarivo Norosoa J., Guyot R., Aaron P. D., Couturon E., Hamon S., Crouzillat D., Rigoreau M., Dubreuil-Tranchant M., Poncet V., De Kochko A., Rakotomalala J.J.R. & Hamon P., 2012b. Genetic diversity, evolutionary history and phylogeography of coffee (*Coffea L.*) across Africa and the Indian Ocean Islands. *Molecular Ecology*. pp 2-6.

Razafinarivo N.J., R. Guyot, A.P. Davis, C. Couturon, S. Hamon, D. Crouzillat, M. Rigoreau, C. Dubreuil Tranchant, V. Poncet, A. De Kochko, J.J. Rakotomalala and P. Hamon, 2013. Genetic structure and diversity of coffee (*Coffea*) across Africa and the Indian Ocean islands revealed using microsatellites. *Ann Bot*. 111: 229-248.

Wilson D. 1995. Endophyte the evolution of a term, and clarification of its use and definition. *Oikos*. **73**: 274–276.

9. Diversité phénotypique et caractéristiques biochimiques et sensorielles des graines de « Ratelo », nouveaux cafiers trihybrides hautement performants créés à Madagascar

RABAKOMANTSOA Landry Richard Gabriel¹, Rakotoniaina A.P.¹, Raharimalala N.E.², Davrieux F.³ Assemat S.³, Rakotomalala J.J.R.²

¹*Biologie et Ecologie Végétales, Fac des Sciences Université d'Antananarivo*, ²*FOFIFA-CENRADERU*; ³*Cirad-Réunion-France* ;

Coffea arabica est réputé pour la qualité sensorielle de son breuvage. Cette espèce est, cependant, mal adaptée aux conditions édapho-climatiques de Madagascar et s'avère être très sensible aux races locales de rouille orangée (*Hemileia vastatrix*) et aux autres parasites communs des cafiers. Devant ces constats, les chercheurs du FOFIFA, dirigés par le Pr. Rakotomalala Jean Jacques R. ont créé un pool de nouveaux hybrides tétraploïdes baptisés « Ratelo ».

Les hybrides Ratelo (GCA) étaient au départ conçus: i) en croisant *C. eugenoides* (G) et *C. canephora* (C) ; ii) l'hybride diploïde (GC) est doublé par la colchicine ; puis iii) le tétraploïde (GCT0) ainsi obtenu est croisé avec *C. arabica* (A). Le pool des Ratelo fut par la suite élargi en utilisant : (i) *C. liberica* (X) à la place de *C. canephora*, et plus récemment, (ii) *C. resinosa* (M), un cafier sauvage endémique appartenant au groupe botanique *Mascarocoffea*.

Quatre générations de Ratelo issues d'autofécondations, d'intercroisements et de back-crossing sont actuellement plantées dans les champs d'essai. Les Ratelo sont singulièrement résistants à la rouille orangée et aux autres parasites communs des cafiers. La diversité de ces hybrides a été étudiée en vue de sélectionner les meilleures combinaisons. Les caractères phénotypiques, le contenu chimique des graines, et la qualité du breuvage ont été analysés.

Matériels et méthodes

Les caféiers « Ratelo » GCA et GXA sont les objets d'étude.

Architecture

Forme générale de la plante

La forme générale de la plante a été estimée, à partir de la comparaison entre le rapport de la longueur des branches en hauteur sur la longueur des branches au milieu (L_1/L_2) et le rapport entre la longueur des branches en hauteur avec celle à la base (L_2/L_3) (Charrier, 1978).

Autofertilité

Les plants ayant des branches présentant le potentiel de floraison en bouton le plus élevé sont choisis. Ces branches ont été nettoyées en éliminant les bourgeons floraux et les fleurs déjà austade issu de floraisons antérieures. Chaque branche florale sélectionnée a été nettoyée et enveloppée avec un manchon en drill. Le manchon en drill empêche les pollens provenant d'autres plants de féconder les fleurs isolées à l'intérieur et favorise l'autofécondation.

Fertilité ovulaire

Les fruits de caféier contiennent normalement deux ovules qui à maturité produisent deux graines. Quand l'une d'entre elle avorte précocement, le fruit se déforme et la graine restante devient arrondie. Elle est appelée graine caracoli. Quand l'endocarpe ne se forme pas normalement, l'avortement de la graine est plus tardif et la loge du fruit ne contient qu'un albumen spongieux écaille. De telles formes sont appelées loges vides (Berthaud, 1978).

Dans notre étude, 111 caféiers « Ratelo » ont été choisis. Cent cerises vertes matures par pied ont été collectées au hasard, coupées et catégorisées suivant les classes définies par De Reffye (1974) : cerise à deux graines normales, cerise à une graine normale et une loge vide, cerise caracoli, cerise à une loge vide et une écaille, cerise à deux écailles et cerise à deux loges vides afin de voir les pourcentages de remplissage de cerise en graine.

Productivité

Les cerises des pieds de 8 clones de caféiers ont été récoltées pendant 6 ans. (2007 à 2012, du 1^{er} à la 6^{ème} année de production).

Mensuration des graines :

La longueur (Log), la largeur (lag) et l'épaisseur (Epg) de 30 graines au hasard collectées par pied (15x6 clones) ont été mesurées.

Teneur en caféine

Les analyses ont été effectuées entre 2002 et 2017 à la fois dans les laboratoires de l'UCC-Japon, au CNARP-Madagascar et au CIRAD-Réunion sur les graines de 925 génotypes de GCA selon les méthodes décrites par Rakotomalala et al (2004) et Vitzthum et al. (1974).

Analyse sensorielle

Les analyses sensorielles ont été effectuées sur des GCA et GX, en comparaison avec des Arabicas commerciaux par des laboratoires répondant aux normes internationales (UCC-Japon, CIRAD-Réunion et Nestlé Nespresso-Suisse). Les caractéristiques suivantes (arôme poudre, arôme, acidité, amertume, corps, astringence, préférence générale) ont été notées par des dégustateurs avertis.

Résultats

Caractéristiques morphologiques

Il existe un continuum de l'architecture, allant du type pyramidal au type buissonnant. Les formes pyramidales et buissonnantes se rencontrent chez les pieds des descendances de GCA, les formes cylindriques et en parasol ont été observées chez les descendances de GX.



Photo2 : morphologie des GCA (ligne 1) et GXA (ligne 2)

Autofertilité des GCAs

L'autofécondité des descendances des 4 pieds-mères varie de 0 à 95%, pour une moyenne générale de 40%. L'ANOVA effectuée a montré que l'autofécondité des progénitures de IE408 et IE1277 est significativement supérieure à celles de IE1458 ; celles de IE1325 occupant une position intermédiaire. Ces résultats indiquent que les clones IE408 et IE1277 sont les plus aptes à produire des individus autofertiles. (Tableau 1)

Tableau 1 : Autofertilité des « Ratelo » GCA de 3 èm génération

	Pieds mères GCA	IE 408	IE 1277	IE 1325	IE 1458
Autofécondation	Minimum	5	7,7	8,9	1
	Maximum	87	95	63	66
	Moyenne	47	46	35	29

Remplissage des cerises

Les cafiers cultivés ont des taux de remplissage des cerises supérieure (61 à 82%) aux cafiers hybrides (41 à 64%). Ce fait est probablement dû aux anomalies génétiques plus fréquentes chez ces derniers. Les résultats montrent également que les « Ratelo » GCA ont une fertilité femelle supérieure (64%) aux « Ratelo » GXA (50,8%). (Tableau 2)

Tableau 2 : taux de remplissage des cerises

Type	Moyenne (%)	Classement
<i>C. canephora</i> (4)	82,8	A
<i>C. arabica</i> (24)	68,4	B
Ratelo GCA (60)	64,3	B
Ratelo GXA (51)	50,8	C

Productivité (photo 2)

La production cumulée en cerise des clones de « Ratelo » GCA varie du simple au double (figure1). Les 4 clones produisant plus de 20 kg de cerise (IE1277, IE1458, SB100 et IE408) dépassent le critère de sélection classique pour la productivité.

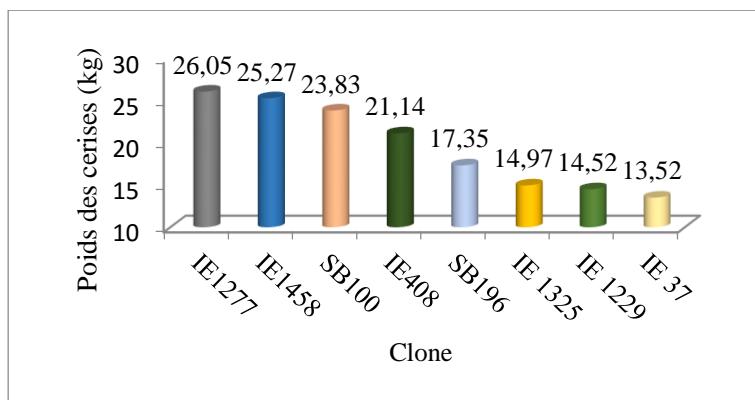


Figure 1 : Variation de la productivité des « Ratelo GCA »



Photo 3: Potentiel de production des "Rateilo" GCA et GXA.

Taille et forme des graines

Les graines de « Rateilo » présentent une diversité sur la taille des graines (Photo 3). Généralement, elles ont des longueurs (9 à 12 cm) similaires à celles des Arabicas mais sont de forme allongée et bombée alors que les Arabicas sont de type allongé et plate (Tableau 3).

Tableau 3 : mensuration des graines de "Rateilo" comparés aux Arabicas

Type	<i>C. arabica</i>	IE 408	IE 1277	IE 1325	IE 1458	SB 100	SB 196
Long (mm)	10,22	10,23	9,90	10,77	11,90	9,47	9,84
Long/larg	1,42	1,49	1,48	1,52	1,64	1,38	1,54
ep(mm)	4,12	4,55	4,68	4,69	5,26	4,70	4,38
ep/larg	0,57	0,66	0,69	0,66	0,72	0,68	0,68



Photo 3 : diversité des graines de « Rateilo »

Teneur en caféine

La teneur en caféine des 925 « Rateilo » varie de 0,3% MS à 2,16% MS. 355 génotypes ont des valeurs inférieures ou égales à la moyenne des Arabicas (1% MS). Par ailleurs, 31 génotypes peuvent être classés dans les cafés dits à « basse teneur en caféine » ($\leq 0,6\%$ MS), particulièrement appréciés sur le marché mondial.

Caractéristiques biochimiques des « Ratelo »

Les taux de graisse, de trigonelline et de sucre ont été analysés. Ces 3 éléments influent sur la qualité des café-boissons.

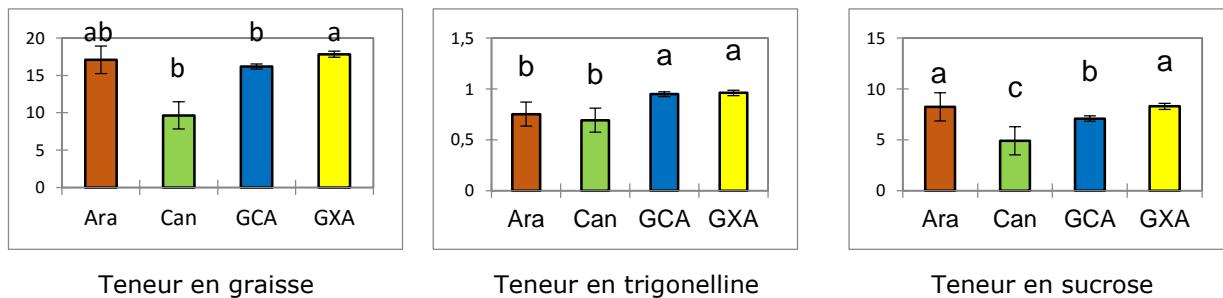


Figure 2 : teneur en éléments chimiques des "Ratelo" par rapport aux cafiers cultivés

La teneur en ces trois éléments chez les « Ratelo » est supérieure à celle de *C. canephora* et similaire à celle de *C. arabica*.

Analyse sensorielle

Selon les dégustateurs de l'UCC les GCA sont meilleurs que les Arabicas communs type brésilien. Ils sont par contre moins appréciés que l'Arabica de Colombie.

Pour Cirad-Réunion, les GCA présentent une bonne acidité, un goût fruité et des tasses sans réel défaut. Ils sont nettement de meilleure qualité que l'Arabica de l'Itasy.

Selon les analyses effectuées par Nestlé Nespresso-Suisse, la valeur organoleptique des « Ratelo » varie selon les échantillons, tous meilleurs que l'Arabica de la même localité. Le clone IE1458 est même noté meilleur que le standard colombien.

Conclusion et perspectives

D'après ces résultats, plusieurs hybrides combinant les meilleurs critères hérités des 3 espèces parentales peuvent être sélectionnés, multipliés par voie végétative aux fins de vulgarisation. Par ailleurs, le taux d'autofertilité élevé de quelques descendances permet d'envisager l'utilisation à moyen terme de semences via les méthodes classiques de sélection générative.

Comme les Ratelo sont globalement bien adaptés aux zones de culture de l'Arabica (climat d'altitude à saison sèche marquée) et de Canephora (climat tropical humide), ces nouveaux hybrides seraient une source évidente d'élargissement de la diversité des Arabica cultivés et pourraient être les cafiers du futur, étant donné les phénomènes de changement climatique qui ne relèvent plus de la fiction.

Bibliographie :

- Berthaud, J. (1978). "L'hybridation interspécifique entre *Coffea arabica* L. et *Coffea canephora* Pierre. Obtention et comparaison des hybrides triploïdes, Arabusta et hexaploïdes." *Café Cacao Thé* **22**(1): 3-11.
- Charrier A., 1978. *La structure génétique des cafiers spontanés de la région malgache (Mascarocoffeaa). Leurs relations avec les cafiers d'origine africaine (Eucoffea)*. Mémoires ORSTOM, 87, 223p.
- De Reffye, P. (1974). "Le contrôle de la fructification et de ses anomalies chez les *Coffea arabica*, *robusta* et leurs hybrides "Arabusta"." *Café Cacao Thé* **18**(4): 237-253.
- Rabakomanantsoa, L. R. G. (2017) *Étude de la diversité du mode de reproduction, de la productivité et de la teneur en caféine des nouveaux cafiers (*Coffea* sp) trihybrides malgaches "Ratelo"*. Master en Physiologie et Biotechnologie Végétale, Université d'Antananarivo. 67p.
- Rakotomalala, J.-j. R., Kumamoto, T., Aburatani, T., Rabenifara, A., Nagai, C., Sanbongi, K., Kawashima, Y. et Rabenantandro., Y., 2004. Caffeine content distribution among mascarocoffea species in Madagascar. *ASIC*, Bangalore. 154-160.
- Rakotomalala, J.-j. R., Raharimalala, N. E., Rabenifara, A., Radalovel, D., Rakotonaina, A. P., Rabakomanantsoa, L. R. G., Nagai, C., Noirot M. et Charrier, A., 2016. *Diversity of "Ratelo". tetraploid three-way interspecific hybrids of Coffee created in Madagascar*. ASIC, Chine. Diapositive (39p) Présentation orale.
- Rakotonaina, A. P. *Analyse de la diversité phénotypique de la descendance de cafiers (*Coffea* sp) trihybrides « Ratelo »* Master en Physiologie et Biotechnologie Végétale, Université d'Antananarivo. 71p.
- Vitzthum O. G., Barthels M., Kwasny K., 1974. Rapid gas-chromatographic determination of caffeine in caffeine-containing and decaffeinated coffees with the nitrogen-sensitive detector. *Z. Lebensm. Unters.Forsch.*, 154 :135-140.

10. Production de connaissances pour l'action, le cas du Tsiperifery

QUESTE Jérôme ¹, Aubert Sigrid (1) (6), Muller Jean-Pierre (1) (6), Leong Pock-Tsy Jean-Michel (2) (6), Razafinimandimby Harizoly (2) (6), Weil Mathieu 3), Andrianoelisoa Hanitra (2) (6), Danthu Pascal (5) (6), Bouvet Jean-Michel (4) (6)

1 UPR Green, Cirad, 2 DRFGRN, Fofifa, 3 UMR Qualisud, Cirad, 4 UMR AGAP, Cirad, 5 UMR Hortsys, 6 dP Forêts et Biodiversité

Résumé

La recherche agronomique doit faire face à de nouveaux défis. En sus des objectifs de produire de nouvelles variétés de plantes et des itinéraires techniques plus précis, il lui est maintenant aussi demandé des réponses aux enjeux de demain : L'érosion de la biodiversité, le changement climatique, la raréfaction des ressources.

Les chercheurs ne sont plus seulement sollicités pour produire des connaissances. Il leur est également demandé d'accompagner la transition du monde agricole. Les nouveaux projets de recherche imposent notamment des impacts mesurables non plus en termes d'articles publiés mais d'augmentation de la production, de réduction de la pauvreté, d'amélioration de la résilience des systèmes socio-écologiques. Cette situation impose aux organismes de recherche de revoir les modalités de production des connaissances scientifiques à destination du monde rural.

La littérature suggère de produire des connaissances à la fois scientifiquement crédibles, pertinentes au regard de la situation du monde rural et légitimes vis-à-vis des enjeux de société et des politiques publiques. Pour ce faire, ces auteurs suggèrent de renforcer l'intégration horizontale (recherches multidisciplinaires) et verticale (recherches participatives) du processus de production de recherche scientifique.

La question se pose toutefois de la mise en œuvre opérationnelle de tels concepts : En pratique, que signifient une intégration verticale ou horizontale ? Qu'est-ce qu'une connaissance légitime, crédible et pertinente ? Comment faire, au jour le jour, pour renforcer ces dimensions, notamment compte tenu des tensions budgétaires actuelles ?

Ces questions constituent un agenda de recherche contemporain. Nous n'avons donc pas de solution miracle à apporter. Toutefois, nous nous proposons dans cette présentation d'utiliser le programme de recherche autour du poivre sauvage de Madagascar (tsiperifiery) conduit depuis 2012 au sein du dispositif en partenariat Forêts et Biodiversité (dP F&B) pour illustrer quelques hypothèses de travail sur la conduite de recherches pour la durabilité (sustainable science) :

- La prise en compte des enjeux des parties prenantes dans la programmation scientifique via des tables rondes annuelles depuis 2013 ;
- La coordination de recherches interdisciplinaires au travers d'objets de recherche communs ;
- La mise en place de plateformes d'innovation participatives en milieu rural ;
- La difficile articulation entre recherche et développement au regard des bailleurs ;
- La définition d'un partage juste et équitable des bénéfices de ces ressources génétiques conformément aux accords APA.

Les différentes illustrations présentées constituent des objets d'une recherche en cours menée entre autres dans le cadre des projets de recherche et développement CapeTsip et Dometsip. Elles ne constitueront des résultats de recherche qu'une fois les effets de ce dispositif évalué.

Evolution des relations entre Recherche agronomique et Société

La recherche agronomique doit faire face à de nouveaux défis. En sus des objectifs de produire de nouvelles variétés de plantes et des itinéraires techniques plus performants, il lui est maintenant aussi demandé des réponses aux enjeux de demain : L'érosion de la biodiversité, le changement climatique, la raréfaction des ressources, les risques sanitaires et la lutte contre la pauvreté. D'autre part, les chercheurs ne sont plus seulement sollicités pour produire des connaissances. Il leur est également demandé d'accompagner la transition du monde agricole. Les nouveaux projets de recherche imposent notamment des impacts mesurables non plus en termes d'articles publiés mais d'augmentation de la production, de réduction de la pauvreté, d'amélioration de la résilience des systèmes socio-écologiques.

Ces demandes nouvelles s'inscrivent dans une évolution plus générale des relations entre Science et Société, entre chercheurs, décideurs, bénéficiaires potentiels de la recherche et citoyens. Concernant la recherche agronomique, la trajectoire de cette évolution est la suivante :

De l'après-guerre aux années 70, le paradigme dominant est celui d'un transfert direct des résultats de la recherche. Les chercheurs ont alors l'initiative de la programmation de leurs activités. La production de nouvelles variétés, la mécanisation de l'agriculture et le recours à des intrants chimiques incarnent la « Révolution Verte », une période durant laquelle le progrès technique doit fournir clef en main aux

agriculteurs toujours plus de rendements et de productivité. Les connaissances sont produites exclusivement par les chercheurs et transmises via des organismes de formation et de vulgarisation.

A compter des années 70, la pensée dominante s'infléchit. La vague de libéralisation qui culmine en 1992, avec le « consensus de Washington », suggère que la privatisation de l'ensemble du secteur agricole permettra de poursuivre la course au rendement et à la productivité. De nouveaux enjeux environnementaux localisés comme la pollution des nappes phréatiques apparaissent. Le transfert direct de technologie cède progressivement sa place à des prestataires de service privés, à des politiques agricoles, utilisant des subventions et des quotas pour agir sur les pratiques des agriculteurs. Les chercheurs sont eux aussi sommés de produire des connaissances, permettant d'alimenter des politiques agricoles définies en d'autres lieux. Le financement de la recherche par projet fait son apparition.

Aujourd'hui, l'irruption d'enjeux globaux comme la lutte contre la pauvreté, le changement climatique et l'effondrement de la biodiversité s'imposent à l'agenda de la recherche agronomique. L'agriculture est alors à la fois pointée du doigt comme un facteur aggravant et mise en avant comme un moyen de résoudre ces problèmes. Le constat des limites du progrès technique et de la libéralisation conduisent les chercheurs à se (re)tourner vers l'écologie et les savoirs paysans pour coconstruire de nouvelles formes d'agricultures agroécologiques permettant de contribuer à réduire ces nouveaux enjeux.

Cette situation impose aux organismes de recherche de revoir les modalités de production des connaissances scientifiques à destination du monde rural. Cash et al., 2003 suggèrent que la recherche pour le développement durable doit produire des connaissances pour l'action, c'est-à-dire des connaissances, à la fois, (i) scientifiquement crédibles, (ii) pertinentes au regard de la situation du monde rural et (iii) légitimes vis-à-vis des enjeux de société et des politiques publiques. Pour ce faire, ces auteurs suggèrent de renforcer l'intégration horizontale (recherches multidisciplinaires) et verticale (recherches participatives) du processus de production de recherche scientifique. La question se pose toutefois de la mise en œuvre opérationnelle de tels concepts : En pratique, que signifie une intégration verticale ou horizontale ? Qu'est-ce qu'une connaissance légitime, crédible et pertinente ? Comment faire au jour le jour pour renforcer ces dimensions, notamment compte tenu des tensions budgétaires actuelles ? Dans cette communication, nous nous appuyons sur une étude de cas, le programme de recherche sur le Tsiperifery à Madagascar pour fournir une illustration de la mise en pratique de ces concepts.

Illustration : Le programme de recherche sur le Tsiperifery à Madagascar

Le Tsiperifery est une liane du genre piper méconnue de Madagascar qui pousse dans les forêts de l'Est de Madagascar. Son fruit est depuis peu exporté à destination de marchés de niches, dans les pays du Nord où ses qualités organoleptiques et son origine exotiques en font un produit demandé. Malheureusement, cette exploitation est faite de manière non durable. L'arrachage de la liane et l'abattage du tuteur causent de graves dommages aux habitats de la liane et menacent sa survie (Harizoly et al., 2017). Cette liane fait depuis 2012 l'objet de recherche conduite conjointement par le Cirad, le Fofifa et l'Université d' Antananarivo au sein du dispositif en Partenariat Forêts et Biodiversité (dP F&B). Ces recherches visent à mieux connaître la plante et à accompagner son exploitation vers la durabilité.

Renforcer la légitimité des connaissances produites

Par rapport à la grille d'analyse des connaissances de Cash et al., le premier critère que nous aborderons est celui de la légitimité. De quel droit des chercheurs conduisent-ils des recherches sur cette plante, son fruit et sa filière d'exportation ? Les Produits Forestiers Non-Ligneux (PFNL) ne font pas partie des priorités de la recherche malgache (REF). Leur exploitation contribue, en partie, à la lutte contre la pauvreté, à la conservation de la biodiversité. Leur impact sur le changement climatique n'est pas évident. Ils sont indirectement cités comme une ressource essentielle à conserver et valoriser dans la politique forestière de Madagascar (Ministère de l'Environnement de l'Ecologie et des Forêts, 2017), ils relèvent du principe directeur 11 du document Stratégie et Plans d'action nationaux pour la biodiversité 2015 – 2025 (RABARISON et al., 2015) et peuvent relever de l'activité 2 de l'objectif spécifique 3 du Plan Directeur de Recherche sur l'Agriculture, la Sécurité alimentaire et Nutritionnelle (Recherche, 2013). Ces documents fournissent une certaine légitimité aux recherches sur le Tsiperifery, mais n'en font pas une priorité. Le « niveau de légitimité » est alors faible.

Pour renforcer cette légitimité, les membres du dP F&B conduisent de 2013 à 2015 une série de tables-rondes multi-acteurs sur la thématique du Tsiperifery. Ces rencontres ont deux objectifs : Confronter les connaissances des chercheurs, des personnels de l'administration forestière et des opérateurs privés. La forte mobilisation de ces derniers contribue à renforcer la légitimité du programme. Pour asseoir cette légitimité, les chercheurs peuvent alors s'appuyer sur les conclusions de ces tables rondes et leur feuille de route coconstruite.

Améliorer la pertinence via la co-construction des questions de recherche et l'interdisciplinarité

Au-delà de cette légitimité, les tables-rondes permettent également de définir des questions de recherche plus pertinentes, du point de vue des opérateurs économiques et de l'administration. Si le point de vue

des communautés locales n'a pas encore été exprimé, deux grands axes de recherche se dégagent alors : Les déterminants de la qualité du produit final doit garantir le maintien d'un marché de niche à haute valeur ajoutée en aval et la domestication de la liane doit permettre de maintenir, voire de développer une production tout en améliorant les conditions de travail des paysans et en réduisant les pressions sur les forêts naturelles.

La nature complexe de ces axes de recherche impose alors la mise en œuvre d'un programme interdisciplinaire. En effet, aucune discipline scientifique ne peut répondre seule à ces enjeux. Nous illustrons ce propos à l'aide des recherches visant à caractériser les déterminants de la qualité. La qualité des fruits du Tsiperifery peut être évaluée **chimiquement**. Les travaux de Andrianoelisoa sur les huiles essentielles mettent en évidence 3 chémotypes bien distincts du *piper nigrum* (Andrianoelisoa et al., 2016). La question se pose alors de savoir d'où viennent ces différents chémotypes. Une première réponse est apportée par les recherches en biologie (botanique et écologie) de Razafimandimby qui conduit des prospections dans plusieurs sites de production, établit une première description de la liane et définit 4 morphotypes distingués par des critères botaniques (Razafimandimby, 2009). Ces résultats sont complétés par les analyses génétiques d'un grand nombre d'échantillons réalisées par Leong Pock-Tsy qui permettent de confirmer que cette espèce est différent du *Piper borbonense* et qu'elle se dissocie en deux groupes (Harizoly et al., 2017). Ce travail interdisciplinaire permet d'identifier les caractéristiques génétiques et botaniques de la qualité du *Tsiperifery*. Parallèlement, les travaux sur les traitements post-récolte (Weil et al., 2014) et sur l'organisation des filières (Queste et al., 2017) viennent compléter ces travaux en identifiant les déterminants anthropiques de la qualité.

Améliorer la crédibilité via la pratique de recherches participatives

Reste alors à renforcer la crédibilité des connaissances produites, en permettant aux destinataires de ces recherches d'éprouver ces connaissances, de les tester, de juger par eux-mêmes de leur validité. Cette tâche est relativement facile quand il s'agit de connaissances destinées à la communauté scientifique, aux administrations ou à des opérateurs économiques. Dans le cas du *Tsiperifery*, l'ambition du programme de recherche était d'inclure les communautés locales dans les destinataires. Un dispositif de recherche participative a alors été conçu et mis en œuvre pour permettre la participation de paysans riverains de sites d'exploitation du *Tsiperifery* aux recherches. L'hypothèse sous-jacente, qui reste aujourd'hui encore à valider, est d'une part que la participation des populations locales aux recherches améliore la crédibilité des connaissances produites vis-à-vis de ces populations, et d'autre part que ces populations locales pourront ensuite être mises à contribution pour diffuser « horizontalement » les résultats de recherche, améliorant ainsi la crédibilité des résultats vis-à-vis d'autres paysans.

Ce dispositif de recherche s'inspire de la proposition méthodologique « Follow The Technology » (FTT) proposée par Douthwaite (Douthwaite et al., 2001). Elle consiste à définir une « promesse plausible », c'est-à-dire un itinéraire technique inachevé, suffisamment abouti pour être expérimenté mais pas encore suffisamment éprouvé et testé pour être imposé tel quel. Cette « promesse plausible » a ensuite été proposée à des groupements de paysans sur 4 sites pilotes situés dans les régions de Sava, Analanjifolo, Analamanga et Vatovavy-Fitovinany. Les projets DomeTsip et CapeTsip, financés respectivement par l'Union Européenne et l'Ambassade de France permettent d'accompagner cette expérimentation en fournissant matériel, formations, appui technique et dispositif de suivi. La seconde étape, encore en cours, consistera à évaluer l'appropriation des innovations par les paysans, d'identifier les innovations réalisées et d'enrichir la « promesse plausible » pour aboutir à un itinéraire technique crédible du point de vue des paysans.

A titre d'illustration, les innovations suivantes ont déjà été identifiées :

- Planter 3 lianes par tuteur pour améliorer le taux de succès à la replantation
- Réaliser des semis directs, sans pépinière, pour accélérer la croissance
- Cultiver le *Tsiperifery* sur treille
- Goûter les lianes pour déterminer le sexe (femelles plus piquantes)

Conclusion

Le programme de recherche *Tsiperifery* illustre de manière concrète les nouveaux enjeux de la production de connaissances pour l'action à Madagascar. Ce programme vise ainsi à produire des connaissances

- plus légitimes en se positionnant par rapport aux documents stratégiques et en s'appuyant sur une plateforme multiacteurs nationale ;
- plus pertinentes en coconstruisant ses questions de recherche et par la pratique de l'interdisciplinarité ;
- plus crédibles en pratiquant des recherches participatives impliquant toutes les parties prenantes, y compris et surtout des paysans riverains des zones de production.

Ni les trois qualités citées par Cash et al. (2001), ni les activités mises en œuvre pour les atteindre ne sont pas cependant indépendantes. Mettre en œuvre les synergies entre légitimité, crédibilité et pertinence constitue un front de recherche que nous envisageons d'investir dans l'avenir.

Bibliographie

- Andrianoelisoa, H., Razafimandimby, H., Leong Pong Tsy, J.-M., Randrianaivo, J.R., Rakotondraoelina, H., Manjato, N., Rambolarimanana, H. 2016. Le Tsiperifery, poivre sauvage endémique de Madagascar , une richesse innovante dans la filière épice malgache. In: Innovepice,
- Cash, D., Clark, W., Alcock, F., Dickson, N., Eckley, N., Guston, D., Jager, J., Mitchell, R. 2003. Knowledge systems for sustainable development. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(14):8086–8091.
- Douthwaite, B., de Haan, N., Manyong, V., Keatinge, D. 2001. Blending 'Hard' and 'Soft' Science: the 'Follow-the-Technology' Approach to Catalyzing and Evaluating Technology Change. *Ecology And Society*, 5(2):online.
- Harizoly, R., Hanitra, B.A.-G.A., Jean-Michel, L.P.T., Touati, G., Levesque, A., Weil, M., Randrianaivo, R., Ramamonjisoa, L., Queste, J., Aubert, S., Danflous, J.-P., Danthu, P. 2017. Tsiperifery , the wild pepper from Madagascar , emerging on the international spice market whose exploitation is unchecked : current knowledge and future prospects. *Fruits*, 72(6):331–340.
- Ministère de l'Environnement de l'Ecologie et des Forêts 2017. Politique Forestière de Madagascar Vers une gestion durable et responsable des forêts Malagasy . ,
- Queste, J., Santatra, F.R., Rakotomalala, L. 2017. Connecting Malagasy forests to international spice trade, intermediaries work and networks. In: SASE,. p. 14
- RABARISON, H., RANDRIAMAHALEO, S.I., ANDRIAMBELO, F.M., RANDRIANASOLO, H.L. 2015. Stratégie et Plans d'action nationaux pour la biodiversité 2015 – 2025. ,
- Razafimandimby, H. 2009. Etudes écologique et ethnobotanique de Tsiperifery (*Piper sp*) de la forêt de Tsiaompaniry pour une gestion durableThesis,
- Recherche, M. de l'Enseignement S. et de la 2013. Plan Directeur de Recherche sur l'Agriculture, la Sécurité alimentaire et Nutritionnelle. ,
- Weil, M., Descroix, F., Shum Cheong Sing, A., Boulanger, R., Hoarau, M., Levesque, A., Bohouon, P. 2014. Postharvest treatments of wild pepper (*Piper spp.*) in Madagascar. *Fruits*, 69(5):371–380.

11. Protocole de multiplication végétative du *Tsiperifery (Piper spp.)* pour sa gestion et valorisation durable

Famenoantsa Francine RAMAHAVALISOA^{1,3}, Norosoa Rafitoharson^{1,3}, Jean-Michel Leong PockTsy^{2,3}, Voahirana Razafitsalama¹, Harison Rabarison^{1,3}, Harizoly Razafimandimby^{2,3}

¹Université d'Antananarivo ; ²DRFGRN, Fofifa; ³ dP Forêt et Biodiversité

Tsiperifery (Piper spp.), est une liane des forêts humides de Madagascar. Ses fruits, par leurs gouts uniques sont très recherchés sur le marché international ¹. Depuis 2012, l'exportation de *Tsiperifery* sec est estimé à 45 à 50 tonnes ² et se vend jusqu'à 500 euros le kilo ³. Cependant, le mode de récolte du *Tsiperifery* menace cette ressource par la destruction de ses pieds fructifères et de son habitat. La régénération de la population de *Tsiperifery* est de 141.6% pour les forêts de Tsiaompaniry ¹ qui selon l'échelle de Rothe en 1964 indique une faible régénération. La pratique de la culture sur brûlis, les incendies et les braconnages réduisent la population de *Tsiperifery* et le milieu qui l'abrite ³. Un programme de renforcement de la structure de la population a été proposé en 2011. Ce programme propose un enrichissement en forêt pour réduire la pression sur la population forestière et la domestication afin de subvenir au besoin de la communauté locale par son introduction en plantation ¹. Cette étude rejoint ces objectifs en établissant des itinéraires techniques sur la multiplication et la replantation du *Tsiperifery* en forêt. Les travaux ont été divisés en deux parties, la première porte sur la multiplication végétative de *Tsiperifery*. La deuxième s'intéresse à l'identification des paramètres favorables à la replantation en forêt.

Méthodes

1. Matériel végétal

Tsiperifery (Piper spp.), de la famille des PIPERACEAE est une liane possédant une tige rampante ou grimpant sur un tuteur en se fixant par des racines crampons naissant au niveau des nœuds. Ses feuilles simple et alternes sont cordiformes à l'état juvénile et deviennent ovale à elliptique quand elles sont plus âgées. *Tsiperifery* est dioïque avec des inflorescences en épi solitaire opposé aux feuilles. Les fleurs sont de couleur blanchâtre donnant des baies de couleur rouge à orangé à maturité ¹. Quatre morphotype ont

été identifié^{4,5} : M2 et M3 ayant des petites baies et sont plus recherché par les exportateurs contrairement à M1 et M4 qui produisent de plus grosse baie².

2. Multiplication végétative

Les expérimentations ont été conduites en pépinière dans la station de recherche forestière de FOFIFA à Beforona en 2015. Quatre parcelles ont été mises en place pour évaluer les influences de l'ombrage (couverture naturelle et couverture artificielle), des quatre morphotypes, des provenances (Beforona, Sandrangato et Mandraka) et du type de bouture (drageons et rameaux) sur le taux de reprise des boutures. Pour le facteur ombrage, la couverture naturelle a été réalisé avec une toiture en feuille de Ravinala séchée. Une couverture en maille de nylon a été utilisée pour la couverture artificielle. Pour chaque provenance les morphotypes suivant ont été collecté : pour Beforona : M1, M3 et M4 ; pour Sandrangato : M2 et M3 ; pour Mandraka : M3. Soixante échantillons ont été réalisés avec quatre répétitions (Figure 1). Pour le facteur type de bouture, l'expérimentation ont été mené sur des individus de provenance de Beforona dans une parcelle à couverture naturelle sur 60 échantillons. L'indicateur de réussite du bouturage est l'enracinement des boutures.

3. Enrichissement en forêt

Pour déterminer les paramètres favorables à la reprise de *Tsiperifery* remis en forêt, un inventaire systématique d'une parcelle de replantation située dans les forêts de Mandraka a été réalisé en 2016. La plantation date de 2013 a été réalisée dans une forêt dégradée. Les paramètres évalués sont l'ombrage, la toposéquence, le sol, l'orientation des boutures et le tuteur. L'indicateur de reprise est le cramponnage des boutures au tuteur. Deux types de dispositif ont permis d'évaluer l'ombrage sur la reprise. Un débroussaillage a été effectué avant la plantation des boutures pour chaque dispositif. Le premier dit dispositif à « canopée ouverte » (SH) est une zone où les arbres et arbustes destiné à être des tuteurs ont été démunis de leurs houppiers. Le second dispositif est dit à « canopée semi-fermé » (AH) où seul le débroussaillage a été effectué. Le taux de recouvrement maximale de chaque dispositif sera l'indicateur du paramètre ombrage. Les inventaires ont été faits suivant la toposéquence (bas fond, bas versant, mis versant, haut versant) où chaque niveau a été caractérisé par la pente. Une mesure de l'épaisseur de la litière et de la couche humifère a été réalisée pour chaque versant pour caractériser le sol. Une analyse en composante principale (ACP) a été effectuée pour déterminer la corrélation entre ces facteurs et la reprise de *Tsiperifery*.

Résultats

1. Multiplication végétative

Une analyse de variance faite entre le taux d'enracinement des boutures dans les deux types de couverture montre que ces deux taux ne sont pas significativement différents (Figure 2). La différence de luminosité dans ces deux types d'ombrage n'a alors pas d'effet sur la reprise des boutures. Les boutures du morphotype 3, en provenance de Beforona ont un taux de reprise significativement élevé (71.35%) par rapport aux autre morphotypes de même provenance et par rapport à tous les autres lots de provenant de Mandraka et Sandragato (Figure 3). Ce fort taux de reprise est peut-être dû à une bonne capacité du morphotype 3 au bouturage. Pour le type de bouture. Les boutures issues des jeunes drageons présentent des taux de reprise significativement élevé (78,33% pour M3) par rapport

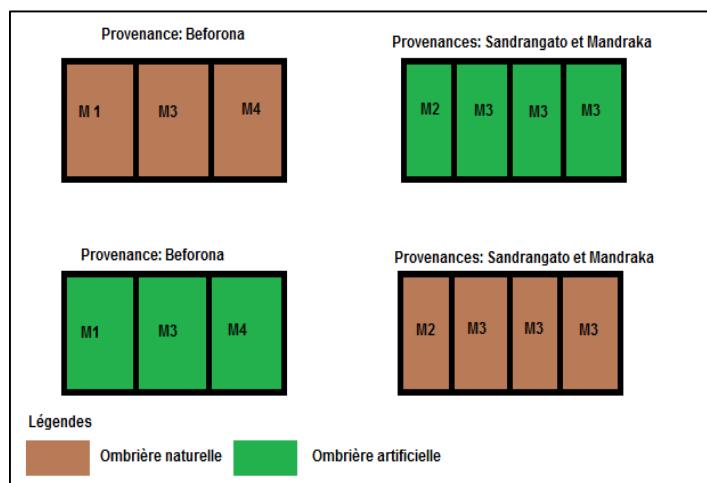


Figure 4: Disposition des lots de boutures selon l'ombrage, la provenance et le morphotype

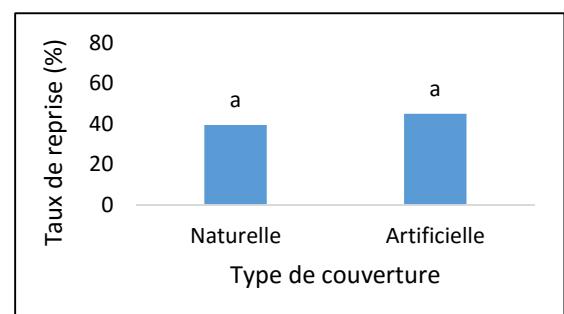


Figure 2 : Taux de reprise selon l'ombrage

$$F=0.933; Pr>F=0.339$$

à celles issues des rameaux du houppier (15,83% pour M3). Les drageons sont donc de meilleur matériel végétal pour le bouturage car les matériaux jeunes sont plus aptes à la formation de la racine.

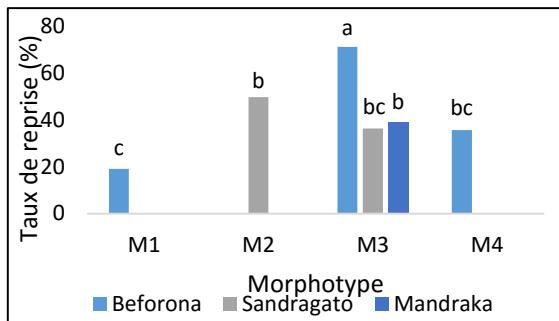


Figure 5 : Taux de reprise selon la provenance et le morphotype

$$F=20,151 ; Pr>F=0,0001$$

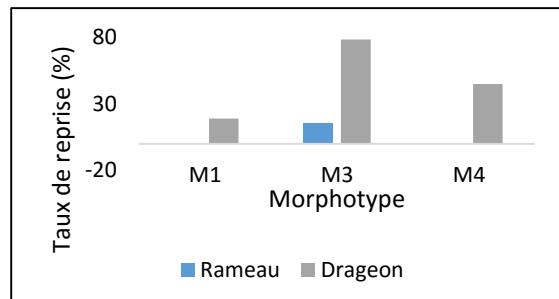


Figure 4 : Taux de reprise selon le type de bouture et le morphotype

$$F=21,488 ; Pr>F=0,001$$

2. Replantation

Le test de Mann-Whitney effectué sur les taux de reprise des boutures dans les deux types d'ombrage montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux taux. Le type d'ombrage n'affecte pas la reprise des boutures. Le comportement sciaphile de *Tsiperifery* peut expliquer ce phénomène : les individus du dispositif à canopée ouverte sont restés au niveau de la touffe herbacée qui leur ont fourni l'ombrage. Pour le facteur toposéquence, les taux de reprise entre les versants sont similaires dans le dispositif à canopée ouverte. Dans celui à canopée semi-fermée, le taux de reprise dans les bas fonds est significativement différent.

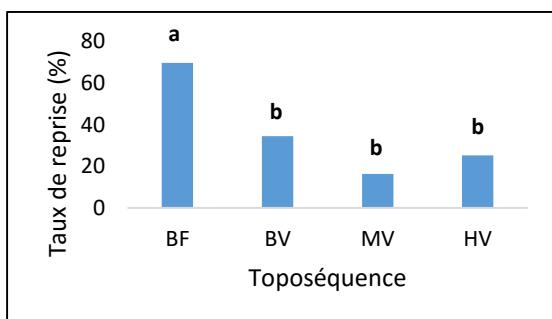


Figure 6 : Taux de reprise selon la toposéquence dans le dispositif à canopée semi-fermée

$$p\text{-value}=0,012$$

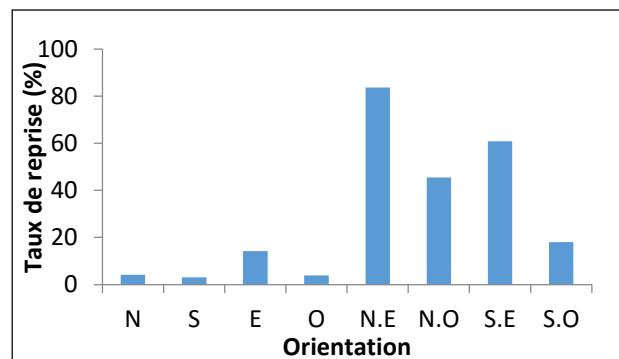


Figure 7 : Orientation des boutures ayant repris

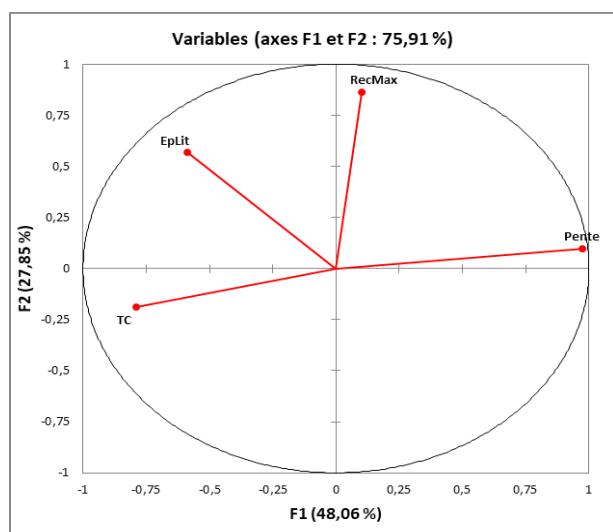


Figure 8 : Corrélation entre les facteurs et le taux de reprise

EpLit : épaisseur de la litière
TC : taux de reprise
RecMax : recouvrement maximal

BF : bas-fond
BV : bas versant
MV : mi-versant
F1 (48,06 %)

HV : haut versant
SH : sans houppier
AH : avec houppier

matinaux. L'analyse en composante principale entre le taux de reprise, le recouvrement maximale, la pente et l'épaisseur de la litière montre une corrélation positive entre le taux de reprise et l'épaisseur de la litière. Plus la litière est épaisse plus le taux de reprise est élevé : cas des bas-fonds et des bas versants. Une corrélation négative est observée entre le taux de reprise des boutures et la pente : une forte pente nuit à la reprise des boutures. Les tuteurs les plus fréquent sont : *Harungana madagascariensis*, *Trema orientalis* et *Cassinopsis madagascariensis*. Les tuteurs ayant les meilleurs taux de reprise sont : *Chassalia ternifolia*, *Trema orientalis*, *Harungana madagascariensis*. Ces espèces considérées comme tuteurs potentiels de *Tsiperifery* sont des espèces à croissance rapide et possédant des écorces molles et rugueuses.

Discussions

Il n'y a pas de différence significative entre la reprise dans les deux types d'ombrage. L'utilisation de l'ombrière naturelle est donc incitée pour les paysans car les matériaux leurs sont plus accessible. Pour ce type de couverture, la gestion des feuilles de Ravinala est relativement difficile. Ces dernières sont en effet difficiles à manipuler et qui provoquent le déchaussement des boutures sous l'effet de grosse goutte provoquée par l'accumulation d'eau lors de forte pluie. Les feuilles de palmiers sont alors plus adaptées pour la toiture de la pépinière. Les résultats obtenus montrent que les drageons sont des bons matériaux végétaux pour le bouturage de *Tsiperifery*. C'est le cas des plusieurs poivre domestiqué comme *Piper peepuloides* qui est multiplié par ces parties jeunes⁶ mais pour *Piper nigrum* les tiges orthotropes sont les plus utilisées pour le bouturages car les drageons retardent la fructifications de deux ans^{7,8}.

Pour la reprise en forêt, l'analyse en composante principale a montré que *Tsiperifery* à une meilleure reprise dans le milieu ayant une litière épaisse : c'est-à-dire riche en matière organique. C'est le cas le *Piper nigrum* qui peut être planté dans les sols humifère et profond⁹ mais aussi d'autre type de sol comme les sols volcaniques ou les sols latéritiques⁷. *Tsiperifery* présente aussi une affinité pour les terrains à faible pente contrairement à *Piper nigrum* qui peut être planté dans les terrains plats ou accidenté⁷. Les inventaires ont permis d'identifier les tuteurs préférentiels de *Tsiperifery* qui sont en générale des espèces pionnières. Les études menées à Tsiaziompaniry contrairement à cela montre que *Tsiperifery* adhèrent à des espèces forestières comme *Canthium buxifolium* et *Bremeria trichophlebia*¹. La différence provient du type de formation végétale : dans le cas de ce travail il s'agit d'une forêt dégradée contrairement à celui de Tsiaziompaniry qui est une forêt relativement intacte. Pour *Piper nigrum*, *Gliricidia sepium* est utilisé comme tuteur dans les plantations⁸.

Conclusion

Tsiperifery est une ressource potentielle pour l'économie de Madagascar. La domestication de *Tsiperifery* est alors indispensable pour sa gestion durable. Ces premiers travaux ont permis d'établir des itinéraires techniques qui permettront d'obtenir des nouveaux individus et aussi d'enrichir la population forestière de *Tsiperifery*. Mais ces résultats restent encore insuffisants pour arriver à la domestication de *Tsiperifery*. Les recherches futures s'orienteront sur la détermination des facteurs environnementaux qui affectent la croissance et la production de *Tsiperifery*. Ces recherches se feront par des suivis d'individus situés en plantation et en milieu naturelle. Les résultats permettront d'établir un itinéraire de plantation de *Tsiperifery* selon un milieu et d'identifier les zones potentiellement favorables à la culture de *Tsiperifery* et qui permettra sa bonne production.

Bibliographie citées

1. Razafimandimby, H. *Etudes écologique et ethnobotanique de Tsiperifery (Piper sp) de la forêt de Tsiaziompaniry pour une gestion durable.* (2011).
2. Bénard, A., Andrianoelisoa, H., Razafimandimby, H., Aubert, S. & Jean-Paul, D. *Synthèse bibliographique sur la filière poivre sauvage à Madagascar.* (2014).
3. Touati, G. *Etat des lieux de la gestion du poivre sauvage de Madagascar. Un produit forestier non ligneux exploité pour la commercialisation.* (2012).
4. Razafimandimby, H., Gautier, L., Leong Pong Tsy, J. M., Danthu, P. & Ramamonjisoa, L. Characterization of the phenotypic diversity of *Tsiperifery* (*Piper spp.*), an under-studied wild pepper of Madagascar in spite of an international fame. in *International Symposium on survey of use of plant genetic resources to the benefit of local populations* 29 (2017).
5. Andrianoelisoa, H. et al. Le *Tsiperifery*, poivre sauvage endémique de Madagascar, une richesse innovante dans la filière épice malgache. in *Recherche interdisciplinaire pour le développement durable et la biodiversité des espaces ruraux malgaches. Application à différentes thématiques de territoire* (eds. Duchaufour, H., Razafimbolo-Andriamifidy, T., Rakotoarisoa, J., Ramamonjisoa, B. S. & Rakotondravao)

- 117–132 (SCAC/PARRUR, 2016).
6. Tynsong, H., Dkhar, M. & Tiwari, B. K. Domestication, Conservation, and Livelihoods: A Case Study of *Piper peepuloides Roxb.*—An Important Nontimber Forest Product in South Meghalaya, Northeast India. *Int. J. Biodivers.* **2013**, 1–7 (2013).
7. Nair, K. P. P. *The agronomy and economy of black pepper (Piper nigrum L.)-The 'King of spices'.* Communications in Soil Science and Plant Analysis **29**, (1998).
8. PAEA, SPPA, STABEX, FOFIFA & TAMAGRAPH. *Manuel de vulgarisation de la culture du poivre.* (2000).
9. Thangaselvabal. T., Justin, C. G. L. & Leelamathi, M. Black pepper (*Piper nigrum L.*)'the king of spices' – A review. *Agric. Rev.* **29**, 89–98 (2008).

12. L’Agrobiodiversité et les plantes aromatiques et épices : cas des Baies roses (*Schinus terebinthifolius Raddi*, Anacardiaceae)

RABEHAJA R. Delphin J.^{1*}, MATHIEU Paoli², IHANDRIHARISON Harilala¹, ANDRIANJARA Charles¹, TOMI Félix², RAMANOELINA Panja A.R.⁵

¹Département Phytochimie et Contrôle Qualité, Institut Malgache de Recherches Appliquées (IMRA) – Fondation Albert et Suzanne RAKOTO-RATSIMAMANGA, Antananarivo., ²Université de Corse-CNRS, Equipe Chimie et Biomasse, UMR CNRS 6134, France, ³Laboratoire des Industries Agricoles et Alimentaires, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d’Antananarivo.

Résumé

L’agrobiodiversité préoccupe Madagascar, par le biais des différents acteurs (FOFIFA-SAGE, FAO...) et son atout dans la région de Betsileo, par exemple, a été étudié par IED et a montré l’importance de la diversité au niveau de l’espèce et des variétés cultivées, dans la zone rurale. Au total, 45 espèces ont été enregistrées lesquelles se divisent en trois catégories : plantes cultivées à grande échelle (6 espèces), plantes cultivées dans des petites parcelles ou associées (17 espèces) et plantes cultivées seulement en quelques pieds y compris les plantes aromatiques et épices (22 espèces).

En général, l’agrobiodiversité, en tant que fournisseur ou source de la nourriture et de complément de revenu, joue un rôle primordial dans l’amélioration de condition de vie de la population rurale. A Madagascar, les régions Atsinanana, Atsimo Atsinanana et Anosy produisent des baies roses (épices) ou *Schinus terebinthifolius* (Anacardiaceae), originaire de l’Amérique du Sud, mais c’est la région de Bongolava qui est pionnière et dispose des meilleures qualités pour l’exportation. Cependant, cette région n’arrive pas à honorer les besoins du marché international. Ainsi, cette nouvelle filière porteuse incite les paysans de la commune d’Ankadidinondry Sakay qui plantent le poivre rouge, à se regrouper dans une association TSAB’ROSE, ayant 346 adhérents en 2016. Par ailleurs, la production d’huile essentielle de baies roses (graines, feuilles) n’arrive pas à satisfaire les besoins.

Notre contribution consiste à faire connaître les chémotypes (composition chimique type) des huiles essentielles de baies roses qui poussent à Madagascar et à encourager les paysans des différentes régions à s’impliquer davantage et à planter cette plante aromatique et à épice.

Les graines et feuilles ont été récoltées à Lazaina (région d’Analambana). 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 (m/m) en huile essentielle sont variables de 0,1% à 0,5%.

La composition chimique des huiles essentielles présente les caractéristiques suivantes :

- le composé majoritaire de l’huile essentielle de graines (fruits) est le terpinèn-4-ol [49% (graines immatures) et 36,2% (mi maturité), du γ-terpinène (7,4 à 11,21%) et par le sabinène (5,07 à 14,31%). Son profil chromatographique est différent de ceux décrits au Brésil et en Tunisie;
- l’huile essentielle de feuilles est constituée principalement du sabinène 23,41% ; sa composition chimique est tout à fait différente de celle du Brésil.
- l’huile essentielle d’écorce de tiges est caractérisée par la prédominance de l’α-pinène, de 33,3 à 78,6% suivant les diamètres des tiges.

L’ensemble des résultats constitue des données précieuses pour la valorisation et la commercialisation de ces huiles essentielles. La vulgarisation de la plantation de baie rose sera prioritaire, afin de renforcer les sources de revenus des paysans.

Mots-clés : Baie rose, *Schinus terebinthifolius*, Anacardiaceae, huile essentielle, RMN-¹³C, Madagascar

I-INTRODUCTION

L'agrobiodiversité préoccupe Madagascar, par le biais des différents acteurs et son atout dans la région de Betsileo par exemple a été étudié par IED et a montré l'importance de la diversité au niveau de l'espèce et des variétés cultivées dans la zone rurale. Au total, 45 espèces ont été enregistrées lesquelles se divisent en trois catégories : plantes cultivées à grande échelle (6 espèces), plantes cultivées dans des petites parcelles ou associées (17 espèces) et plantes cultivées seulement en quelques pieds y compris les plantes aromatiques et épices (22 espèces) [1].

En général, l'agrobiodiversité, en tant que fournisseur ou source de la nourriture et de rentrée d'argent joue un rôle primordial dans l'amélioration de condition de vie de la population rurale.

I-1. Contexte actuel

A Madagascar, les régions Atsinanana, Atsimo Atsinanana et Anosy produisent des baies roses (épices) ou *Schinus terebinthifolius*, qui est originaire de l'Amérique du Sud, pour l'exportation mais c'est la région de Bongolava qui est pionnière et dispose les meilleures qualités mais n'arrive, cependant pas, à honorer les besoins du marché international [2]. Ainsi, cette nouvelle filière porteuse incite les paysans dans la commune d'Ankadindry Sakay qui plantent le poivre rouge, à se regrouper dans une association TSAB'ROSE avec 346 adhérents en 2016 : le recensement effectué a enregistré 711 paysans producteurs (10% des ménages) [3]. Une entreprise équitable implantée sur la côte Est fournit un appui aux coopératives et œuvre pour le commerce équitable et les baies roses font partie des épices à exporter. Il s'agit un projet de développement dans l'agrobiodiversité. La base sociale de la coopérative FANOHANA s'agrandit toujours : 152 familles de producteurs en 2011, 361 en 2013 et plus 760 en 2016. [4]. Par ailleurs, la production d'huile essentielle de graines de baies roses n'arrive pas à satisfaire les besoins et l'huile de feuilles et autres parties sont encore méconnues des utilisateurs et ne font pas l'objet de production.

I-2. Objectifs

Notre contribution consiste à :

- faire connaître les chémotypes des huiles essentielles de baies roses qui poussent à Madagascar ;
- montrer la possibilité d'avoir des différents types d'huile essentielle de faux poivrier ;
- encourager les paysans des différentes régions à s'impliquer davantage à planter cette plante aromatique et à épice dans le respect de l'environnement en renforçant l'Agrobiodiversité.

II-Matériels et méthodes

II-1. Descriptions botaniques et utilisations

Le genre *Schinus* appartient à la famille d'Anacardiaceae et comprend 25 espèces d'origines Amérique central et du Sud dont les principales espèces sont *S. longifolius* (Lindl.) Spreng, *S. molle* L. de Pérou, *S. poligamus* (Cav.) de Cabrera et *S. terebinthifolius* Raddi, ou faux poivrier de Brésil.

Arbuste pouvant atteindre 2, 5 m ou plus ; Feuilles jusqu' 13 cm de long. Folioles au nombre de 5-11, 12-13 mm de large, de forme elliptique- oblong, marge faiblement serreté. Fleurs disposées en court panicules axillaires. Drupes plus petites que l'espèce précédente et de couleur plus foncée. Synonyme : *Schinus mellisii* Engl., *Schinus mucronulatus* Mart.



Figure 1 : Baies roses (Feuilles & fruits), cliché de l'auteur

Partout dans le monde, les graines de faux poivrier sont utilisées comme épices. L'huile essentielle de fruits de cette plante est utilisée en aromathérapie et fait partie des matières de base des parfums.

II-2. Matériel végétal

Différentes parties de baie rose (graines, feuilles et écorce de tiges) ont été récoltées à Lazaina (Commune Anosy Avaratra, Région d'Analambana) entre mars au juin 2015. Les écorces obtenues ont été séchées à l'air libre et à température ambiante de la salle de séchage pendant 24 heures avant la distillation.

II-3. Extraction des huiles essentielles

Chaque partie de cette plante aromatique a été hydrodistillée à l'échelle laboratoire avec un appareil type Clevenger durant trois heures. Les huiles essentielles obtenues ont été nettoyées par méthode de centrifugation et les rendements ont été calculés aussi (m/m).

II-4. Composition chimique de l'huile essentielle

Pour continuer notre étude en vue de produire de nouvelles huiles essentielles, nous nous sommes intéressés à la composition chimique des huiles essentielles de *Schinus terebenthifolius*, qui, à notre connaissance, n'est pas connue pour le marché à Madagascar notamment les feuilles et l'écorce de tronc. Nous avons donc mis en œuvre la combinaison de la CPG(Ir), le couplage CPG-SM et la RMN-¹³C pour réaliser cette étude analytique.

Analyse chromatographique (CPG) :

Les analyses CPG ont été effectuées 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 : Les trois échantillons d'huile essentielle ont été analysés avec un Perkin-Elmer Autosystem XL, équipé d'une colonne capillaire à base de silice fondue (50 mx 0,22 mm id, épaisseur du film 0,25 µm), BP- 1 (polydiméthylsiloxane) directement couplé à un détecteur Perkin-Elmer TurboMass (quadrupôle). Gaz porteur du CPG, 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 tous les changements visés par le tétraméthylsilane interne (TMS). Les spectres de RMN-¹³C ont été enregistrés avec les paramètres suivants : largeur d'impulsion (PW), 4 µs (angle de basculement 45 °); Temps d'acquisition, 2,7 s pour une table de données de 128 K avec une largeur spectrale (SW) de 24 000 Hz (240 ppm) ; Désaccouplement du mode CPD; Résolution numérique 0,183 Hz / pt. Le nombre d'accumulation est de 3 000 (50 à 60 mg dans 0,5 ml de CDCl₃).

Identification des constituants : L'identification des constituants individuels a été basée : i) sur la comparaison de leurs indices de rétention de GC(RI) sur les colonnes apolaires et polaires, ii) sur l'interrogation de librairies de spectres de masse commerciales ou construites au laboratoire et la comparaison des spectres avec les données de la littérature [5] ; iii) sur la comparaison des signaux dans les spectres de RMN ¹³C des mélanges avec ceux des spectres de référence compilés dans la bibliothèque spectrale de laboratoire, à l'aide d'un logiciel construit au laboratoire [6-7].

III-Résultats et discussion

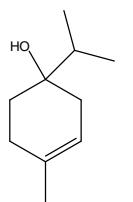
III-1. Extraction des huiles essentielles

La technique d'hydrodistillation à l'échelle laboratoire a été utilisée avec les différentes parties de *Schinus terebenthifolius* et nous avons obtenu le rendement (m/m) en huile essentielle d'écorces de tige est de l'ordre de 0,1%, celui de feuilles est de 0,15% à 0,21%. Nous avons noté des rendements qui varient de 0,25 % à 0,5% pour les graines constituant une donnée intéressante pour une production.

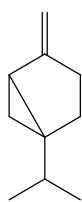
III-2. Composition chimique des huiles essentielles

Notre étude sur les huiles essentielles de *Schinus terebenthifolius* Raddi, effectuée par CPG(Ir), CPG-SM et RMN-¹³C a mis en évidence les constituants caractéristiques de chaque partie distillée (Tableau 1). A notre connaissance, la composition chimique de l'huile essentielle de l'écorce de tige n'a jamais été étudiée auparavant.

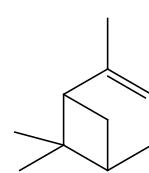
L'huile essentielle de feuilles est dominée par les monoterpènes dont le sabinène (23,41%) et est tout à fait différente de celle décrite pour le Brésil [8, 9].



Terpinèn-4-ol (graine)



Sabinène (feuille)



α-pinène (Ecorce de tige)

Figure 2 : Structures des composés majoritaires des différentes partiesTableau 1 : Constituants caractéristiques (%) des huiles essentielles de différentes parties de *Schinus terebenthifolius*.

Constituant	Ira	Irp	Graines	Feuilles	Ecorce de Tige
α-pinène	929	1016	1,35	6,05	69,20
Camphène	942	1065	0,03	-	2,34
Sabinène	964	1123	13,02	23,41	2,18
β-pinène	969	1112	0,51	0,42	6,48
Myrcène	979	1161	1,63	6,7	1,17
α-phellandrène	995	1165	5,78	0,5	0,78
π-cymène	1010	1227	3,04	0,57	0,78
limonène	1019	1201	2,65	2,33	1,35
β-phellandrène	1019	1211	3,27	2,9	1,32
γ-terpinène	1047	1245	7,4	3,98	1,11
terpinèn-4-ol	1161	1602	23,08	6,95	2,20
cis-pipéritol	1178	1677	0,14	0,23	-
trans-pipéritol	1188	1744	0,23	2,66	-
α-copaène	1373	1488	0,13	1,81	2,38
β-élemène	1385	1587	4,66	4,19	0,36
(E)-β-caryophyllène	1415	1593	2,03	3,46	0,70
selina-4,11-diene	1473	1671	0,18	0,08	-
germacrène D	1473	1705	4,12	5,92	2,47
bicyclogermacrène	1488	1729	4,55	7,3	0,23
germacrène B	1548	1823	2,64	3,91	0,27
spathulénol	1560	2118	1,34	0,41	0,08
Globulol	1571	2070	0,93	-	-
viridiflorol	1578	2078	0,6	-	-
sélin-11-èn-4α-ol	1634	2246	1,1	0,14	-

Ira : indice de rétention calculé sur colonne apolaire ; Irp : indice de rétention calculé sur colonne polaire ; (1) : matières premières sur un même pied d'arbre de Baies roses

Le tableau 2 montre l'étude de la composition chimique de l'huile essentielle de graines (fruits) collectées à différents stades de maturité. Nous notons que les teneurs en terpinèn-4-ol et γ-terpinène diminuent en fonction de la maturité. Ce profil chromatographique est différent de ceux décrits au Brésil [8] et en Tunisie [10].

Tableau 2 : Composition chimique (%) constituants majoritaires) de l'huile essentielle de graines (fruits) de *Schinus terebenthifolius* en fonction de la maturité.

Constituant / Maturité des graines	Immaturité	Mi maturité	Maturité
sabinène	5,07	14,31	13,02
α-phellandrène	7,52	8,69	5,78
γ-terpinène	11,21	9,33	7,40
terpinèn-4-ol	49,00	36,20	23,08
bicyclogermacrène	0,23	0,33	4,55

Une étude de comparaison des maturités des graines de poivre rouge qui pousse en Tunisie à différents stades a montré que l'α-phellandrène est le composé majoritaire (44,64 à 46,85%) alors que le terpinèn-4-ol n'est présent qu'à l'état de trace (0,05 à 0,08%). Ces résultats montrent clairement une originalité de l'huile essentielle de graines de Madagascar avec un chémotype à terpinèn-4-ol majoritaire.

Tableau 3 : Comparaison des % des constituants majoritaires de l'huile essentielle des écorces de tiges de *Schinus terebenthifolius* en fonction du diamètre des tiges.

Composé	Diamètre	1 cm%	1 à 3 cm%	3 à 10 cm %
α -pinène		33,28	69,20	78,55
β -pinène		4,81	6,48	4,64
α -copaène		8,02	2,38	1,04
germacrène-D		4,63	2,47	2,07

L'huile essentielle des écorces de tige est caractérisée par la prédominance de l' α -pinène, dont la teneur croît avec le diamètre des tiges. L'huile essentielle d'écorce de tige peut constituer une source d' α -pinène que l'on trouve aussi à une teneur similaire (60,5%) dans une plante sauvage poussant dans le Nord de Madagascar, *Vepris unifoliolata*[11].

IV-Conclusion

Face à la diversité du paysage agricole et les projets de développement dans l'agrobiodiversité et afin d'améliorer les conditions de vie de la population rurale, nous avons montré l'importance de la plante aromatique et à épice : baies roses ou faux poivrier ou poivre rouge pour produire des huiles essentielles. L'ensemble des résultats constitue des données précieuses pour la valorisation et la commercialisation de ces huiles essentielles. La vulgarisation de la plantation de baie rose sera prioritaire afin de renforcer les sources de revenus des paysans.

Références bibliographiques

- [1] <http://www.iedafrique.org/L-agrobiodiversite-dans-la-Region.html> (05/07/17)
- [2]<http://www.midi-madagasikara.mg/economie/2017/03/10/production-de-baie-rose-nouveau-business-prometteur-dans-la-region-bongolava/> (24/07/17)
- [3] Raharimalala Manda Georgina. 2016. Etude de la filière « *Schinus terebenthofolius* » ou « baies roses » au sein de la commune rurale d'Ankadinondry Sakay, Master 2, Parcours Géographie et économie, Université d'Antananarivo.
- [4]<http://www.ethiquable.coop/fiche-producteur/fanohana-commerce-equitable-a-madagascar-litchi-ananas-epices> (02/10/17).
- [5] (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 Gas Chromatography/Mass Spectroscopy*. 4th ed. Allured Publishing Co, Carol Stream.
- [6] Tomi F., Bradesi A., Bighelli A. and Casanova J. 1995. *J. Magn. Reson. Anal.* 1: 25-34.
- [7] Tomi F. and Casanova J. 2000. *Ann. Fals & Expertise Chim.* 93(952): 313.
- [8] Jeribi Ch., Jabri K. I., Ben H. D., Abderrabba M. Comparative study of Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of *Schinus terebinthifolius* Raddi Fruits and Leaves Essential Oils. *International J. Of Sci and Res.* 2014 12(3): 453-458.
- [9] Silva A.B., Silva T., Franco E.S., Rabelo S.A., Lima E.R., Mota R.A., da Câmara C.A.G., Pontes-Filho N.T., Lima-Filho J.V. Antimicrobial activity, chemical composition, and cytotoxicity of leaf essential oil from Brazilian pepper tree (*Schinus terebinthifolius* Raddi). *Brazilian J. of Microbiology.* 2010; 41: 158-163.
- [10] Ennigrou A., Casabianca H., Laarif A., Hanchi B., Hosni K. Maturation-related changes in phytochemicals and biological activities of the Brazilian pepper tree (*Schinus terebinthifolius* Raddi) fruits. *South African J of Botany* 2017; 108: 407-415.
- [11] Gabriel Garcia, Julie-Marie Charmillon, Elodie Roux, Sylvain Sutour, Jean Berthieu Rakotozafy, Odile Désiré, Mathieu Paoli, Félix Tomi and Delphin J. R. Rabehaja. 2017. Chemical composition of leaf and bark essential oils of *Vepris unifoliolata* from Madagascar. *J Ess. Oil Res.* 29(3), 214-220.

13. Effets des variabilités climatiques saisonnières sur la floraison du Litchi (*Nephelium litchi Cambess*) à Madagascar

SOLO Noé. René¹, D. Donno², E. Miasa¹, R. Baohanta³, A. Rakotomavo¹, E.N. Rakotoniaina⁴, S. Toilibou⁵, C. Giacoma⁶, G.L. Beccaro², H. Ramanankierana³., (1) : ISSEDD ; (2) : Université Agriculture, Alimentaire et Forêts de l'Italie ; (3) : Centre National des Recherches Environnementales ; (4) : Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques de Madagascar ; (5) : Université des Comores, (6) : Faculté des Sciences Biologiques de Turin. Italie.

Résumé

Nephelium Litchi Cambess, arbre fruitier originaire de Chine, est planté à Madagascar depuis pour des intérêts économiques. La question se pose sur l'impact des variations climatiques sur l'occurrence et développement des fleurs de litchi. Il a été constaté que le développement de litchi ne suit plus son rythme normal et que cette variabilité est en liaison fonctionnelle avec l'évolution de la température. L'objectif de cette recherche est d'étudier la structure et développement de l'inflorescence en lien avec la température. L'observation visuelle a été faite sur des pieds de litchi productif de la côte Est de Madagascar qui est son site naturel. *Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt, and Chemis-che Industrie (BBCH)* est une méthode standard utilisée pour caractériser et décrire les phénologies. L'analyse statistique des données climatiques et phénologiques ont été traitées à l'aide du TEST ANOVA sur XL STAT et logiciel R.

A la première échelle, l'étude effectuée met en évidence une compétition entre trois structures de bourgeonnement. Bourgeons floraux qui se développent sur des unités de croissance matures (G1), les bourgeons floraux qui se développent sur unité de croissance jeunes (G2) et bourgeons végétatifs qui ne se développent pas en fleurs (G3). Mais l'augmentation en nombre des bourgeons apicaux constitue le point de départ pour la concurrence avec la feuillaison. Deuxièmement, sur 983 plantes observées, seules 36% suivent le cycle phénologique normal, avec des bourgeons floraux qui est normal, et avec des bourgeons floraux qui se développent sur Unité de Croissance mature. Les groupes anormaux se sont partagés entre les G2 et G3 sur 64% des cas.

Mots clefs : floraison, croissance, développement, *Nephelium Lichi Cambess*, phénologie, température.

1. Introduction

Litchi sinensis spp issu de *litchi sinensis sonn* appartient à la famille de *Sapindaceae* (Tindall, 1994; Liu et al. 2007). Cette espèce originaire de la Chine méridionale, du nord du Vietnam et de la péninsule est plantée dans plusieurs pays tropicaux et subtropicaux pour des intérêts économiques et environnementaux (Y.Z. Wei., et al 2013). Des importantes cultures de litchi ont été installées à Pakistan, Madagascar, Afrique du Sud, Australie, USA, Israël et Brésil (Huang and Li, 2007; Husselman and Froneman, 2010). Pour Madagascar, la production annuelle de litchi est estimée à 100 000 tonnes pour cette année, avec 2,5 millions des ruraux (Ministère de l'Agriculture 2017,). L'année dernière, la date de floraison de litchi de Madagascar a débuté à mi-juillet La date de maturité de fruit de litchi de Madagascar prend une avance par rapport à celle des autres pays car les fruits arrive à maturité avant de celui des autres pays et disponible au marché d'Europe avant les fêtes de Noël.

Le litchi est un arbre fruitier sempervirent de 15 m de hauteur (Cronje, 2010) et jusqu'à 30 m dans des conditions favorables. La phénologie de litchi varie en fonction du stade de développement et de différentes saisons climatiques qui vont fournir de l'énergie nécessaire pour la pour la formation de nouveaux rameaux des feuilles, bourgeons floraux, bourgeons axillaire au début de printemps (Chen et al. 200).

La floraison est l'un des caractères qui déterminent le cycle de vie d'une plante et son succès reproducteur. Un climat défavorable au cours du développement des fruits est à la source de ces problèmes (Huang et al. 2004, Yang et al. 2009 Dans cette étude, le développement de litchi sous des conditions de températures et pluie ont été étudiées dans le champ de culture de Madagascar. Le but est de caractériser les impacts de température sur la floraison de l'arbre de Litchi.

La température ambiante en dessus de 20 °C n'était pas favorable à l'induction florale (Menzel., et al. 1995). Par contre-exemple, la température en dessous de 20°C est favorable. Les objectifs de cette recherche sont de spécifier les impacts de la température sur la floraison de litchi sous forme d'adaptation en réponse de la plante et d'établir une modélisation mathématique de développement de la floraison de litchi.

2. Matériels et méthodes

2.1. Plante matériel

L'étude a été localisée dans le village d'Ambodibonara, Commune rurale de Fanandrana, District de Toamasina, dans la région Est de Madagascar. A 18°18'26.65" S latitude, 49° 14' 29.16" E longitude, 65

m d'élévation et à 164 m d'altitude. C'est une région à climat tropical humide, avec une pluviométrie annuelle allant de 2000 à 2300 mm, et de température moyenne de 25 à 30 °C. La température minimum est de 18 °C qui se situe en mois de juillet. Les bases des données phénologiques ont été collectées sur des arbres sont âgés de 15 à 20 ans issu des plantations traditionnelles de litchis, qui n'ont pas été reçus aucun traitement en produit chimique. 3 sites de culture ont été choisis qui sont le site d'Antanambao situé à 3 Km au sud d'Ambodibonara sur 18° 19' 46.23" S, 49° 13' 37.72" E, Elévation 34 m et 375 m d'altitude. C'est le site des groupes 1 er 3. Le site de groupe 2 se trouve dans le hameau de Marotanindrazana sur 18° 18' 24.15" S, 49° 15' 09.28" E, 15 m d'élévation et 196 m d'altitude. Pour le groupe 4, c'est le site d'Ampirandava situé sur 18° 18' 04.88" S, 49° 13' 16.05" E, élévation 34 m et 134 m d'altitude.

Vingt pieds de litchi productifs ont été sélectionnés sur la base de son intérêt économique particulier par rapport à leur précocité. Quatre branches de chaque point cardinal ont été observées pour déterminer le stade de développement prédominant. Les observations, les mesures et prise des photos ont été effectués pendant le cycle saisonnier. L'enquête a débuté en Mai 2017 et s'est poursuit jusqu'en Novembre 2017 à raison de deux à trois fois par semaine à une fois tous les 15 jours.

Méthode de description phénologique

Pour faciliter la détermination des couleurs et maturité des feuilles, nous avons choisi d'utiliser le code BBCH (Tableau 3). Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt, and Chemische Industrie (BBCH) est une méthode standard pour caractériser et décrire les phénologies de plante selon les phases de développement de l'arbre fruitier (Meier et al., 1994 ; Y.Z. Wei et al 2013).

Code	310	313	315	319	320
Couleur de la face de foliole					

Ce tableau représente les couleurs des feuilles, qui sont fonction de la maturité. Celles-ci déterminent ensuite le code BBCH :

310 à 313 : Feuille jeune de couleur rouge cuivré

315 à 319 : Feuille jeune de couleur vert claire

320 : Feuille mature colorée en vert tendre d'aspect vernissé

La formule exploitée

Intégrer la température dans le temps : modèle thermique, correspond à l'intégration de la température dans les échelles de temps suivant la formule $TTS_i = \sum (t_{ni} - \theta)$, TTS_i est incrément de temps thermique pour le jour i, exprimé en degrés. Jour (°C.d), t_{ni} signifie la température minimum du jour i, θ est la température de base. θ et des sommes de température correspondant à différentes phases de leur cycle pourraient être déterminés par la méthode bibliographique (Frédéric Normande). Cinq méthodes statistiques permettent classiquement de déterminer la température de base (Arnold, 1959 ; Yang et al. 1995 ; Bonhomme, 2000). Elles nécessitent comme données des couples associant la durée en jours d'une phase phénologique donnée (floraison) et la température moyenne durant cette phase. La température de base pour la phase de développement floral a été déterminée à partir de dates de floraison, estimées à partir du suivi d'un échantillon de boutons floraux d'une parcelle. (Frédéric Normand, 2007).

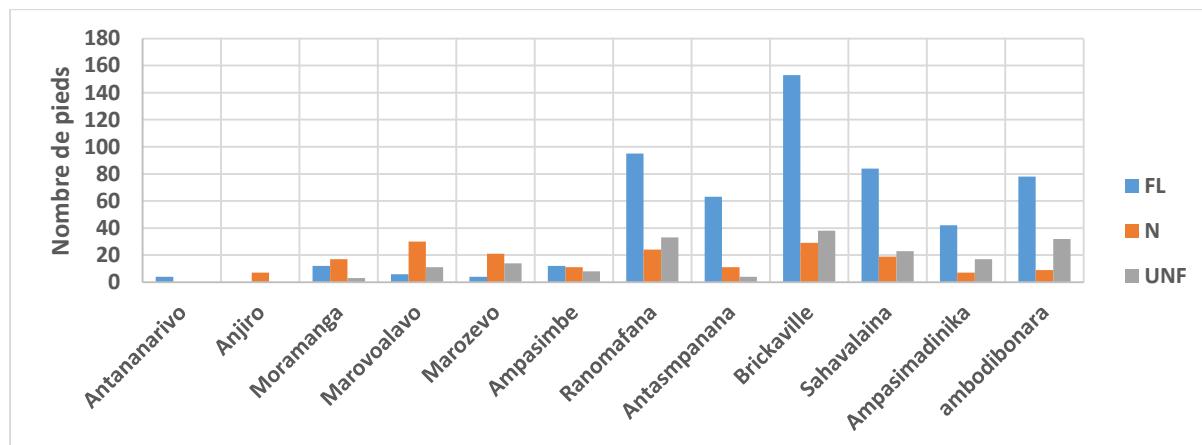
Le développement d'un bourgeon floral commence lorsque le bourgeon floral est à un certain stade au temps t=0. Ce processus est défini comme la quantité de temps de développement que le bourgeon a accumulé au temps t (Osawa et al. (1983) ; Agostini et al. (1999) :

La quantité de développement TTS_i est exprimée en degré. Jour (Osawa et al. 1983). Le bourgeon floral s'ouvre, i.e. la floraison a lieu, lorsque la quantité de développement TTS_i passe un seuil de floraison a, (NIZINSKI et SAUGIER, 1988) formulent un modèle phénologique prédisant la date de débourrement en

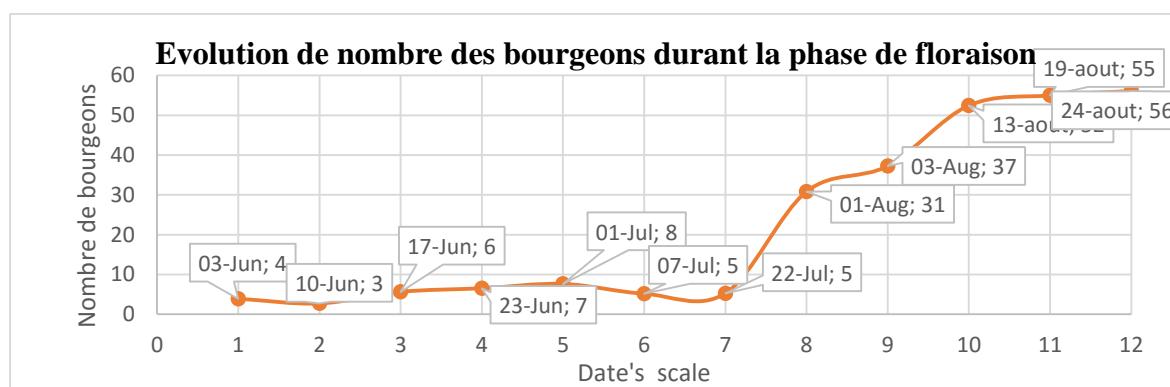
fonction de la température et du photopériodisme et établissent que le débourrement n'intervient que lorsque la somme des températures moyennes des 10 jours précédent l'événement excède un seuil donné.

Logiciel: R et XL Stat

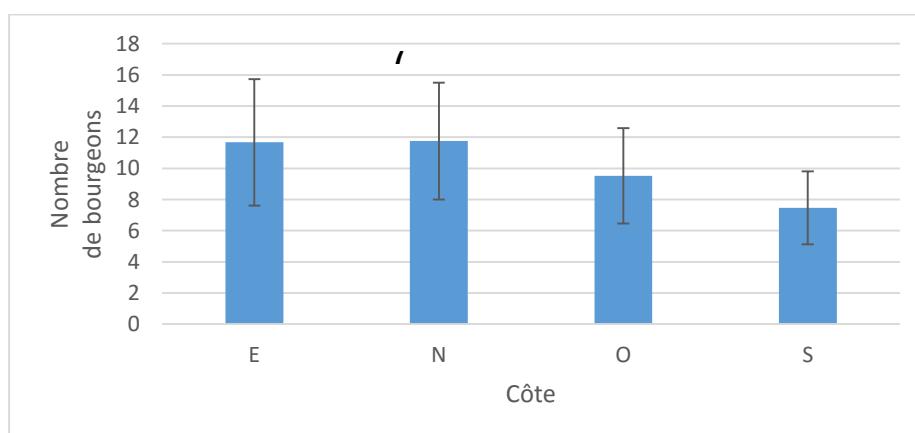
Résultats et Interprétation

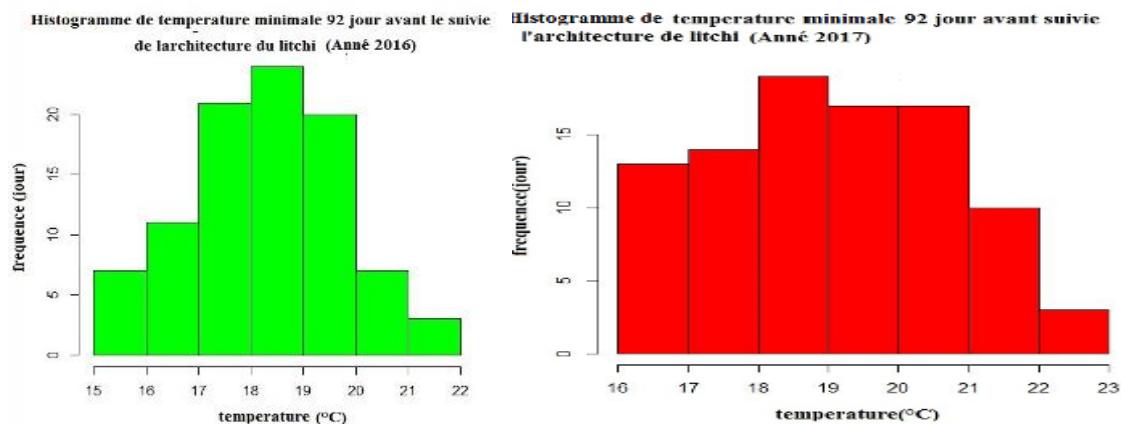


Ce graphe montre que les litchis de Brickaville sont à domination de floraison et les moins fleuris sont celles d'Antananarivo. Ce qui confirme l'importance de la température sur le rythme de floraison. Par contre le rythme de nouaison se rattrape.



Ce graphe montre qu'à partir de 1^{er} Aout, le nombre des bougeons ne cesse de s'accroître, ce qui marque l'augmentation de la concurrence sur les pieds de litchi.

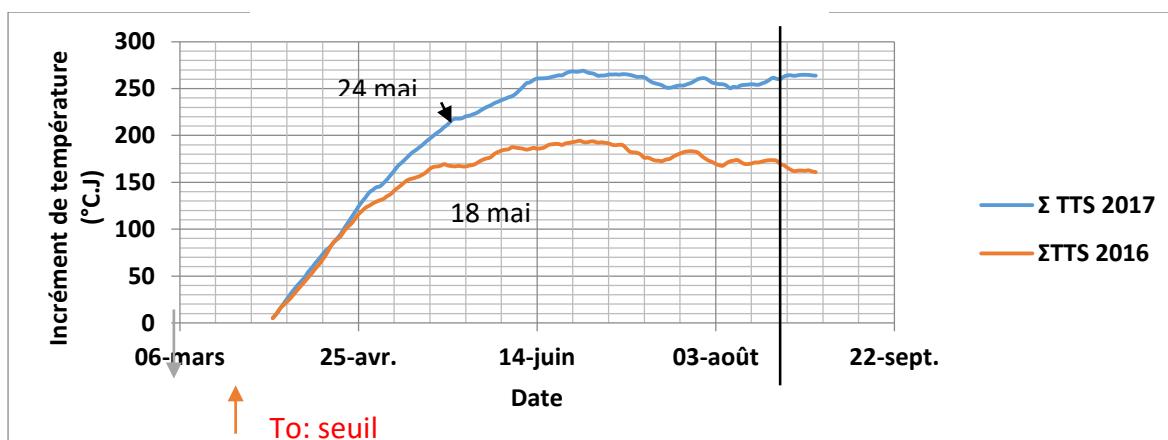




La température de l'année 2017 est stable et élevée par rapport à la température de l'année précédente. La tendance de la température de l'année 2016 et sa fréquentation sont énumérées ci-après, la température 15 à 16°C a une fréquentation de 7 jours ; entre 16 à 17 °C 12 jours ; 20 jours entre 17 à 18°C ; 24 jours entre 18 à 19°C ; 19 jours entre 19 à 20°C ; 20 à 21 °C 6 jours et entre 21 à 22 °C 4 jours de fréquentation. En 2017, la température commence entre 16 à 17 °C qui dure 13 jours ; entre 17 à 18 °C 14 jours ; 18 à 19°C 19 jours ; 19 à 20 °C 17 jours ; 20 à 21 °C 17 jours ; 21 à 22 °C 9jours et 22 à 23 °C 3 jours de fréquentation. Comme nous avons vu la température de l'année 2017 est plus élevée par rapport à la température de l'année 2016. Pour bien détecter la variation des températures de la figure 5, nous essayons de les comparer à l'aide d'un tableau (Tableau 4) la température minimale, celle la plus fréquente, ainsi que la température maximale.

Tableau 2: Description de température nocturne et matinale de 2016 et 2017

Diagramme TTSi = Σ (tni - Θ), $\Theta= 18$



Discussions

La baisse significative des températures en dessous de 20 °C a été débutée à partir de 18 mai. C'est la date pendant laquelle la température minimum de 16,5 °C a été obtenue. C'est probablement la basse température essentielle pour l'induction florale de litchi (Menzel, 1983). Après cette date quand la température ne cessait de diminuer, la floraison de plante n'a cessé aussi de se produire pour en finir avec des quantités plus importantes des fleurs, ce que montre la figure 2.c. Avant 18 mai, l'induction florale n'a pas été encore développée, parce que la température ambiante en dessus de 20 °C n'était pas favorable à l'induction florale et réduit la floraison de litchi (Menzel., et al. 1995).

Conclusion

La floraison de litchi est affectée défavorablement par l'effet de la variation climatique. La température 18 °C déclenche le processus de bourgeonnement mais qui pourrait se convertir en feuille si la tendance se renverse. C'est à dire tendance à l'augmentation.

Ce qu'il faut bien comprendre que l'énergie solaire source de la chaleur est inépuisable mais il faut être bien ajustée au besoin de la plante pour avoir une bonne production. L'essentiel ce n'est pas seulement de comprendre les lois qui régissent ce phénomène mais d'avoir l'idée de solution aux problèmes liés aux cultures. La dernière partie de ma thèse est consacrée à l'analyse de sol en tant que substrat de vie de multitudes microorganismes qui pourraient vivre en symbiose aux plantes de litchi.

Références

- Chang. 1999 ; Regulation of flowering in Litchi (*Litchi Chinensis* Sonn), Department of Horticulture, National Taiwan University, Taipei Taiwan); Menzel and Simpson, 1991, Effets of temperature and leaf water stress on panicle and flower development of litchi (*Litchi Chinensis* Sonn) J. Hortic. Sci. 66. 335- 344
- Chen, H.B., Huang, H.B., Liu, Z.L., 2004. Flower formation and patterns of carbohydrate distribution in litchi trees. Acta Horticulturae Sinica 31 (1), 1-6.
- Chen P.A. Roam S.F. Lee.C.I.Chen. I.Z. 2013, Effects of temperature during inflorescence development to flowering and inflorescence length on yield of "Yu Her Pau" Litchi Sci. Hortic. 159. 186. 189.
- Cronje, R.B., 2010. Litchi phenology and botanical aspects. In: de Villiers, E.A., Joubert, P.H. (Eds.), The Cultivation of Litchi. Nelspruit, South Africa, ARC-Institute for Tropical and Subtropical Crops, pp. 8-22.
- Huang, H.B., Chen, H.B., 2003. A phasic approach towards the floral formation in *Litchi chinensis* Sonn. Journal of fruit science 20 (6), 487-492.
- Huang, H.B., Chen, H.B., 2003, A phase approach towards floral formation in lytchee. Act Hortic. 665. 185- 194.
- Huang, X.M., Li, J.G., 2007. Litchi production: history and current situation. In: Li, J.G. (Ed.), the Litchi. China Agriculture Press, Beijing. China, pp. 1-47.
- Husselman, J.H., Froneman, I.J., 2010. Cultivars. In: de Villiers, E.A., Joubert, P.H. (Eds.), The Cultivation of Litchi. ARC-Institute for Tropical and Subtropical Crops, Nelspruit, South Africa, pp. 31-33.
- Jiyuan Shen, Qiusheng Xiao, Haiji Qiu, Chengjie Chen & Houbin Chen, Integrative effect of drought and low temperature on litchi, *Litchi chinensis* Sonn, floral initiation revealed by dynamic genome-wide transcriptome analysis, 2016,
- Meier, U., Garf, H., Hack, H., Hess, M., Kennel, W., Klose, R., Mappes, D., Seipp, D., Stauss, R., Streif, D., Van den Boom, T., 1994. Phänologische Entwicklungsstadien der Kernobstes (*Malus domestica* Borkh. And *Pyrus communis* L.), des Steinobstes (*Prunus*-Arten), der Johannisbeere (*Ribes*-Arten) und der Erdbeere (*Fragaria* × *ananassa* Duch.). Codierung und Beschreibung nach der Erweitererten BBCH-Skala, mit Abbildungen, Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 46,141-153.
- Menzel, 1983), The control of floral initiation in the lytchee: reviewSc. Hortic. 21. 201. 215.
- Menzel, C.M. & Simpson, D. R. Temperature above 20 degrees C reduce flowering in lytchee (*Litchi Chinensis* Sonn). J. Hort. Sci. 70, 981- 987 (1995).
- Menzel and Simpson, 1991), Effects of temperature and leaf water stress on panicle and flower development of litchi (). J. Hortic. Sci. 66. 335. 344.
- Menzel, C.M., Simpson, D. X., 1988, Effect of temperature on growth and flowering of litchi (*Litchi Chinensis* Sonn) cultivar. Journal of Horticulture Science 63. 349- 360.
- Menzel, C. M. 1983. The control of floral initiation of Lytchee: a review. Sci. Hortic. 21. 201-215.
- Tindall, H.D., 1994. Sapindaceae fruits: botany and horticultural. Horticultural Reviews 16, 143-196.
- Y.Z. Weia, H.N. Zhangb, W.C. Lia, J.H. Xiea, Y.C. Wangc, L.Q. Liua, S.Y. Shia. 2013) Phenological growth stages of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) using the extended BBCH-scale. Sci. Hortic. 161- 277.

14. Caractéristiques épidémiologiques de la maladie de Newcastle en aviculture villageoise de Vatomandry

ANDRIAMAROARISON Ando Tiana³, Rakoto D.A.D.², Rasamoelina Andriamanivo H.³, Koko M.³, Rajaonarison J.J.¹, Ralinaina M.³ et Maminaina O.F.³

¹Département d'Enseignement des Sciences et de Médecine Vétérinaire – Faculté de Médecine – Université d'Antananarivo, ²Mention Biochimie Fondamentale et Appliquée – Faculté des Sciences – Université d'Antananarivo, ³Département de Recherches Zootechniques, Vétérinaires et Piscicoles, FOFIFA, BP 1960, Ministère de l'Éducation Nationale et de la Recherche Scientifique, Antananarivo Madagascar.

Résumé : La maladie de Newcastle (MN) est la maladie aviaire la plus meurtrière en aviculture villageoise. Elle est responsable de 70% et de 80% des cas de mortalités de volailles respectivement dans le Monde et en Afrique. Pour le district de Vatomandry, abritant 968.050 volailles en 2005, la MN est suspectée d'envahir l'aviculture villageoise tout au long de l'année. D'où cette étude ayant comme objectif de déterminer les différentes pratiques d'élevage ainsi que l'exposition de cette aviculture à la MN. Il s'agit d'une étude descriptive transversale effectuée dans 11 communes de Vatomandry, du mois d'octobre 2014 au mai 2015. Deux analyses multivariées (ACM et CAH) ont été effectuées pour la

³ : Correspondant de l'auteur : maminaina.fridolin@gmail.com

typologie des conduites d'élevage et le test sérologique HA/IHA et virologique QRT-PCR ont été réalisés pour la détermination de la circulation virale de la MN. D'après les résultats, 92,68% des élevages ont manqué d'organisations et d'intrants en ce qui concerne la conduite générale d'élevage ; 87,8% des aviculteurs n'ont pas respecté les mesures de biosécurité en cas de maladie et 70,73% en cas de mortalité. Les aviculteurs ont signalé une maladie enzootique, saisonnière et épizootique. Elle est connue sous les noms vernaculaires de *koropoko*, *barika* et *pesta*. Elle se manifeste cliniquement et généralement par l'abattement et la convulsion ou la mortalité qui ont été respectivement de 93%, de 88% et de 100%. Douze échantillons ont été positifs au test virologique et 92,31% des individus analysés ont été séropositifs. Ainsi, la MN envahit réellement l'aviculture villageoise de Vatomandry. Toutefois, des investigations sur les maladies ayant des signes similaires à ceux décrits dans cette étude et sur l'existence des écotypes de poules de races locales pouvant présenter des gènes de résistance à cette MN seraient très intéressantes.

Mots clés : Aviculture villageoise, épidémiologie, maladie de Newcastle, APMV-1, Vatomandry.

1- INTRODUCTION

La maladie de Newcastle (MN) ou pseudo-peste aviaire est la maladie aviaire la plus meurtrière en aviculture villageoise [1]. Elle est responsable de 70% et de 80% des cas de mortalités de volailles respectivement dans le Monde et en Afrique [2]. A Madagascar, de nouveaux foyers infectieux de la MN sont apparus progressivement dans toute l'île depuis sa première description en 1946 [3]. La MN sévit en causant une mortalité de 44,3% avec une séroprévalence qui atteint les 100% après une épizootie [4, 5]. D'après les données du Service provincial du Plan Toamasina de 2005, le district de Vatomandry détient le plus grand cheptel de la Région Atsinanana avec 968.050 têtes de volailles (43,42%) élevées selon le mode d'aviculture villageoise qui est omniprésente et représentée essentiellement par la poule (*Gallus gallus*). Cependant, en 2015, selon le rapport annuel du vétérinaire sanitaire de ce district, la MN est suspectée d'envahir l'aviculture villageoise durant toute l'année en causant des taux de morbidité et de mortalité très élevés. La question qui se pose est alors : est-ce que le virus APMV-1 (*Avian Paramyxovirus 1*) responsable de la MN circule-t-il au sein de l'aviculture villageoise de Vatomandry ? Pour déterminer l'exposition à cette maladie, la présente étude a pour objectifs de déterminer les différentes conduites d'élevage en aviculture villageoise, d'évaluer la connaissance des aviculteurs sur la MN et de déterminer la circulation du virus APMV-1 dans le district.

2- METHODES

Il s'agit d'une étude descriptive transversale effectuée dans 11 communes de Vatomandry, du mois d'octobre 2014 au mois de mai 2015. Des enquêtes ont été effectuées et simultanément, des sérums et cerveaux de poulets âgés d'au moins 2 mois ont été prélevés, puis analysés au laboratoire du FOFIFA/DRZVP⁴ à Ampandrianomby. Les sérums ont fait l'objet d'un test sérologique HA/IHA (test d'hémagglutination et test d'inhibition de l'hémagglutination) et les cerveaux ont subi un test virologique QRT-PCR (*Quitative Reverse Transcriptase Polymerase Chain Reaction*) suivant les protocoles utilisés par Maminaina [6]. Cependant, pour l'analyse HA/IHA, le test est positif quand le titre de l'IHA complète est supérieur ou égal à $4\log_2$ [7]. Un élevage est considéré comme séropositif quand un de ses échantillons, au moins, est positif au test sérologique. Deux analyses multivariées (analyse des correspondances multiples ou ACM et classification ascendante hiérarchique ou CAH) ont été effectuées pour déterminer la typologie des différentes pratiques d'élevage.

3- RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Cette étude a permis de décrire 41 élevages de poulets, 41 aviculteurs, 143 prélèvements sérologiques (sérums) et 24 prélèvements virologiques (cerveaux).

D'après la typologie des pratiques en aviculture villageoise, trois classifications ont été réalisées. Premièrement, en ce qui concerne la conduite générale d'élevage, 3 classes sont obtenues : (i) la classe 1 (n=14) regroupant les élevages à faible niveau d'intrants, caractérisée par le non nettoyage des poulaillers (100% ; $p=1,92e^{-8}$) et le mélange des poulets avec d'autres volailles comme les canards, oies et les dindes dans le même élevage (50% ; $p=0,04$) ; (ii) la classe 2 (n=24) regroupant les élevages à moyen niveau d'intrants, caractérisée par le balayage des poulaillers (100% ; $p=1,92e^{-8}$) et la séparation des espèces de volailles (83,33% ; $p=0,04$) ; (iii) et la classe 3 (n=3) regroupant les élevages à haut niveau d'intrants, caractérisée par le nettoyage des poulaillers (100% ; $p=9,38e^{-5}$), la vaccination contre la MN (100% ; $p=9,38e^{-5}$), la grande taille de leur cheptel avec une moyenne de 45 contre 20 pour les 2 autres classes et la construction de poulaillers en demi dur (66,66% ; $p=3,65e^{-3}$). Deuxièmement, en ce qui concerne la conduite d'élevage en cas de maladie, deux classes se distinguent : (i) la classe 1 (n=36)

⁴ : FOFIFA-DRZVP : département de recherche ayant pour rôles de contribuer à l'étude des maladies animales et à la recherche zootechnique afin de permettre le développement de l'élevage à Madagascar. Il est doté de laboratoires de parasitologie, de microbiologie, de reproduction, de chimie, d'alimentation, de sérologie et de biologie moléculaire.

regroupant les élevages à biosécurité négligée, caractérisée par le non abattage des poulets malades (100% ; $p=1,33e^{-6}$) ; (ii) et la classe 2 ($n=5$) regroupant les élevages à biosécurité respectée, caractérisée par l'abattage sanitaire des malades (100% ; $p=1,33e^{-6}$). Et troisièmement, en ce qui concerne la conduite d'élevage en cas de mortalité due à une maladie, deux classes se distinguent également : (i) la classe 1 ($n=29$) regroupant les élevages à biosécurité négligée, caractérisée par la consommation des poulets morts d'une maladie (89,65% ; $p=1,42e^{-5}$) et le rejet des abats (72,41% ; $p=7,66e^{-3}$) dans les ordures, rivières ou champs ; (ii) et la classe 2 ($n=12$) regroupant les élevages à biosécurité respectée, caractérisée par l'enfouissement des morts (100% ; $p=2,3e^{-7}$).

Selon les réponses des 41 aviculteurs sur chaque question (une question avait une ou plusieurs réponses) concernant l'épidémiologie de la maladie aviaire suspectée (signes cliniques, noms vernaculaires et calendrier épidémiologique), les résultats de l'enquête sont donnés ci-après.

Une maladie aviaire a été constatée par les aviculteurs de Vatomandry. Elle se manifestait généralement par l'abattement (93%) et la convulsion (88%), mais elle pouvait évoluer vers la mort brutale (100%) 24 à 48 heures après l'apparition ou non des premiers signes cliniques (Figure 1). Ces résultats ont montré les formes cliniques suraigües et aigües de la maladie. En effet, les animaux manifestaient de la fièvre avec des diarrhées blanchâtres ou verdâtres au début. Puis, ils perdaient leur appétit. Ensuite, ils devenaient abattus et mouraient enfin. Par contre, les poulets ayant seulement manifesté des signes respiratoires observables ont montré la forme chronique de la maladie signalée.

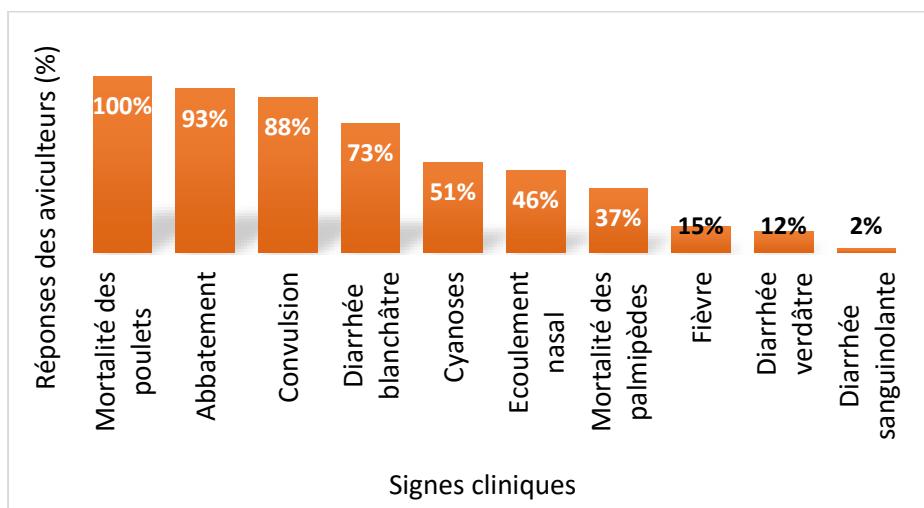


Figure 9 : Signes cliniques du koropoko

La triade lésionnelle (pétéchies hémorragiques de la muqueuse du proventricule, du cœur et des amygdales cœcales), très indicative de la MN n'a pas été signalée et aucun signe pathognomonique n'a été mentionné. Deux exemples illustrent une forme suraigüe ou aigüe durant des cas de maladie survenus en octobre 2014 (Figure 2A) et en mai 2015 (Figure 2B).



Figure 10 : Poulets abattus atteints de koropoko.

Trente (30) aviculteurs ont attribué le nom vernaculaire de *Koropoko* à la maladie. Mais, d'autres appellations existent également comme *barika* (27) et *pesta* (9). Les trois appellations existant à Vatomandry peuvent être dues à la diversité des origines de sa population.

Les aviculteurs ont affirmé que l'incidence du *koropoko* affectant les poulets variait suivant les saisons de l'année (Figure 3). Deux pics épizootiques sont observés en mai et en novembre-décembre. Durant les mois de septembre et d'octobre, les aviculteurs ont constaté que les poulets tombaient malades ou mouraient après avoir consommé des fleurs de litchis ou de manguiers. Les impacts du *koropoko*

(mortalité et diminution du cheptel) se sont révélés lors de la fête nationale malgache (juin) et lors de la fête du nouvel an (janvier). Mais, quatre sur 41 aviculteurs ont signalé que le *koropoko* était présent tout au long de l'année. Ce qui constitue une autre allure de la maladie. En effet, cette dernière apparaissait tout d'abord dans un village donnée en causant des mortalités et d'autres signes cliniques. Puis, une période d'accalmie s'ensuivait sans que la maladie ne disparaisse car elle se déplaçait d'un village à un autre où elle allait se manifester cliniquement comme pour le premier village. Et enfin, elle revenait au village de départ et le cycle recommençait tout au long de l'année.

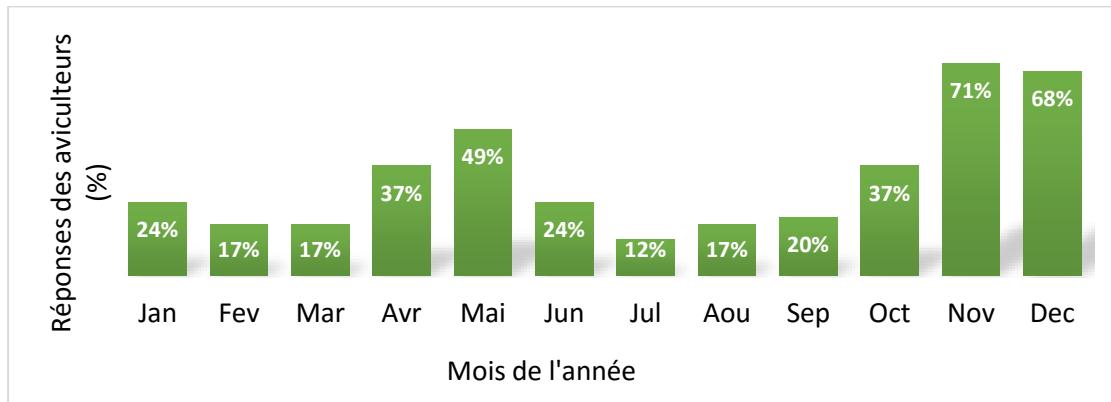


Figure 11 : Incidence du koropoko selon les aviculteurs

A partir de poulets malades ou non, des échantillons ont été prélevés pour le test sérologique afin de détecter des anticorps dirigés contre le virus de la MN. Au sein des animaux, le test a montré que 132 sur les 143 individus analysés étaient séropositifs. Parmi les individus testés, 133 étaient apparemment sains (forme clinique asymptomatique de la MN) et 10 en mauvais état général présentant soit un abattement soit des signes nerveux. Ces 10 individus étaient tous séropositifs. Au total, une séroprévalence de la MN de 92,31% [IC₉₅ : 86,75 - 95,65] a été relevée dans le district de Vatomandry (Figure 4). Mais, au sein des élevages, cette séroprévalence a été de 100% et au sein des communes et elle est passée de 71,43% pour Maintinandry à 100% pour Niherenana, Sahamatevina, Ambodivoananto, Niarovana Caroline et Tsivangiana.

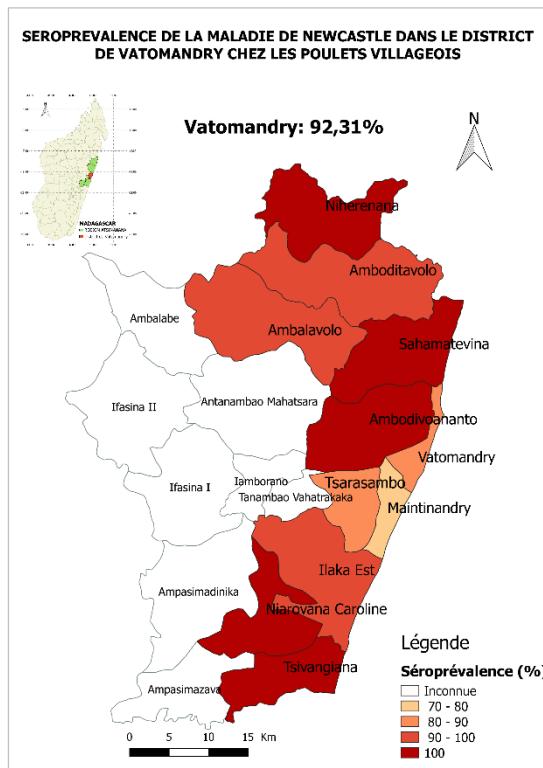


Figure 12 : Séroprévalence de la MN dans le district de Vatomandry

Parmi les échantillons analysés (n=24), prélevés sur des individus morbides présentant des symptômes du *koropoko* décrits par les aviculteurs, 50% étaient positifs au test virologique. Ceux-ci expliquent alors

la dominance des signes de convulsions recensés (forme suraigüe et aigüe ou virulente de la MN) causés par la circulation des souches vélogènes neurotropes d'APMV-1.

4- DISCUSSION

Cette étude a permis d'enrichir les connaissances sur la maladie responsable des morbidités et mortalités au sein de l'aviculture de type villageois de Vatomandry car les aviculteurs de ce district ont décrit une maladie des volailles dont les caractéristiques s'accordent avec la littérature en ce qui concerne les noms, les signes cliniques et le calendrier épidémiologique. En effet, Maminaina a montré une maladie nommée *kropoke*, *pesta* et *boarika* découverte respectivement dans la partie sud, dans la partie est et dans les Hautes Terres de Madagascar [6]. Toutefois, dans la Grande île, le mot *barika* signifie également une autre maladie qui est le choléra aviaire avec des symptômes similaires à celui de la MN. En plus, d'autres noms comme *ramoletak'akoho*, *maikitsoka*, *moafon'akoho* et *ramibomogno* sont également utilisés à Madagascar suivant les différentes régions [5, 6].

Ce *koropoko* présente également les deux allures épidémiologiques et toutes les formes cliniques d'une maladie avoisinant celles décrites dans l'étude d'Alders et Spradbrow en 2001 [8]. Maminaina a également décrit une maladie qui s'agissait de la MN ayant les mêmes allures enzootiques et épizootiques à Antananarivo et à Moramanga, mais avec un pic situé en octobre [5]. Et en 2011, Rasamoelina Andriamanivo a constaté la même maladie dans le Lac Alaotra avec un pic épizootique situé entre aout et octobre [9].

Sur le plan clinique, la prédominance des singes nerveux et de la mort subite sans détection de signes préalables chez les poulets et les palmipèdes conduiraient à soupçonner la circulation du virus APMV-1 de la MN appartenant au génotype XI. Ce qui nécessiterait alors une étude en génétique des souches d'APMV-1 circulant dans le district de Vatomandry afin de les comparer à celles trouvées par Maminaina en 2011 dans le Lac Alaotra et dans les autres bassins avicoles de Madagascar [6]. Cependant, les signes cliniques avancés ne sont pas pathognomoniques pour la MN car d'autres maladies comme l'influenza aviaire, la bronchite infectieuse, le choléra aviaire peuvent présenter le même tableau clinique.

Cette description du *koropoko* a fait suspecter alors l'exposition de l'aviculture villageoise de Vatomandry à la MN. Et d'après les détections par le test sérologique HA/IHA et le test virologique QRT-PCR, une circulation du virus APMV-1 avec une séroprévalence très élevée de 92,31% au sein des animaux a été trouvée. Des résultats de séroprévalences similaires à cette étude (92,31%) ont été trouvés : 73% dans le Lac Alaotra en 2012, 72,22% à 100% à Antananarivo et Moramanga en 2000, 79% en Birmanie et 71% aux Etats-Unis d'Amérique [6, 10].

Cette haute séroprévalence peut être expliquée par deux raisons. Premièrement, elle peut être due à l'existence des rescapés d'un passage de la maladie de Newcastle de l'année précédente (2014) parce que les anticorps peuvent rester dans le sang jusqu'à 9 mois [8]. Pour le cas de Madagascar, il a été signalé que les aviculteurs reconstituent leur cheptel aviaire à partir des rescapés qui sont considérés comme résistants aux maladies [11]. Deuxièmement, la forte séroprévalence est probablement due aux différentes conduites d'élevage existantes dans le district. En effet, à Vatomandry comme dans certaines régions de la Grande île, le système d'aviculture villageoise est caractérisé par la mixité des espèces, la divagation et le non-respect des règles de biosécurité (vente, consommation, jet des cadavres ou des abats dans les ordures, etc.) [5, 6, 10, 12]. Ces différentes pratiques correspondent aussi à celles trouvées par Porphyre en 2000 [13].

Ainsi, une maladie nommée *koropoko* envahit réellement l'aviculture villageoise de Vatomandry. D'une part, sa description est similaire à celle de la MN selon la littérature et d'autre part, les tests ont confirmé le passage du virus APMV-1 de la MN dans le district. Par conséquent, ceci permet d'en déduire que la maladie aviaire sévissant dans cette région concernait la MN. Toutefois, des investigations sur les maladies ayant des signes similaires à ceux décrits dans cette étude et sur l'existence des écotypes de poules de races locales pouvant présenter des gènes de résistance à cette MN seraient très intéressantes.

5- REMERCIEMENTS

Les auteurs adressent leur vif remerciement au FOFIFA-DRZVP d'avoir permis la réalisation de cette étude et surtout du parrainage qu'il a bien voulu apporter au Projet JEARD-Virologie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. FAO. La maladie de Newcastle: FAO; 2009. Available from: <http://fao-ectad-bamako.org/fr/>.
2. Cappelle J, Caron A, Servan De Almeida R, Gil P, Pedrono M, Mundava J, et al. Empirical analysis suggests continuous and homogeneous circulation of Newcastle disease virus in a wide range of wild bird species in Africa. Epidemiology and Infection. 2015;143(6):1292-303.
3. Rajaonarison JJ. Note sur la maladie des volailles tout nouvellement observé à Madagascar. Buck. G., 1947. In Production de vaccin contre la maladie de Newcastle à Madagascar. In PANVAC, Debre Zeit, FAO, pp. 135-137. Debre Zeit, Addis Ababa, 22 - 26 April, . 1991.

4. Alexander DJ. Newcastle disease and other paramyxovirus infections. In: Calnek BW, Barnes HJ, Beard CW, Reid WM, Yoder HW, dir. Diseases of poultry. 9th ed. Ames: Iowa State University Press; 1991. p. 496-519.
5. Maminaina OF, Koko M, Ravaomanana J, Rakotonindrina SJ. Épidémiologie de la maladie de Newcastle en aviculture villageoise à Madagascar. Rev Sci Tech Off Int Epiz. 2007;26 (3):691-700.
6. Maminaina OF. Caractérisation des virus de la maladie de Newcastle (APMV-1), circulant sur les hautes terres de Madagascar. [Sciences, Biochimie Fondamentale et Appliquée]. Faculté des Sciences. Département de Biochimie Fondamentale et Appliquée (PhD). 2011. 207 p.
7. OIE. Newcastle disease. Terrestrial Animal. Paris: OIE; 2014.
8. Alders R, Spradbrow P. Controlling Newcastle disease in village chickens: a field manual. In: ACIAR, dir. Appendix 2: Collection of blood from the wing vein of chickens. 82. Canberra: Monograph, ACIAR 2001. p. 78-80.
9. Rasamoelina Andriamanivo H. Diffusion des pestes aviaires dans les petits élevages des hautes terres malgaches. [Thèse de Doctorat d'Université]. Université de Montpellier II. Ecole doctorale SIBAGHE / Épidémiologie. 2011. 125 p.
10. Andriamaroarison AT. Aviculture villageoise face à la maladie de Newcastle dans les communes du district de Vatomandry. [Thèse de médecine vétérinaire]. Université d'Antananarivo. Faculté de Médecine. 2017. 65 p.
11. Koko M, Maminaina OF, Ravaomanana J, Rakotonindrina SJ. Aviculture villageoise : productivité et situation épidémiologique. In: AIEA-TECDOC, dir. Characteristics and parameters of family poultry production in Africa. Vienne: AIEA-TECDOC; 2002. p. 47-63.
12. Rakotonanahary V. Contribution à l'épidémio-surveillance de la grippe aviaire à Madagascar : sensibilisation et information. [Thèse de médecine vétérinaire]. Université de Dakar. EISMV. 2002. 102 p.
13. Porphyre V. Enquête séro-épidémiologique sur les principales maladies infectieuses des volailles à Madagascar. Mémoire de DESS - Productions animales en régions chaudes, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD-EMVT). Montpellier2000. p. 85.

15. Statut immunitaire de poulets villageois primo-vaccinés par I-2 PESTAKOHO contre le virus de la maladie de Newcastle au niveau des zones pilotes à Antananarivo, Madagascar

*ANDRIANONY Sitraka A., *Ando R.M., *Ratovonanahary M. H., *Rakotondravony F., *Rasoloarison J.B, *Zanamasy C., *Raberika T.H., **Rabenantoandro C. H.

*Institut Malgache des Vaccins Vétérinaires, **Académie Malagasy (sections Sciences fondamentales et Sciences appliquées)

I. RESUME

La maladie de Newcastle (MN) est une maladie hautement contagieuse des volailles domestiques et des oiseaux sauvages. La vaccination est le moyen efficace de lutte contre cette maladie. Un nouveau vaccin thermotolérant dénommé I-2PESTAKOHO® contre la MN, a été mis au point à l'Institut Malgache des Vaccins Vétérinaires (IMVAVET™) pour surmonter certains des problèmes liés aux températures ambiantes élevées, à un manque d'infrastructure normalisé des petits élevages ruraux et isolés d'« akoho gasy » ou poulets villageois. Plus particulièrement, notre objectif est de réduire au minimum l'impact socio-économique de la MN, afin d'assurer la pérennisation de l'aviculture villageoise avec nos ressources zoogénétiques locales. Il s'agit d'améliorer l'apport protéïnique de la ration alimentaire de nos paysans avec de la protéine noble : la viande de volaille locale.

En 2015, nous avons mené une étude visant à établir le statut immunitaire de poulets villageois contre le virus de la MN après une première application sur terrain de vaccination utilisant le nouveau vaccin thermotolérant I-2PESTAKOHO®. Des échantillons de sang ont été prélevés sur des poulets villageois vaccinés au cours d'une période de 135 jours conformément à notre méthode, et 566 sérum récoltés ont été analysés par le test d'inhibition de l'hémagglutination. Les résultats indiquent que plus de 74% des oiseaux échantillonés ont des niveaux protecteurs d'anticorps contre le virus de la MN jusqu'à quatre mois après la primo-vaccination. Ce premier travail a permis de conduire à des études ultérieures dans d'autres zones d'application pilotes à Madagascar, sous-entendant l'amélioration de notre méthodologie dans le temps afin d'obtenir un résultat supérieur au pourcentage de réussite lors de cette première

étape, comme dit l'expression « Sans cesse sur le métier, remettez votre ouvrage, polissez-le sans cesse et le repolissez » ; exigeant aussi à tous et à tous niveaux de contribuer dans cette amélioration souhaitée.

Mots-clés : akoho gasy (poulet villageois), maladie de Newcastle, vaccin I-2PESTAKOHO®, thermotolérant, inhibition de l'hémagglutination

II. INTRODUCTION

A. Madagascar est un grand pays d'aviculture. L'aviculture villageoise, largement majoritaire, regroupe les élevages traditionnels de poulets, de canards, d'oies et de dindes. La taille des élevages va de quelques têtes à une centaine de volailles. Les volailles sont destinées à l'autoconsommation ou vendues vivantes aux collecteurs ou dans des marchés (*Rasamoelina et al. 2016*). La maladie de Newcastle (MN) a été signalée à Madagascar depuis 1946 (*G. Buck cité par Rajaonarison, 1991*) et elle est rapidement devenue enzootique.

Les oiseaux infectés par les virus de la MN peuvent avoir une variété de signes cliniques en fonction de la souche responsable de la MN. L'âge, la santé et l'état immunitaire de l'animal et la présence d'infections concomitantes influencent également la sévérité des signes cliniques (*Young 2012*).

Dans beaucoup de pays, la MN est contrôlée par la vaccination. L'Institut Malgache des Vaccins Vétérinaires a pu bénéficier des projets élaborés par le Centre Australien pour la Recherche Agricole Internationale, du KYEEMA Fondation pour assurer le développement de moyens simples et fiables pour vacciner les poulets villageois contre la MN. La souche vaccinale I-2 de la MN n'est pas sous patente et le lot de semence primaire est librement accessible aux laboratoires des pays en développement souhaitant produire le vaccin localement. Elle est vivante, thermotolérante, non virulente, et se propage entre les poulets par contact direct (*Young 2012*).

Depuis 2014, des essais expérimentaux ont été conduits dans les laboratoires de l'IMVAVET afin de mettre au point un prototype du vaccin liquide I-2PESTAKOHO®. La production d'un nouveau vaccin nécessite ensuite une étape de suivi sur milieu réel pour confirmer l'innocuité et l'efficacité du vaccin. L'application sur terrain du vaccin I-2 contre la MN produit par l'IMVAVET a été prévue au cours du troisième trimestre de l'année 2015.

B. Tout ceci sous-entend les impacts multiples de la maladie de Newcastle :

- 1) sur le plan sanitaire de l'élevage des poulets villageois et des autres volailles villageoises, notamment en ce qui concerne l'épidémiologie locorégionale ;
- 2) les impacts du résultat de ce travail sur le plan économique en matière de rendement et de qualité des productions, permettant aux consommateurs de bénéficier tant sur la qualité que sur la quantité, des œufs, de la viande et aussi de leur sûreté sur le plan sanitaire d'envergure mondiale concernant les produits tertiaires pour le commerce international.

Tout cela implique la diversité complémentaire des compétences de notre équipe car il s'agit en fait de deux domaines médicaux, à savoir l'intrication de la diététique et de l'hygiène alimentaire d'une part, et d'autre part de la médecine tropicale englobant infectiologie et parasitologie, surtout dans notre contrée.

Cette complémentarité au sein de notre équipe de recherche au niveau universitaire dont des professeurs titulaires d'universités de haut niveau, assure ainsi la fiabilité de notre méthodologie de travail et de nos résultats.

III. MATERIELS ET METHODE

A. Déclaration d'éthique : Un consentement écrit et signé par les fermiers a été obtenu préalablement avant d'entamer les prélèvements sur leurs poulets. La collecte de sang provenant des oiseaux a été effectuée par des vétérinaires et techniciens qualifiés.

B. Zone d'étude : Le choix des fermes a été porté sur le nombre suffisant de poulets villageois à étudier, sur l'isolement géographique des villages et sur la naïveté des cheptels. Suite à un accord établi avec les propriétaires des fermes, l'étude sur terrain a été effectuée dans deux fermes situées à trois kilomètres d'Ankazo, Commune Rural d'Anosiala, District d'Ambohidratrimo sur la route nationale n°6 vers Mahajanga (*Fig.A en annexe*).

C. Vaccin et vaccination : Deux flacons de 250 doses d'un même lot de vaccin I-2PESTAKOHO® ont été utilisés pour l'étude (*Fig. B en annexe*). Le titre est de $10^{7.9}$ D_{E50} par dose de vaccin fini sortant du laboratoire de production. La vaccination consiste à inoculer par voie oculaire une goutte de vaccin de quantité approximative de quarante microlitres (40 µl).

D. Echantillonnage : Connaissant peu la prévalence de la maladie dans la région, le nombre du cheptel dans les deux villages et suite à la recommandation de l'expertise faite par le Professeur Robyn Alders lors de sa mission à l'IMVAVET en septembre 2015, il nous fallait vacciner 100 poulets au minimum et ensuite prélever au moins 10% des poulets vaccinés qui ont été bien identifiés préalablement. Toutefois,

nous avons pu vacciner 280 poulets dans le village n°1, 80 poulets dans le village n°2, et au hasard, prélever le sang du tiers de la population vaccinée, tout en tenant compte aussi des éventuelles pertes (morts, vols) qui pourraient survenir tout au long de l'étude. Ainsi, la taille de l'échantillon est largement suffisante pour notre travail.

E. Procédure

Calendrier de prise de sang : Un calendrier de prélèvement sanguin a été établi dans le protocole de suivi incluant huit missions de prise de sang, donc de J-0, J-15, J-30, J-60, J-90, J-105, J-120 à J-135.

Système de marquage des poulets : Pour identifier les individus à suivre lors de notre étude sur terrain, plusieurs poulets de tout âge, choisis au hasard, ont été marqués avec une bague en plastique numérotée par gravure (*Fig. C en annexe*). Avec ce système de marquage, chaque poulet identifié sera suivi individuellement pour son niveau d'anticorps anti-ND pendant quatre mois et demi.

Prélèvement et vaccination à J-0 : Tout d'abord, il est essentiel de préciser que tous les poulets présents dans les fermes ont été cliniquement en bonne santé. Avant la vaccination à J-0, du sang frais a été prélevé à l'aide d'une seringue stérile au niveau de la veine alaire (*Fig. D en annexe*) des poulets marqués. Ensuite, une primo-vaccination a été réalisée par administration oculaire d'une dose du vaccin I-2PESTAKOHO® (correspondant à une seule goutte) sur un œil de tous les poulets présents dans les villages. Notons que tous les poulets dans le village n°1 ont été naïfs à J-0, c'est-à-dire n'ont jamais été vaccinés contre quelque maladie auparavant. Toutefois, dans le village n°2, le propriétaire nous a informés qu'un poulet a été vacciné contre la MN un an auparavant.

Récolte de sang de J-15 à J-135 : Nous sommes ensuite descendus sur terrain selon les dates prévues par le calendrier établi et avons prélevé le maximum d'échantillons pour chaque village. Notons qu'à partir de J-30, nous avons inclus un groupe de poulets (*vaccinés à J-0*) du village n°2 suite à une réflexion par rapport aux résultats des tests d'inhibition de l'hémagglutination. Nous avons ainsi effectué huit descentes pour prélèvement sanguin des poulets identifiés.

Transport et préparation des prélèvements : Après chaque prélèvement, nous avons laissé le sang se coaguler dans les seringues. Ensuite, les sanguins récoltés ont été gardés dans une glacière contenant des accumulateurs de froid au cours du transport vers le laboratoire.

F. Titrage des anticorps : Arrivés au laboratoire, les sérum ont été séparés du caillot et puis transvasés dans des cryotubes identifiés. Les échantillons ont été conservés à -20°C jusqu'au moment de réalisation des tests sérologiques. Les sérum recueillis ont été testés pour les anticorps au virus de la MN par le test d'inhibition de l'hémagglutination (IH) comme décrit par Allan et Gough (1974). Le test a été effectué dans des plaques de microtitration de 96 puits avec un fond en U pour lire facilement le motif d'hémagglutination des globules rouges. Tous les titrages ont été effectués en double. Nous avons suivi les étapes à suivre pour le test IH et les recommandations du manuel de laboratoire (Young 2012). Ainsi, avant chaque test IH, nous avons réalisé :

- la détermination du nombre d'unités HA dans la suspension d'antigène en utilisant le test HA
- la dilution de la suspension d'antigène de sorte que 25 µL contiennent 4 unités d'HA
- un 'titrage de retour' de la suspension diluée pour confirmer que la dilution est correcte
- une confirmation du titre des sérum de contrôle positifs et négatifs

Pour calculer la moyenne géométrique des titres (*MGT*), le critère d'inclusion a été les sérum récoltés d'un même sujet ayant été prélevé à chaque fois de J-0 à J-135. Au total, 566 sérum de 74 sujets ont été inclus dans notre étude.

IV. RESULTATS

Au cours de la période d'étude, surtout de l'observation de la santé des animaux durant les 15 jours post-vaccinal, aucun signe clinique pathologique n'a été observé. Ainsi, l'innocuité du vaccin a été confirmée chez ces animaux.

Les résultats des tests IH de J-0 à J-135 sont présentés dans le tableau I.

Tableau I : Synthèse des résultats du titrage du niveau d'anticorps anti-NDV des prélèvements de J-0 à J-135

	J-0	J-15	J-30	J-60	J-90	J-105	J-120	J-135
S	93	297	316	314	279	260	230	482
N	60	60	74	74	74	74	74	74
MGT	2,9	30,9	19,3	18,9	13,6	11,4	8,6	91,4
IH titre (\log_2)	1,6	5,0	4,3	4,2	3,8	3,5	3,1	6,5

Légende :

NDV	: Newcastle disease virus (virus de la maladie de Newcastle)
S	: somme des log ₂ de chacun des titres de chaque sérum
N	: nombre total des échantillons
MGT	: moyenne géométrique des titres

L'efficacité du vaccin se déduit par le résultat du test d'inhibition de l'hémagglutination représenté par la courbe ci-dessous (*Figure 1*).

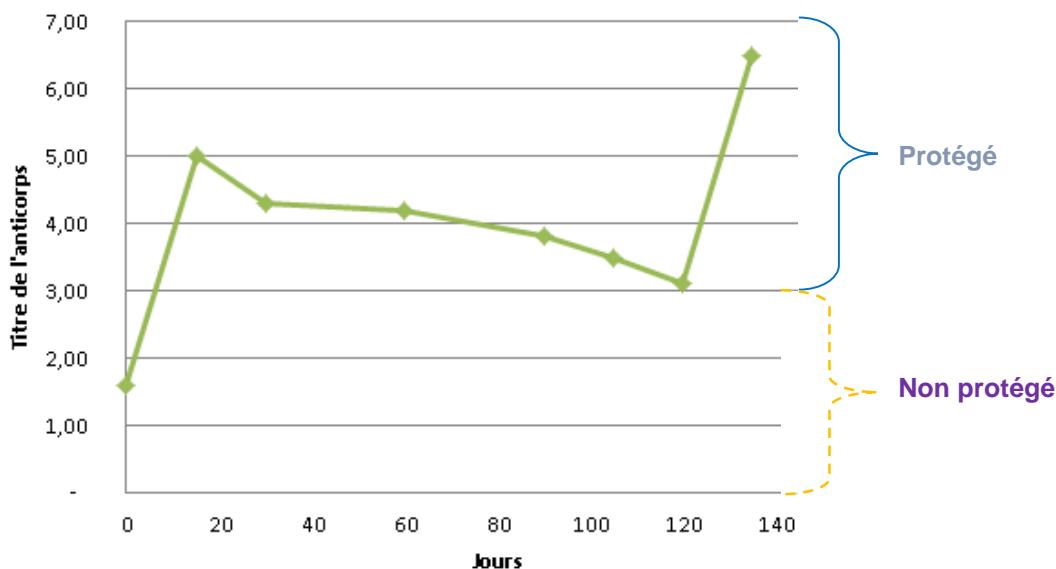


Figure 1 : Cinétique du titre d'anticorps en IH titre (log₂) de J-0 à J-135

Pour le résultat des tests IH à J-120, les titres d'anticorps anti-MN ont été regroupés en deux catégories : ceux qui sont supérieurs ou égales à un titre IH 2³ et le reste (*Tableau II*).

Tableau II : Distribution de la valeur du titre d'anticorps anti-MN pour les 74 échantillons à J-120

Titre d'anticorps suivant le test IH	1 : 4	1 : 8	1 : 16	1 : 32	1 : 64
IH titre (log ₂)	2	3	4	5	6
Nombre	19	38	9	6	2
Pourcentage	25,7			74,3	

V. DISCUSSION

L'emplacement éloigné des fermes d'étude par rapport aux habitations voisines a théoriquement pour effet de réduire les facteurs de risque de contamination de la maladie de Newcastle. Le fait que les animaux n'ont jamais encore été vaccinés contre la maladie est parfait pour conduire une étude primaire sur l'immunité du cheptel. La naïveté du cheptel est illustrée par le résultat des tests IH des prélèvements pris à J-0. Le test IH permet de prédire l'issue probable d'infection par le virus virulent de la MN à différents niveaux d'immunité. Un titre IH (*égal ou supérieur*) à 2³ indique la probabilité du niveau d'anticorps anti-MN qui devrait protéger les oiseaux contre la mort lors des infections sans complications (*Young 2012*).

Dès lors, d'après notre étude, une bonne immunité de protection est en place après 15 jours de la vaccination. Le résultat à J-120 montre que 74,3 % des oiseaux vaccinés avec I-2PESTAKOHO® ont été encore bien immunisés. Il a été souligné que les vaccins contre le ND ne fournissent pas d'immunité inconditionnelle contre l'infection et la transmission, et les réponses individuelles à la vaccination peuvent être très variables. Certains oiseaux atteignent des niveaux protecteurs d'anticorps contre l'infection et la maladie, et d'autres non (*van Boven et al., 2008*). Notons qu'un des facteurs induisant à une bonne réponse immunitaire après une vaccination inclut le statut parasitaire du cheptel. En effet, les animaux ayant reçus des traitements antiparasitaires efficaces préalables à une immunisation répondent mieux par rapport à ceux qui restent infestés avant et après la vaccination.

En outre, ce résultat à J-120 démontre que le niveau de protection est à la limite ; ce qui confirme la nécessité d'un rappel après quatre mois de vaccination. En Mozambique, des études ont indiqué que le

vaccin ND I-2, administré tous les quatre mois par une goutte oculaire offre une protection d'environ 80% sur le terrain face à une épidémie (*Alders et Spradbow, 2001*). Enfin, le résultat à J-135 montre l'effet « booster » du rappel. Ainsi, le rappel de la vaccination permet de maintenir le cheptel aviaire immunisé contre la maladie de Newcastle.

Bien que des vaccins efficaces soient disponibles auprès de grandes sociétés pharmaceutiques, ils sont rarement utilisés dans les zones où des températures ambiantes élevées, un manque d'infrastructure stable, des petits élevages et une pénurie de devises étrangères sont monnaie courante. Par ailleurs, plus un vaccin est cher, moins les paysans seront en mesure de l'acheter, et plus la couverture vaccinale sera limitée. Le vaccin I-2 vivant thermotolérant avirulent contre la MN a été développé pour surmonter certains de ces problèmes. La vaccination devient plus facile par instillation oculaire et la réalisation d'une campagne vaccinale sera ainsi plus abordable.

Le vaccin I-2 conserve un titre d'infectivité supérieur plus longtemps s'il n'est pas exposé à la lumière du soleil, à la chaleur et aux changements fréquents de température. Selon notre référence (*Young 2012*), le vaccin liquide I-2 maintient son efficacité et peut être stocké durant deux semaines à 28°C au maximum. A noter toutefois que pour assurer une efficacité optimale, au cours de la production et dans les centres d'approvisionnement, le vaccin doit être stocké et manipulé correctement en tout temps car la chaîne de froid est une composante essentielle de tout programme de vaccination.

L'usage d'un moyen fiable et à prix abordable de contrôle de la MN tel que ce vaccin I-2 induit une augmentation de la production de poulets villageois, donc à un gain dynamique du cheptel, de plus que ce vaccin peut être administré même chez un poussin d'un jour d'âge. Conséutivement, grâce à une production accrue, le pouvoir d'achat des producteurs de poulets augmentera (*Young 2012*) ; et ceci contribuera formellement à l'amélioration de la sécurité alimentaire de la population. En effet, dans une étude des impacts socio-économiques des campagnes régulières de vaccination contre la maladie de Newcastle et le choléra aviaire, le gain moyen économique annuel (*GMEA*) par famille est estimé à 350.000,00 Ariary (*Ratovonanahary et al. 2014*). Enfin, il est à noter qu'en 2016, grâce à des campagnes de vaccination systématiques initiées depuis 2014 et avec les vaccins PESTAVIA® et AVICHOL® de l'IMVAVET™, la Région Analanjirofo a été reconnue respectivement par le deux Ministères chargés de l'Economie et de l'Elevage, l'une des Régions la plus productrice de poulet gasy à Madagascar.

VI. CONCLUSION

Compte tenu de la contagiosité de la maladie de Newcastle et de la mondialisation, il est du devoir de tous de se responsabiliser en faveur de la bonne santé aviaire, tenant compte de l'importance de ces êtres vivants dans la vie humaine non seulement alimentaire, mais aussi économique, donc du bien-être de tous surtout de ceux qui sont en permanence dans leur environnement d'où l'importance de la vaccination dont fait l'objet de notre publication. Cette maladie, dans ses formes lentogénique et mésogénique, n'a pas de répercussion grave. Tandis que la forme vélogénique est susceptible d'entraver les gens qui sont en contact permanents avec le monde aviaire, c'est-à-dire les éleveurs, car certaines souches virales peuvent attaquer le système nerveux et le système respiratoire ayant pour conséquence un abattement généralisé auxquelles l'être humain doit se méfier.

Dans cet ouvrage, nous avons décrit que l'utilisation du vaccin thermotolérant I-2PESTAKOHO® dans notre zone d'étude induit une production importante d'anticorps anti-NDV dans les systèmes de production des poulets villageois. L'application sur terrain du nouveau vaccin I-2PESTAKOHO® mis au point par l'IMVAVET™ s'avère prometteur pour le contrôle du MN compte tenu du résultat des tests d'innocuité et d'efficacité. De plus, ce vaccin est plus maniable pour les paysans. A noter qu'un rappel de quatre mois est de rigueur pour assurer la protection du cheptel contre l'effet de la circulation du virus de la maladie de Newcastle. Enfin, la sensibilisation à d'autres maladies importantes du poulet, et aux bonnes pratiques d'élevage fera de la production de poulet villageois une entreprise rentable qui améliorera les moyens de subsistance des communautés rurales.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier l'engagement des collègues de l'IMVAVET pour tous les travaux réalisés en rapport avec le vaccin I-2 depuis l'année 2014. Reconnaissance est également adressée à :

- Monsieur le Professeur titulaire émérite d'université Casimir H. RABENANTOANDRO
Diétologue et hygiéniste alimentaire (Bordeaux – Strasbourg)
Spécialiste en médecine tropicale (infectiologie et parasitologie)
Fondateur de l'académie de Médecine
Membre titulaire de l'Académie Malagasy (sections Sciences fondamentales et Sciences appliquées)
- nos collaborateurs internationaux de l'Université de Sydney, de Harvard University, de San Francisco Zoo USA, de Kyeema Foundation, et de l'AU-PANVAC.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alders RG, Spradbrow PB. Controlling Newcastle Disease in Village Chickens: a field manual. Australian Centre for International Agricultural Research. Monograph 2001, 82. 112p.
- Allan WH, Gough RE. A standard haemagglutination inhibition test for Newcastle disease. (1) A comparison of macro and micro methods. The Veterinary Record 1947; 95:120-23.
- Grimes S. A basic laboratory manual for the small-scale production and testing of I-2 Newcastle disease vaccine.
- FAO Animal Production and Health Commission for Asia and the Pacific; 2002, p. 136.
- OIE Terrestrial Manual 2012. Newcastle disease (infection with Newcastle disease virus). Chap. 2.3.14, 555-574.
- Rajaonarison JJ. Production de vaccin contre la maladie de Newcastle à Madagascar. Proceedings of a workshop on Newcastle disease vaccines for rural in Africa. FAO/PANVAC, Debre Zeit (Ethiopia) 22-26 April, 1991: 135-137.
- Rasamobelina AH, Molia S, Razafindraibe NP, Andriamananjara DE, Rakotomanana OD, Chevalier V. La maladie de Newcastle. Recherche interdisciplinaire pour le développement durable et la biodiversité des espaces ruraux malgaches. Antananarivo SCAC/PARRUR, Ed. MYE ; 2016, 269-303.
- Ratovonanahary MH et al. "Kristiana Mpanao Vaksiny - KMV" network, biological evaluation of Newcastle disease and fowl cholera vaccination campaigns and their socio-economic impact in Analanjirofo region, Madagascar. AU-PANVAC Publications, 2014.
- Van Boven M, Bouma A, Fabri THF, Katsma E, Hartog L, Koch G. Herd immunity to Newcastle disease virus in poultry by vaccination. Avian Pathology 2008, 37: 1-5.
- Young M, Alders R, Grimes S, Spradbrow P, Dias P, da Silva A, Lobo Q. Controlling Newcastle disease in village chickens: a laboratory manual. ACIAR Monograph 2002, 87,142p.
- Young M, Alders R, Grimes S, Spradbrow P, Dias P, da Silva A, Lobo Q. Le Contrôle de la Maladie de Newcastle chez les poulets de village: un manuel de laboratoire. 2e éd. Monographie ACIAR No. 87a. Centre Australien International pour la Recherche Agricole, Canberra ; 2012, 153p.

ANNEXE



Figure A : Sites faisant l'objet de la première application sur milieu réel du vaccin I-2PESTAKOHO®
(Source : Google Map)



Figure B : Maquette du nouveau vaccin thermotolérant I-2PESTAKOHO®
(Source : IMVAVET)

Figure D : Prélèvement du sang au niveau de la veine alaire (Source : IMVAVET)



Figure C : Système de marquage des poulets avec des bagues gravées (*Source : IMVAVET*)

16. Caractéristiques morphométriques et relation taille-poids chez le zébu malagasy « *bos taurus indicus* » (*linnaeus, 1758*)

RABEARIMISA Rivo Nirina, Rabenirina Zo Harinoro, Hantanirina Herisoa Isabelle, Ratsimbazafy Mandimbilaza Mihaja, Randriantsoa Maminaina, Raharimanitra Sitraka, Randrianariveloseheno Arsène, Rakotozandriny Jean de Neupomuscène

Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques – Université Antananarivo

Résumé :

Les activités liées à l'explosion démographique tendent à diminuer l'effectif du cheptel zébu une race emblématique de Madagascar. La présente étude propose de mieux connaître le zébu malagasy à travers ses traits morphométriques en vue d'établir une stratégie de préservation et de conservation de cette ressource zoogénétique. Au total, 544 individus ont été utilisés, sans distinction de sexe ni d'âge auprès du centre d'abattage d'Imerintsatosika, Madagascar en 2012. Des pesées et mensurations linéaires individuelles ont été effectuées. Les résultats montrent que les individus mâles (n=185) sont plus lourds (poids vif moyen : $322,57 \pm 49,33$ kg), plus longs (longueur totale moyenne : $217,27 \pm 14,04$ cm), plus grands (hauteur au garrot moyen : $120,65 \pm 5,36$ cm) et plus volumineux (tour de poitrine moyen : $161,17 \pm 9,60$ cm) que les animaux femelles (n=359), dont les mensurations moyennes sont de $213,59 \pm 28,23$ kg, $194,69 \pm 12,29$ cm, $112,14 \pm 4,20$ cm et $142,09 \pm 7,39$ cm, respectivement, pour le poids vif, la longueur totale, la hauteur au garrot et le tour de poitrine ($p < 0,0001$). La relation taille-poids a permis de développer des équations relativement fiables ($R^2 = 0,63$ à $0,85$) servant à estimer le poids vif de l'animal à partir des mensurations linéaires. Ces équations constitueront ainsi un outil d'aide dans l'établissement d'une stratégie de gestion et d'exploitation rationnelle et durable afin de préserver le patrimoine génétique du zébu malagasy.

Mots-clés : Zébus malagasy, poids vif, morphométrie, relation taille-poids, Madagascar

1- INTRODUCTION

Si Madagascar est caractérisé par sa richesse en biodiversité tant faunistique que floristique, le zébu malagasy constitue également l'une des fiertés de ce pays sur le plan national. Les cornes, sinon toute la tête, de cet animal apparaissent sur les emblèmes d'organisations sociétales malagasy mais, surtout, sur les sceaux officiels de la République de Madagascar. Ceci tend à indiquer le rôle primordial que joue le zébu sur les plans social, économique et culturel de la population de l'Île. Depuis quelques dizaines d'années, toutefois, une stagnation, voire une diminution de l'effectif du zébu malagasy est constatée pour diverses raisons parmi lesquelles les effets anthropiques ne sont certainement pas les moindres. Aussi, en vue de la conception d'une stratégie de préservation et de conservation de la ressource zoogénétique qu'est la race zébu malagasy, la présente étude a été entreprise afin de la caractériser sur le plan physique et morpho-métrique pour faire ressortir les traits morpho-métriques de l'animal.

2- MATERIELS ET METHODES

L'étude a été effectuée auprès d'un centre d'abattage communal situé à 20 km à l'Ouest de la capitale, Antananarivo, sur la route nationale n°1 (1300m d'altitude, $18^{\circ}59'$ de latitude Sud et $47^{\circ}19'$ de longitude Est) pendant une durée de 4 mois allant du mois de Mars au mois de Juillet 2012. Au total, 544 zébus de race locale (zébus malagasy) ont été étudiés dont 385 femelles et 185 mâles castrés sans distinction d'âge. Les animaux ont été achetés au marché hebdomadaire de bovidés de proximité et sont placés en stabulation au Centre durant la semaine d'abattage pendant laquelle ils bénéficient d'un pâturage naturel

aux alentours entre 8 :00 heures et 16 :00 heures ainsi que d'un abreuvement ad libitum. Avant leur abattage, des pesées et mensurations individuelles ont été effectuées très tôt le matin entre 2 :00 et 6 :00 heures. Le pesage est effectué avec une bascule électronique d'une portée maximale de 2 000 kg et une sensibilité de 500g pour le poids vif de l'animal avant l'abattage tandis que les mensurations linéaires ont été réalisées soit avec un ruban métrique souple de 10 m de long et une précision de 1 mm dont: **1-** la longueur totale de l'animal partant de la pointe antérieure de la tête (mufle) jusqu'à la pointe postérieure des fesses ; **2-** la longueur scapulo-ischiale allant de la pointe d'une des épaules jusqu'à la pointe de la hanche (ischion) du côté opposé ; **3-** le tour de poitrine mesuré juste en arrière du garrot et des coudes des membres antérieurs ; **4-** et le tour du ventre relevé juste devant les hanches, soit avec une toise en bois gradué en cm pour **a-** la hauteur au garrot de l'animal au sol ; **b-** et la hauteur au sacrum de l'animal au niveau de l'os du sacrum au sol (Dodo *et al.*, 2001). Les données obtenues ont été traitées avec le logiciel JMP/SAS 5.0.1.2.

Outre la statistique descriptive élémentaire utilisée au cours de la caractérisation morphométrique de la population à travers l'analyse qualitative et comparative (Dagnelie, 1986), une étude de l'état de développement corporel des animaux a été effectuée à travers deux ratios dont l'indice r_1 qui est le rapport entre la longueur scapulo-ischiale et la hauteur au garrot de l'animal permettant d'apprecier l'aspect morphologique général de l'animal et l'indice r_2 (rapport entre le tour de poitrine et la hauteur au garrot) rapportant le développement de la poitrine de l'animal à son format.

De plus, la relation taille poids a été utilisée afin d'identifier une ou plusieurs relation susceptible d'estimer le poids de l'animal à partir d'un paramètre linéaire d'utilisation facile à petite échelle. Cette relation est traduite par une équation de régression simple à une variable.

3- RESULTATS et DISCUSSION

3.1- Caractéristiques morphométriques

L'analyse comparative montre 2 sous populations distinctes ($p<0,0001$) dont celle des mâles castrés ($322,57\pm49,33$ kg) et celle des femelles ($213,59\pm28,23$ kg) (Figure 1).

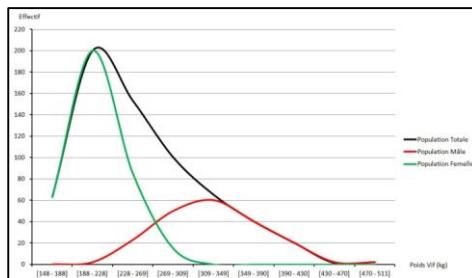


Figure 1. Distribution de l'effectif de zébus malagasy abattus en 2012 en fonction du poids vif et du Sexe.

D'un autre coté, l'analyse qualitative reflète une forte proportion des individus femelles (66% de femelles vs 34% mâles castrés) et que les animaux sont relativement de petite taille ($250,65\pm63,41$ kg) (Tableau 1).

Tableau 1. Caractéristiques morpho-métriques des zébus abattus à Imerintsiatosika en 2012

Caractère	Mâle	Femelle	Total échantillon
Effectif	185	359	544
PV* (kg)	$322,57_a\pm49,33$	$213,59_b\pm28,23$	$250,65\pm63,41$
HG* (cm)	$120,65_a\pm5,37$	$112,14_b\pm4,20$	$115,03\pm6,14$
HS* (cm)	$126,23_a\pm5,02$	$118,57_b\pm4,25$	$121,17\pm5,80$
LT* (cm)	$217,27_a\pm14,04$	$194,69_b\pm12,29$	$202,37\pm16,76$
LSI* (cm)	$101,76_a\pm6,26$	$91,44_b\pm5,91$	$94,95\pm7,76$
TP* (cm)	$161,17_a\pm9,60$	$142,09_b\pm7,39$	$148,58\pm12,21$
TV* (cm)	$182,74_a\pm11,97$	$162,95_b\pm9,97$	$169,68\pm14,22$

a, b,... : deux moyennes sur une même ligne non affectées du même indice différent ($p<0,0001$)

*PV : Poids vif ; HG : hauteur au garrot ; HS : hauteur au sacrum ; LT : longueur totale ; LSI : longueur scapulo-ischiale ; TP : tour de poitrine ; TV : tour du ventre.

Toutefois, les mâles sont plus lourds et de grand format (longueur, largeur et hauteur) par rapport aux femelles ($p<0,0001$) (Figures 2 à 4).

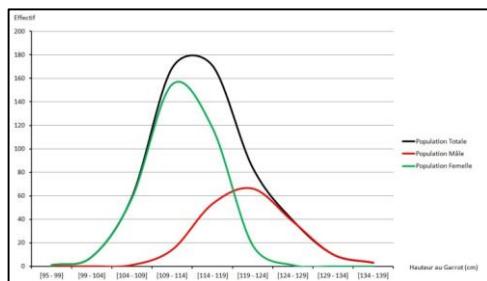


Figure 2. Distribution de l'effectif de zébus malagasy abattus en 2012 en fonction de la hauteur au garrot et du sexe.

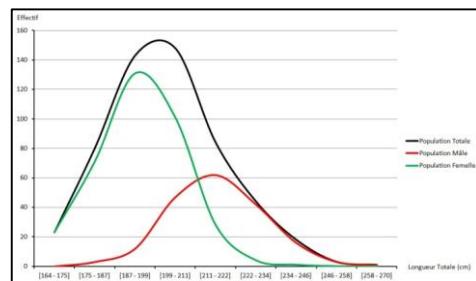


Figure 3. Distribution de l'effectif de zébus malagasy abattus en 2012 en fonction de la longueur totale et du sexe.

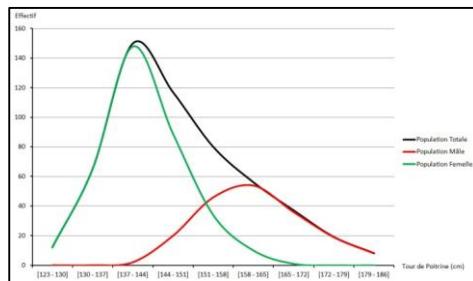


Figure 4. Distribution de l'effectif de zébus malagasy abattus en 2012 en fonction du tour de poitrine et du sexe.

Les résultats obtenus au cours de cette étude sont très en deçà de ceux de Serres *et al* (1968) quant au format, mais surtout le poids vif avant abattage des zébus malagasy. Pourtant, ce format pondéral est cohérent avec les constats de Serres (1971). Ceci se comprend de par le fait que, normalement, le zébu malagasy est un animal de format petit à moyen. Cependant, dans cette étude, l'abattage d'un très grand nombre de jeunes femelles de très petite taille ne peut que tirer vers le bas la moyenne de l'échantillon. Cette forte proportion de femelles abattues accentue également le dimorphisme sexuel constaté au niveau de la population d'étude.

Par ailleurs, ce dimorphisme est cohérent avec ce qui est constaté sur les autres races africaines (Rafenomanjato, 2011). D'une manière générale, déjà, les zébus des Hautes Terres de Madagascar sont plus légers que ceux des autres régions de l'Île (Lauvergne et Souvenir, 1992). De plus, ils sont de format plus petit que les zébus africains Azawak, Boran, Foulbé, Gobra, M'bororo (Pagot, 1985 ; Awadallah, 1992) ou les zébus Afrikander et Kouri (Atakem, 2006). Toutefois, le zébu malagasy peut présenter un format plus grand que certaines races africaines telles la Somba, le Baoulé, le Borgou et le Namchi (Pagot, 1985 ; Sauveroché *et al.* 1998 ; Dehoux *et al.* 2000 ; Adanlehoussi *et al.* 2003) ou le bovin Toupouri (Atakem, 2006) ou bien de format similaire au N'dama (Akouango *et al.* 2010) ou au Kapsiki (Sauveroché *et al.* 1998).

3.2- Croissance et développement

L'estimation du poids vif du zébu a mis en exergue deux équations bien distinctes pour les deux sexes pour trois grandeurs linéaires à corrélation acceptable avec le poids de l'animal (Tableau 2).

Tableau 2. Equation d'estimation du poids vif des zébus abattus à Imerintsiasosika en 2012 en fonction des grandeurs linéaires

Grandeurs (cm)	Sexes	Equations	R ²	SEr (kg)	Effectif
Tour de Poitrine (TP)	Mâles castrés	PV=127,08-1,88TP+0,0191TP ²	0,72	26,42	185
	Femelles	PV=-540,95+7,57TP-0,0159 TP ²	0,63	17,33	359
Hauteur au Garrot (HG)	Mâles castrés	PV=1762,52-29,66HG+0,1466HG ²	0,45	36,62	185
	Femelles	PV=1267,91-22,48HG+0,1164 HG ²	0,28	23,93	359
Longueur Totale (LT)	Mâles castrés	PV=185,36-1,06LT+0,0078LT ²	0,45	36,91	185
	Femelles	PV=-172,05+2,67LT-0,0035LT ²	0,31	23,43	359

PV=Poids Vif (kg); R²=Coefficient de détermination ; SEr=Erreur du modèle

D'après les similitudes constatées à travers les différentes courbes de distribution (Figures 2 à 4), des relations entre le poids et la taille de l'animal peuvent être construites afin d'instaurer un système d'estimation, du poids vif du zébu, simple et facilement applicable à la ferme pour l'agriculteur. De ces équations d'estimation, il est constaté que le développement corporel des zébus mâles est plus accéléré par rapport à celui des femelles (Figures 5 à 7).

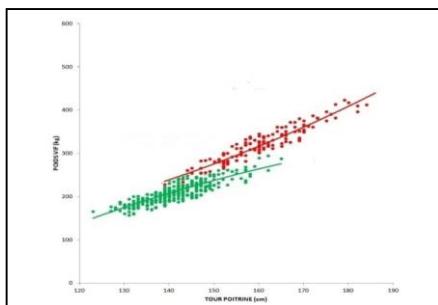


Figure 5. Courbes d'évolution du poids vif des zébus abattus à Imerintsiatosika en 2012 en fonction de leur tour de poitrine et selon leur sexe (mâle rouge, femelle vert).

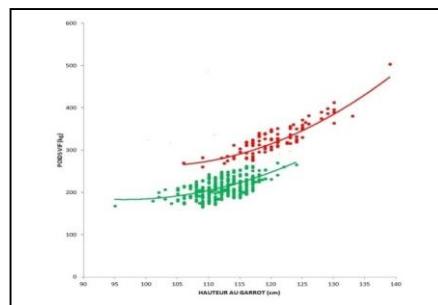


Figure 6. Courbes d'évolution du poids vif des zébus abattus à Imerintsiatosika en 2012 en fonction de leur hauteur au garrot et selon leur sexe (mâle rouge, femelle vert).

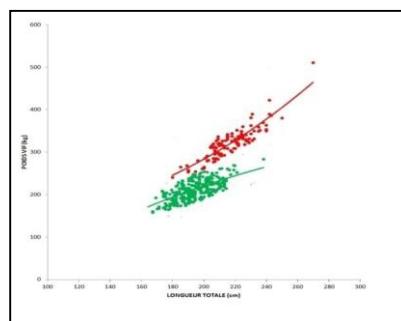


Figure 7. Courbes d'évolution du poids vif des zébus abattus à Imerintsiatosika en 2012 en fonction de leur longueur totale et selon leur sexe (mâle rouge, femelle vert).

Quant aux indices corporels, le zébu malagasy est un animal bréviligne, de style ramassé et compact ($r_1=0,83\pm0,05$). Par contre, le thorax est fortement développé ($r_2=1,29\pm0,07$) montrant ainsi un développement conséquent de la partie antérieure par rapport à la taille de l'animal (Tableau 3).

D'un autre côté, une différence significative est constatée entre mâles castrés et femelles pour ces indices ($p<0,0001$).

Tableau 3. Valeurs des indices corporels pour les zébus malagasy abattus à Imerintsiatosika en 2012

Population	Effectif	Indice r_1	Indice r_2
Totale	544	$0,83\pm0,05$	$1,29\pm0,07$
Mâles castrés	185	$0,84\pm0,04$	$1,34\pm0,06$
Femelles	359	$0,82\pm0,05$	$1,27\pm0,06$

Si l'un des objectifs de cette étude est la préservation de la ressource zoogénétique qu'est le zébu malagasy, l'une des solutions au problème consiste à fournir aux agriculteurs/éleveurs une méthode simple d'estimation du poids vif de ses animaux prévenant ainsi l'envoi à l'abattoir des jeunes animaux de faible poids. Ainsi, cette étude a montré que le tour de poitrine semble être la variable morphométrique la plus appropriée. Ce qui est conforme aux résultats trouvés sur les races taurines (Delage et al. 1995), et c'est certainement ce qui a permis à CREVAT de proposer sa fameuse équation de régression barymétrique : $p=mc^3$ (p =poids vif en kg ; c =périmètre thoracique/tour de poitrine en cm ; et m =paramètre variant en fonction de l'état d'embonpoint de l'animal) (Craplet, 1966). En tout cas, la relation entre le poids vif et le tour de poitrine n'est pas une relation linéaire (figure 5), d'où l'équation de régression quadratique proposée dans cette étude, une pour chaque sexe, mâle castré ou femelle. D'autres équations de régression sont aussi proposées pour les autres variables morphométriques, hauteur au garrot et longueur totale, mais pas pour le tour du ventre, la variable présentant le 2ème coefficient de corrélation le plus élevé, du fait de la difficulté à effectuer cette mesure, mais surtout du danger qui y est lié.

4- CONCLUSION

Cette étude a permis de confirmer que les zébus malagasy sont des bovins de taille petite à moyenne. Sur le plan morphométrique, le zébu malagasy est un animal de type bréviligne. Le dimorphisme sexuel est perceptible à travers le format et le développement corporel des animaux. Les mâles sont plus lourds, long, large et de grande hauteur par rapport aux femelles. Sur le plan barymétrie, le poids vif peut être estimé non seulement à partir du tour de poitrine de l'animal mais également avec la hauteur au garrot ou la longueur totale de l'animal. La facilitation de l'estimation du poids vif de l'espèce contribuerait certainement à l'établissement d'un outil de gestion et d'exploitation durable du cheptel dans un but de préservation de la ressource zoogénétique unique qu'est le zébu malagasy.

5- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADANLEHOUSSI, A., H. BASSOWA, A. DELFY, K. DJABAKOU, K. ADOMEFA et KOUAGOU. 2003. Les performances de la race taurine Somba en milieu paysan. *Tropicultura* 21(3) : 135-141.
- AKOUANGO, F., C. NGOKAKA, P. EWOMANGO et E. KIMBEMBE. 2010. Caractérisation morpho-métrique et reproductive des taureaux et vaches N'Dama du Congo. *Anim. Gen. Res.* 46 :41-47.
- ATAKEM, M. A. 2006. Contribution à la mise en place d'un système d'information sur le marché du bétail au Tchad. Thèse de Doctorat Ecole Inter Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires, Université de Dakar, Sénégal. 75p.
- AWADALLAH, M.A. 1992. Quelques données relatives à l'anatomie, à la zootechnie, à la reproduction et à la biochimie du zébu Gobra. Thèse de Doctorat Ecole Inter Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires, Université de Dakar, Sénégal. 73p.
- CRAPLET, C. 1966. De l'étable à l'assiette du consommateur. Traité d'élevage moderne. VIGOT Frères Ed. Paris VI^e. 486p.
- DAGNELIE, P. 1986. Théorie et méthodes statistiques : applications agronomiques. Vol.2. Presses Agronomiques de Gembloux, Belgique, 463p.
- DEHOUX, J. P. et A. VERHULST. 2000. Une race trypanotolérante méconnue : la Borgou. *Anim. Gen. Res. Info.* 13 : 39-45.
- DELAGE, J., J. POLY et B. VISSAC. Etudes de l'efficacité relative des diverses formules de barymétrie applicables aux bovins. *Ann. Zootech.* (III) : 219-231.
- DODO, K., V. PANDEY et M. ILLIASSOU. 2001. Utilisation de la barymétrie pour l'estimation du poids chez le zébu Azawak au Niger. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 54(1) :63-68.
- GILIBERT, J. 1974. Une nouvelle race bovine : le Renitelo. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.* 27(1) : 5-37.
- LAUVERGNE, J. et Z. SOUVENIR. 1992. Comparaison de deux populations de zébus malgaches par les distances génétiques biométriques. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.* 45(2) : 164-174.
- MEYER, C. 2002. Races d'animaux d'élevage en Afrique intertropicale et méditerranéenne : les bovins. Ministère de la coopération, France, CIRAD-IEMVT, 62p.
- PAGOT, J. 1985. L'élevage en pays tropicaux. Techniques agricoles et production tropicale. Ed. G. P. Moissonneux et Larose, 526p.
- RAFENOMANJATO, Z. 2011. Mouton de race locale malgache : caractéristiques morphométriques et barymétriques, cas des abattoirs dans la périphérie Sud-Ouest d'Antananarivo. Mém. fin d'études. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. Dép. Elevage. Université d'Antananarivo, Madagascar, 70p.
- SAUVEROCHE, B. et E. THYS, 1988. Pourquoi et comment préserver les races bovines Namchi et Kapsiki au Cameroun. *Anim. Gen. Res. Info.* 13 :23-37.
- SERRES, H. 1971. Zébus malgaches faces au besoin en viande. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.* 24(3) :460.
- SERRES, H., P. CAPITAINE, P. DUBOIS, R. DUMAS et J. GILIBERT. 1968. Le croisement Brahman à Madagascar. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.* 21(4) :519-561.

17. Elevage de Petits Ruminants : Prévalences et facteurs de risque de zoonoses abortives

RALINIAINA Modestine

Département de Recherches Zootechniques , Vétérinaires et Piscicoles, FOFIFA RAMAROSON Herilantonirina Solotiana Faculté de Médecine, Université d'Antananarivo ; RANIRISON Domohina Niaina, Département de Recherches Zootechniques, Vétérinaires et Piscicoles, FOFIFA ; RASAMOELINA Onintsoa, Département de Recherches Zootechniques, Vétérinaires et Piscicoles, FOFIFA ; RAVAOMANANA Julie, Département de Recherches Zootechniques, Vétérinaires et Piscicoles, FOFIFA ; RATSIMBAZAFIMAHEFA RAHANTALALAO Henriette, Faculté de Médecine, Université d'Antananarivo

Résumé

Introduction : L'élevage des petits ruminants constitue actuellement une des priorités dans les stratégies nationales de développement agricole. De par son cycle court et l'existence de marchés potentiels régionaux, la filière représente une source de revenus appréciable pour les éleveurs. Cependant, si les ovins et caprins sont des animaux capables de valoriser des pâturages de différents types, les maladies parasitaires et microbiennes occasionnent des mortalités plus particulièrement chez les jeunes réduisant ainsi la taille du cheptel. Parmi les maladies microbiennes, la situation des zoonoses infectieuses abortives, pouvant non seulement causer des avortements mais aussi nuire à la santé publique, reste encore mal connue. L'objet de cette étude est d'évaluer les prévalences de la Fièvre Q et de la Chlamydophilose chez ces deux espèces, de déterminer les facteurs de risque qui les influencent et de formuler des recommandations pour le contrôler de ces maladies.

Méthodes : Une enquête sérologique a été menée chez 125 ovins et 202 caprins répartis dans 6 communes du District d'Ambovombe, Région Androy. Deux kits commerciaux pour la détection d'anticorps ont été utilisés pour les analyses.

Résultats : Une conversion sérologique à la Fièvre Q a été observée chez 19,88% des individus analysés avec une variation significative en fonction du lieu, de l'espèce et du sexe. Pour la Chlamydophilose abortive, la séroprévalence est de 1,83% avec une variation en fonction du sexe et de l'âge.

Conclusion : Les agents infectieux de la Fièvre Q et de la Chlamydophilose abortive circulent chez les Petits Ruminants du District d'Ambovombe, Androy. Des facteurs de risque ont été identifiés et des recommandations formulées pour améliorer la conduite de la reproduction dans les élevages.

Introduction

Le cheptel de petits ruminants à Madagascar compte 2 313 000 têtes d'ovins et de caprins en 2014 (FAO) dont plus de 70% se trouvent dans le Grand Sud. La filière des Petits Ruminants constitue actuellement une des priorités dans les stratégies nationales de développement agricole. Quatre types de produits peuvent être fournis par la filière : lait, viande, laine/mohair et cuir. De par son cycle court et l'existence de marchés potentiels national et régional. La filière constitue une source de revenus appréciables pour les éleveurs. Cependant, si les ovins et caprins sont des animaux capables de valoriser des pâturages de différents types, les maladies parasitaires et microbiennes occasionnent des mortalités plus particulièrement chez les jeunes réduisant ainsi la taille du cheptel. Une étude épidémiologique par approche participative menée en 2015 a permis de connaître les pathologies dominantes des petits ruminants dans cinq districts de l'extrême Sud de Madagascar. Parmi les maladies microbiennes, celles qui provoquent des avortements sont les moins évoquées par les éleveurs qui en accordent peu d'importance, les avortons étant habituellement autoconsommés. Ainsi, la situation des zoonoses infectieuses abortives, pouvant non seulement causer des avortements mais aussi nuire à la santé publique, reste encore mal connue. Deux maladies zoototiques abortives les plus répandues dans le monde sont étudiées : la première est la Fièvre Q dont l'agent étiologique est la bactérie *Coxiella burnetii* signalée lors d'une épidémie chez l'homme en 1962 (Guio G. et Lemaigre C., 1964) et la seconde, la Chlamydophilose due à la bactérie *Chlamydophila abortus* et dont la situation est mal connue. Si l'avortement est une manifestation clinique commune aux deux maladies, la Fièvre Q est souvent accompagnée de syndromes fébriles et pseudo-gripaux tandis qu'il n'y a seulement qu'une hyperthermie passagère pour la Chlamydophilose. Les modes de transmission sont différents. La fièvre Q s'attrape par les piqûres de tiques infectées et par inhalation, et c'est la promiscuité pendant la période de mise qui favorise la transmission pour la Chlamydophilose. L'objet de cette étude est alors d'évaluer les prévalences des deux zoonoses les plus répandues dans le monde, la Fièvre Q et de la Chlamydophilose, chez les ovins et les caprins, de déterminer les facteurs de risque qui les influencent et de formuler des recommandations pour leur contrôle.

Matériels et méthodes

Une étude transversale et descriptive a été effectuée dans six communes du district d'Ambovombe Androy. Elle s'est déroulée durant l'année 2015, entre le mois d'Avril et le mois de Juin, puis les mois de Novembre et Décembre. Ce district a une taille de cheptel assez importante, avec une importance démographique remarquable par rapport aux restes de la Région Androy, ce qui représente un risque zoonotique élevé. Les communes ont été choisies en fonction du flux de petits ruminants ainsi que de leurs accessibilités (Figure 1).

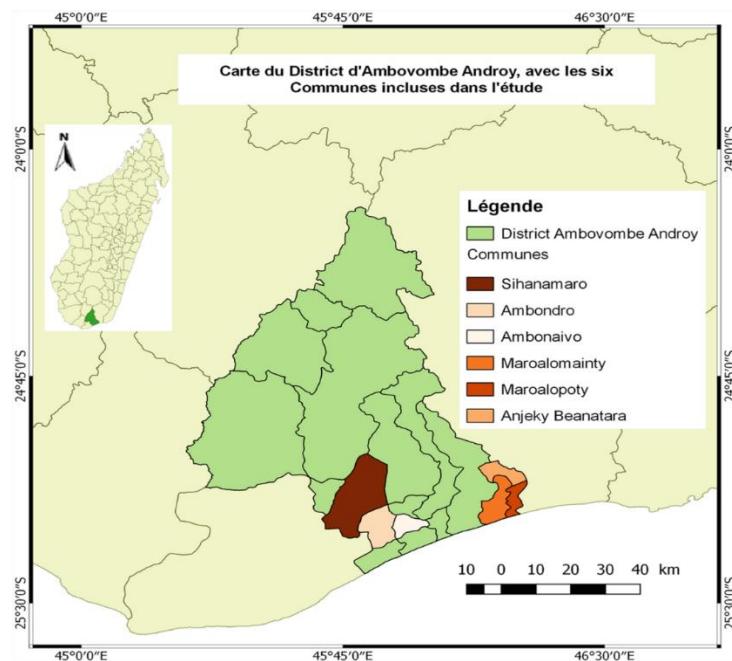


Figure 13 : District d'Ambovombe Androy avec les six communes incluses dans l'étude

Les prélèvements sanguins ont été effectués au niveau de la veine jugulaire des petits ruminants tout en respectant les règles d'asepsie. Tous les animaux des races existantes (locales, métissées et pures) de sexe mâle et femelle, et âgés à partir de deux mois ont été inclus dans l'étude. Seuls les petits ruminants dont les éleveurs ont accepté librement de participer à l'étude ont été prélevés. A chaque nouveau contact, le but de l'intervention ainsi que son importance et les risques relatives à l'intervention ont été communiqués et expliqués. Les animaux qui ont été jugés trop jeunes par l'éleveur, ainsi que les animaux en mauvais état général ou en gestation dont l'éleveur n'a pas consenti l'intervention n'ont pas fait objet de prélèvement.

La taille d'échantillon a été calculée en utilisant la formule $n = t^2 \times P (1-P) / e^2$ (n = nombre d'échantillons calculé, $t = 1,96$ qui est le niveau de confiance déduit du taux de confiance à 95%, $P = 33\%$ qui a été la limite maximale de la séroprévalence de la Fièvre Q observée chez les petits ruminants dans le continent Africain (Vanderburg et al., 2014), $P = 39\%$ pour la Chlamydophilose abortive selon la limite supérieure observée dans le monde à travers plusieurs enquêtes épidémiologiques (Hireche, 2014), $e = 0,05$ qui est la marge d'erreur fixée à 5%).

Les sérums récoltés ont été analysés au sein du laboratoire sérologique du Département de Recherches Zootechniques, Vétérinaires et Piscicoles du FOibem-pirenena momba ny FIkarohana ampiharina amin'ny Fampandrosoana ny eny Ambanivohitra (FOFIFA/DRZVP), sis à Ampandrianomby Antananarivo. Pour cela, les kits commerciaux « ID Screen® Q Fever Indirect Multi-species » et « ID Screen® Chlamydophila abortus Indirect multi-species » du laboratoire ID.Vet France ont été utilisés conformément aux protocoles respectifs proposés par le fabricant, afin de dépister respectivement la présence d'anticorps anti-*Coxiella burnetii* et anti-*Chlamydophila abortus* dans les sérums.

Les analyses statistiques ont été effectuées sous le logiciel R version 3.3.1. Le test Chi2 a été appliqué afin de déterminer l'existence significative d'une relation entre la conversion sérologique et les facteurs de risques des maladies, à condition que la fréquence des modalités des variables soit supérieure à cinq. Si cette condition n'est pas remplie, le test exact de Fischer a été appliqué. Le seuil de significativité a été fixé à 0,05 avec un intervalle de confiance à 95%. Pour l'analyse multivariée, la régression logistique a été adoptée. Les variables à inclure dans ce modèle sont celles qui ont préalablement présenté un degré modéré de significativité $\leq 0,20$ lors de l'analyse univariée.

Résultats

Au total, 327 sérum ont pu être analysés dont 125 sérum ovin et 202 sérum caprin. La séroprévalence globale a été de 19,88%, IC à 95% [15,77 - 24,71] avec 65 cas positifs pour la Fièvre Q et 1,83%, IC à 95% [0,75 - 4,15] avec 6 cas positifs pour la Chlamydophilose abortive.

Pour la Fièvre Q, les résultats de l'analyse univariée et multivariée sont présentés dans le tableau 1 et 2 suivants :

Tableau 3 : Analyse univariée de la séroprévalence de la Fièvre Q (*Coxiella burnetii*) chez les petits ruminants du District d'Ambovombe Androy, Madagascar

Variables	Positifs /testés	Séroprévalence/ [IC à 95%]	OR/ [IC à 95%]	p-value
Commune				
Ambonaivo	03/27	11,11/ [02,35-29,16]	1 (réf)	
Ambondro	20/43	46,51/ [31,18 - 62,35]	6,96/ [1,82 - 26,61]	0,005
Anjeky_Beanatara	10/26	38,46/ [20,23 - 59,43]	5,00/ [1,19 - 21,04]	0,028
Maroalimainty	05/75	06,67/ [02,20 - 14,88]	0,57/ [0,13 - 2,57]	0,466
Maroalopoty	04/15	26,67/ [07,79 - 55,10]	2,91/ [0,55 - 15,27]	0,207
Sihanamaro	23/141	16,31/ [10,63 - 23,46]	1,56/ [0,43 - 5,61]	0,497
Espèce				
Caprine	49/202	24,26/ [18,52 - 30,77]	1 (réf)	
Ovine	16/125	12,8/ [07,50 - 19,95]	0,46/ [0,25 - 0,85]	0,013
Sexe				
Femelle	46/188	24,47/ [18,50 - 31,25]	1 (réf)	
Mâle	19/139	13,67/ [8,43 - 20,52]	0,49/ [0,27 - 0,88]	0,017
Age				
≤ 1 an	13/110	11,82/ [06,45 - 19,36]	1 (réf)	
1 à 2 ans	13/68	19,12/ [10,59 - 30,47]	1,76/ [0,76 - 4,07]	0,184
] 2, 3 ans	19/69	27,54/ [17,46 - 39,62]	2,84/ [1,30 - 6,21]	0,009
> 3 ans	20/80	25,00/ [15,99 - 35,94]	2,49/ [1,15 - 5,37]	0,020

Tableau 4 : Analyse multivariée par régression logistique de la séroprévalence de Fièvre Q (*Coxiella burnetii*) chez les petits ruminants du District d'Ambovombe Androy, Madagascar

Variables	OR ajusté	[IC à 95%]	p-value
Commune			
Ambonaivo	1 (réf)		
Ambondro	7,31	[1,81 - 29,54]	0,005
Anjeky_Beanatara	5,30	[1,18 - 27,76]	0,029
Maroalimainty	0,88	[0,17 - 4,57]	0,878
Maroalopoty	2,62	[0,47 - 14,66]	0,272
Sihanamaro	0,96	[0,25 - 3,72]	0,953
Espèce			
Caprine	1 (réf)		
Ovine	0,33	[0,13 - 0,83]	0,019
Sexe			
Femelle	1 (réf)		
Mâle	0,31	[0,16 - 0,61]	<0,001

Pour la Chlamydophilose abortive, les résultats positifs sont observés dans 3 communes et sont présentés dans le tableau 3 suivant :

Tableau 5 : Séroprévalence par commune de la Chlamydophilose abortive (*Chlamydophila abortus*) chez les petits ruminants du district Ambovombe Androy, Madagascar

Communes	Effectif N= 327	Séroprévalence(%) (N=6)	IC à 95 %
Ambonaivo	27	0	[0 - 0]
Ambondro	43	6,98 (n=3)	[1,46 - 19,06]
Anjeky_Beanatara	26	0	[0 - 0]
Maroalimainty	75	0	[0 - 0]

Maroalipoty	15	13,33 (n=2)	[1,66 - 40,46]
Sihanamaro	141	0,71 (n=1)	[0,02 - 3,89]

Comme le nombre de cas observé a été assez faible, cela n'a pas permis de faire une comparaison entre les communes ni de réaliser une analyse multivariée. En fonction du sexe, ces cas positifs ont tous été observés chez les femelles, avec une séroprévalence de 3,19% (p-value = 0,04). En fonction de l'âge, Les petits ruminants séropositifs sont apparemment plus âgés que les séronégatifs, avec une moyenne d'âge respectif de $37,50 \pm 8,85$ mois contre $28,34 \pm 19,82$ mois (p-value = 0,016). Par contre, il n'y a pas de différence statistiquement significative en fonction de l'espèce.

Discussion et recommandations

Concernant la Fièvre Q :

La majorité des sérum présentent des valeurs de densité optique très élevée, suggérant des infections récentes. La séroprévalence observée est comparable à celles des pays africains (Vanderburg et al., 2014) mais elle est légèrement supérieure à la moyenne observée au niveau mondial (Guatteo et al., 2011). La séroprévalence plus élevée dans les communes Ambondro et Anjeky Beanatara pourrait s'expliquer par la présence de marchés hebdomadaires de bestiaux essentiellement de petits ruminants qui occasionnent la circulation d'un grand nombre d'animaux, le mode de transmission par le vent amplifiant la dissémination de la maladie. Le marché du bétail a été également identifié comme facteur de risque en Allemagne en 2003 (OIE, 2010). Pour le facteur de risque liée à l'espèce, on constate que les caprins sont les plus touchés par rapport aux ovins. L'activité reproductrice caprine étant plus élevée, le risque serait plus grand. Le même résultat a été obtenu en Portugal (Anastàcio et al., 2013) et en Gambie (Klaasen et al., 2014). En ce qui concerne le sexe, comme c'est une maladie abortive, ce sont les femelles qui sont les plus exposées à l'agent pathogène et qui montrent des signes cliniques, tel que ça a été démontré en Iran (Ezadkhah et al., 2015) et au Pakistan (Zahid et al., 2016). Quant au risque lié à l'âge, il semble que plus l'animal prend de l'âge plus il s'exposerait à la maladie.

Concernant la Chlamydophilose abortive :

La séroprévalence observée a été inférieure à la plupart des valeurs décrites dans le monde, comme celle observée en Tunisie (Rekiki et al., 2005). Le test ELISA Indirect utilisé favoriserait le dépistage de *Chlamydophila abortus* chez les femelles adultes, plutôt que chez les jeunes et les mâles (Rodolakis, 1988). Ce qui pourrait expliquer en partie l'absence d'observation de cas sérologiques chez les jeunes et les mâles. Néanmoins au Tibet, l'utilisation du test IHA en 2013-2014 a permis de mettre en évidence une positivité plus élevée chez les mâles que chez les femelles (Quin et al., 2014). Comme facteurs de risque, comme pour la Fièvre Q, l'âge et le sexe semblent influencer l'exposition à la maladie. Les femelles seraient beaucoup plus prévalentes que les mâles et les taux de prévalence augmentent avec l'âge.

Les recommandations qui ressortent de cette étude sont axées sur la sensibilisation des éleveurs sur l'importance des pratiques d'hygiène dans l'élevage notamment lors des périodes de mise-bas, sur la surveillance épidémiologique active des zoonoses abortives par la Direction des Services Vétérinaires et le Ministère de la Santé Publique pour connaître l'étendu de ces infections au niveau national afin de mieux les contrôler, les femmes étant les plus exposées car elles s'occupent principalement des élevages de Petits Ruminants et enfin en matière de recherche, la caractérisation des souches bactériennes circulantes.

Conclusion

L'étude sérologique menée du District d'Ambovombe, Androy, a permis de montrer la circulation des agents infectieux de la Fièvre Q et de la Chlamydophilose abortive chez les Petits Ruminants. Les principaux facteurs de risque tels que les marchés du bétail, le sexe et l'âge ont été identifiés et des recommandations sont formulées pour améliorer la conduite de la reproduction dans les élevages et la surveillance des maladies.

Remerciements

Nos remerciements sont adressés au Projet HOBA / ASARA (Programme Amélioration de la Sécurité Alimentaire et des Revenus Agricole) coordonné par le GRET – Professionnels du Développement Solidaire et financé par l'Union Européenne, au Département de Recherches Zootechniques, Vétérinaires et Piscicoles du FOFIFA (Centre National de la Recherche Appliquée au Développement Rural), à l'AVSF (Agronomes et Vétérinaires Sans Frontières) et à tous ceux qui ont contribué à la réalisation pratique, technique et scientifique de cette étude. Nous dédions également ce travail à la mémoire du Dr RAVAOMANANA Julie.

Références bibliographiques

- Anastàcio S, Tavares N, Carolino N, Sidi-Boumedine K, da Silva GJ., 2013. Serological evidence of exposure to *Coxiella burnetii* in sheep and goats in Central Portugal. Vet Microbiol. 167, 500-5.

- Ezadkhah, M., Alimolaei, M., Khalili, M., Sharifi, H., 2015. Seroepidemiological study of Q Fever in small ruminants from Southeast Iran. *J Infect Public Health* 8, 170-6.
- Guatteo R, Seegers H, Taurel A-F, Joly A, Beaudeau F., 2011. Prevalence of *Coxiella burnetii* infection in domestic ruminants: A critical review. *Vet Microbiol.* 149, 1-16.
- Guiot G, Lemaigre C., 1964. Epidémie de Fièvre Q à Tuléar (République Malgache). *Bull Soc Path Ex.* 57, 244-50.
- Hireche, S., 2014. L'avortement enzootique des brebis: séroprévalence et caractérisation moléculaire de *Chlamydia abortus* dans la Wilaya de Constantine (Médecine Vétérinaire). Constantine.
- Klaasen M, Roest H-JIJ, van der Hoek W, Goossens B, Secka A., 2014. *Coxiella burnetii* seroprevalence in small ruminants in the Gambia. *PLoS ONE.* 9, 1-6.
- OIE., 2010. Fièvre Q - Fiche d'information générale sur les maladies. OIE [En ligne]. [Consulté le 8 juin 2016]. Consultable à l'URL: <http://www.oie.int/doc/ged/D14000.PDF>
- Quin, S.-Y., Yin, M.-Y., Cong, W., Zhou, H., Zhang, X.-X., Zhao, Q., 2014. Seroprevalence and risk factors of *Chlamydophila abortus* infection in Tibetan Sheep in Gansu province, Northwest China. *Sci World J.* <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1155/2014/193464>
- Rekiki, A., Thabti, F., Dlissi, I., Russo, P., Sanchis, R., Pepin, M., 2005. Enquête sérologique sur les principales causes d'avortements infectieux chez les petits ruminants en Tunisie. *Rev Med Vét* 156, 395-701.
- Rodolakis, A., 1988. Diagnostic de la chlamydiose abortive. *Ann Rech Vét* 19, 213-20.
- Vanderburg, S., Rubach, M., Halliday, J., Cleaveland, S., Reddy, E., Crump, J., 2014. Epidemiology of *Coxiella burnetii* Infection in Africa: A OneHealth Systematic Review. *PLoS Negl Trop Dis* 8, 1-10.
- Zahid, M., Hussain, M., Saqib, M., Neubauer, H., Abbas, G., Khan, I., 2016. Seroprevalence of Q Fever (Coxiellosis) in Small Ruminants of Two Districts in Punjab, Pakistan. *Vector-Borne Zoonotic Dis.* <https://doi.org/DOI: 10.1089/vbz.2015.1852>
- RASAMOELINA O., RAVAOMANANA J. et RATSIMBAZAFIMAHEFA RAHANTALALAO H.

18. **Paratilapia polleni BLEKER (1868) : Biologie et élevage**

RAFDIARIMALALA Odette¹, RALAMBOMANANA Justin²

¹DRZVP / FOFIFA Ampandianomby, ²DBA ESciences Antananarivo

Paratilapia polleni est un poisson endémique de Madagascar, abondant auparavant ; elle possède une vaste aire de répartition occupant presque les 2/3 de l'île. Seules les zones montagneuses, les vastes régions arides du Sud et quelques zones de l'Ouest n'en contiennent pas ; on n'en trouve pas non plus dans les régions à altitude supérieure à 1400m : Bealanana, Antsohihy, Befandriana, Ankaratra, Andringitra.

Son nom vernaculaire varie suivant les régions : elle possède de nombreux synonymes. C'est l'espèce autochtone de la famille des Cichlidés la plus répandue à Madagascar. Elle vit dans beaucoup de plans d'eau : rivières, fleuves, étangs, marais, lacs, lagunes (zones peu salées) fréquemment dans les rizières.

Du point de vue écologique, c'est une espèce très élastique : elle supporte de grandes variétés de climats, ainsi que des eaux très diverses quant à leur composition chimique particulièrement leur pH. Elle est peu sensible aux conditions particulières du milieu .En zones montagneuses, elle est limitée par le facteur température. Elle résiste bien si cette dernière ne descend pas au-dessous de 12°-13°C correspondant aux altitudes 1500m.

C'est une espèce très prisée, recherchée sur le plan gastronomique, renommée par sa chair excellente, savoureuse, blanche, ne contenant que peu d'arêtes. C'est, avec l'Anguille, le poisson de luxe des habitants du plateau ; même actuellement, les passionnés ressentent son goût dans leur bouche dès qu'ils entendent en parler.

Ce poisson devient de plus en plus rare et actuellement on n'en trouve plus sinon on en voit mais rarement

Matériels et méthodes.

C'est une des espèces élevées, étudiées avec *Tilapia nilotica*, *Cyprinus carpio*, dans la station de recherches forestières et piscicoles de Marolafa/Beforona située au Moyen-Est de l'île à 160km de la capitale.

Il existe 13 étangs d'élevage et 10 rizières de dimensions comprises entre 0,75 et 2ares. Ces bassins sont alimentés en eau par une source située sur le flanc d'une montagne pendant toute l'année, avec étiage clément d'octobre à décembre n'ayant pas d'influences importantes sur les activités piscicoles cependant.

Il n'y a pas de construction en dur : les canaux d'aménées sont à ciel ouvert ou faits en bambou : systèmes de digues percées.

La technique d'étude consiste à capturer quelques individus pour en faire des observations et mener les recherches : pesage, mensuration, abattage des capturés.

La présentation comprend 2 parties : biologie puis élevage de l'espèce Paratilapia polleni

Biologie

Les caractères métriques.

Les études des caractères métriques ont donné les informations suivantes :

Le corps est comprimé latéralement, recouvert d'écailles, assez trapu. Le rapport moyen entre certaines parties du corps montre que la longueur totale de l'animal est :

- 3,9 fois la hauteur maximum
- 3,14 fois la longueur de la tête
- 7,5 fois la hauteur minimale

Le diamètre de l'œil est compris dans 4,73 fois dans la longueur de la tête.

Le profil de la tête est oblique pour les jeunes sujets et excavé au devant de l'œil pour les adultes. L'animal possède deux narines. La bouche est très protractile.

Par rapport à la longueur de la tête : est contenue dans 2,41 fois,

Le rayon mou de la ventrale dans 1,75 fois,

L'épine anale est contenue dans 2,34 fois.,

Etudes des caractères méristiques :

Les nageoires :

Par rapport à la longueur de la tête :

L'épine de la dorsale est contenue dans 2,52 fois la longueur de la tête ;

Le rayon mou de la dorsale dans 1,82 fois ;

L'épine ventrale est contenue dans 2,41 fois ;

Le rayon mou dans 1,75 fois ;

L'épine anale est contenue dans 2,34 fois

Les rayons mous de l'anale dans 1,75fois,

La pectorale dans 1,83

Les épines de la nageoire dorsale sont croissantes d'avant en arrière

Il existe 9 vertèbres caudales et 11vertèbres précaudales

Formules des nageoires : D XI -XII 10 - 12. A 111 8 - 11. P 12. V 1 5

Les écailles

Peu de Téléostéens ont la peau nue. L'opercule est couvert de grandes écailles ; tout le corps de ce poisson est aussi couvert d'écailles imbriquées, cycloïdes. Il existe 6 séries d'écailles cténoïdes sur la joue. La ligne latérale supérieure débute juste en arrière du bord postérieur de l'opercule ; elle est percée de 16 à 19 écailles. La ligne latérale inférieure commence au niveau de la fin de la première ligne, passe par 12 à 14 écailles. Après observation et comptage la formule des écailles est la suivante : $3^{1/2} - 4^{1/2}[28-30]12^{1/2}$.Sous la chambre branchiale, se trouvent les arcs brachiaux et le premier porte 9-11 branchiospines.

Alimentation

L'abattage de 55 individus de différente taille informe sur les différentes proies capturées par ce poisson.

- Phytoplancton (oscillaires notamment)
- Zooplancton, crustacés, rotifères, cladocères, larves d'insecte.
- Vers de terre
- Détritus organiques
- Différentes couvertures biologiques

Chez les femelles ovigères, il est remarqué qu'elles sont toutes oviphages : il en existe une centaine ; il reste à savoir si elles mangent leurs propres œufs ou bien ceux des Tilapia nilotica qui habitent avec elles. La courbe représentant la variation de la LTD (longueur du tube digestif) et celle de LS (longueur standard) représente une droite ; on en déduit que l'alimentation des petits sujets est la même que celles des grands.

Il existe une certaine incertitude concernant la systématique des proies à cause de la rapidité de la digestion et ces capturés sont déjà en grandes parties bien détruits lors de l'observation et du comptage.

Reproduction

La reproduction se fait lorsque la température est comprise entre 20 et 26°C. Une femelle pond 3-4fois en une année ; octobre - avril. Les œufs sont petits environ 0,5 mm de diamètre. Le nombre d'œufs dans les ovaires est très variable et ne dépend pas de la taille de l'animal : 1770 – 2220 œufs pour des femelles de 9,5 à 11 cm ; les petits individus en ont souvent beaucoup ; KIENER en 1963 en a trouvé le maximum : 3600 chez une grosse femelle

Elevage de Paratilapia polleni

L'élevage est entrepris au niveau des différentes installations existantes dans la station; à la lumière des informations acquises, on pourra indiquer les techniques convenables à l'espèce ainsi que les causes de sa raréfaction.

- Elevage en rizière
- Elevage en étangs (mono spécifique)
- Elevage en étangs (en association avec *Tilapia nilotica*)

Rizières, étangs d'élevage sont fertilisés avec de la bouse de vache pour 150kg à l'are La végétation immergée abondante permet le développement du plancton, du périphyton ainsi que les couvertures biologiques : les poissons en sont très friands, nourritures naturelles ; en plus le cheptel reçoit aussi de la nourriture artificielle riche en protéines pour 5% de la biomasse, tous les matins à la même heure.

Dans ces 3 systèmes écologiques :

- La densité d'élevage est 50 individus/are ;
- Au déversement, taille est homogène : 3cm ;
 - Les échantillonnages sont réguliers : à 1mois ; 2mois, 3mois après déversement
 - La récolte est effectuée 4mois après déversement

Elevage mono spécifique en rizière

Les dimensions des rizières sont de 1 – 2 ares : l'objectif en est de produire simultanément du paddy et élever des poissons : sources de protéines qui manquent beaucoup à Madagascar. Il est tenu à ce qu'il y ait :

- maîtrise d'eau : diguettes surélevées à 50 cm pour empêcher la fuite de poisson et éviter les risques de submersion.
- entrées et sorties d'eau munies de filtre, à vide de maille très fine environ 1mm pour empêcher toute intrusion : prédateurs, parasites, concurrents alimentaires, concurrents spatiaux.
- drains périphériques : fossés larges de 40 – 50 cm, profonds de 40 – 50 cm creusés sur le pourtour de la rizière, au moment même du labour, au pied des diguettes et permettent la circulation des poissons dans un volume d'eau convenable.
- Le déversement des alevins dans les rizières et dans les étangs se fait au même moment 15 jours après le repiquage (pour que les poissons, tant dans les rizières que dans les étangs aient la même durée de croissance).

Interprétation

Après 1mois d'élevage, les poissons en élevage monospécifique ont une croissance normale.

- En élevage en association avec *Tilapia nilotica*, les alevins n'ont pas cru : 3cm après 1mois d'élevage; ils mènent une vie inerte.
- On note une différence de taille dans les différents systèmes d'élevage, mais le pire des cas est celui de l'élevage en association avec *Tilapia nilotica* (3cm après 1mois d'élevage)
- Dans les 2 systèmes d'élevage monospécifique, les meilleurs taux de survie et croissance, sont ceux des rizières.

Les résultats obtenus dans ces 3 systèmes d'élevage : monospécifiques en rizière, en étang, et ceux obtenus en association avec *Tilapia nilotica* montrent que - l'élevage en association ne convient pas du tout à l'espèce : - taux de survie 5%, - croissance, développement très lents : les Marakely mènent une vie inerte : ils végètent ; cependant en élevage mono spécifique, croissance et taux de survie sont normaux

Ces faits avèrent que *Paratilapia polleni* ne supporte pas la cohabitation avec *Tilapia nilotica*.

Ces 2 espèces sont omnivores ; le dominé (Marakely) ne reçoit que la nourriture laissée par *Tilapia nilotica* (dominant) (s'il en existe encore). Ce sont des concurrents alimentaires. De l'autre côté l'espèce *Paratilapia polleni* est mis dans petit coin : ils occupent la périphérie du bassin (1/10 de la surface) sans oser bouger même pas, dès qu'il est avec *Tilapia nilotica* : c'est donc aussi son concurrent spatial (pour l'espace).

Les faits constatés sont expliqués par la brève historique de l'espèce *Paratilapia polleni*, qui abondait auparavant à Madagascar, couvrant presque les 2/3 de l'île : mais depuis une cinquantaine d'année, l'espèce devenait de plus en plus rare pour devenir rare. C'est juste après l'introduction de *Micropteru*

salmonides (Black bass) ainsi que celle de Tilapia nilotica : les preuves sont tangibles dans ces recherches menées dans la station de Marolafa/Beforona : ces faits sont aggravés par l'introduction clandestine d'Ophiocephalus striatus (Fitaba) dans toute l'île. International Union For Conservation of Nature a lui-même confirmé cette raréfaction dans ses différentes publications.

Entre autres raisons, Tilapia nilotica, Micropterus salmonides (Black bass), Ophiocephalus striatus (Fitaba), sont donc des pestes pour l'espèce endémique de Madagascar.

Conclusion

L'espèce devient rare, en voie de disparition. Si on veut, l'épargner, qu'elle ne soit pas éclipsée à jamais de ce globe, mieux vaut la protéger en pratiquant son élevage mono spécifique, avec les différents aménagements préalables (comme il est entrepris dans la station de Beforona/Marolafa) pour l'isoler des prédateurs, des concurrents alimentaires, des concurrents spatiaux.

Il est temps de renflouer cette épave si longtemps réduite à une abjection, portant une richesse de Madagascar.

ECOSYSTEMES

19. Enherbement des différentes zones de culture dans le district de Mahanoro (Madagascar)

RAKOTONDRAZAKA Joela Fitahiantsoa¹, RANDRIAMAMPIANINA Jean Augustin², ANDRIANAIVO Alain Paul², ANDRIANAVALONA R. Voahangy², RAMAMONJIHASINA Maminirina Marcel², RAFIDISON Verohanitra²

¹Département du Biologie et Ecologie Végétales de l'Université d'Antananarivo, ²Département de la recherche agronomique du FOFIFA et Département du Biologie et Ecologie Végétales de l'Université d'Antananarivo

INTRODUCTION

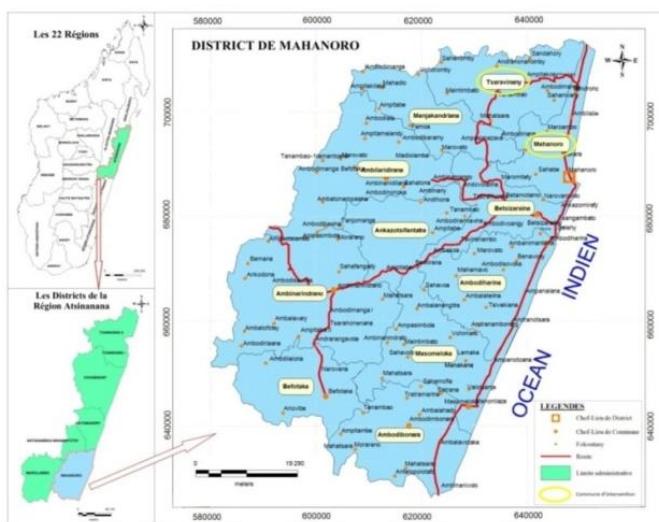
Parmi les nombreux ennemis des cultures, les mauvaises herbes ou adventices occupent encore une place très importante. Pourtant, dans la majeure partie des pays en voie de développement, comme Madagascar, l'économie du pays repose encore sur l'agriculture (MINTEN et al. 2003). Des interventions gouvernementales, ainsi que des projets d'étude et de lutte contre ces plantes sont, par conséquent, indispensables et incités si on veut encore espérer une augmentation de la production agricole notamment au niveau national puis mondial. Dans le District de Mahanoro, chaque type de culture, souffre encore des invasions des adventices. Des études approfondies sur la caractérisation des enherbements des différentes zones correspondant à différent type de cultures ont été ensuite menées pour enrichir la base de données des adventices de la région et d'en apporter postérieurement des moyens de lutte. Les hypothèses suivantes ont été avancées: en fonction des types de cultures, la richesse floristique des adventices varie et le degré de nuisibilité change. Pour vérifier ces hypothèses, nos objectifs spécifiques sont d'identifier les zones et les types de culture correspondante, puis d'inventorier, de caractériser et d'identifier les adventices de chaque type de culture enfin de déterminer les espèces potentiellement les plus nuisibles.

I Matériel et méthodes

I.1 Localisation du milieu d'étude et choix du site

Le District de Mahanoro se situe dans la partie sud de la Région Atsinanana (Madagascar). Le District comporte 11 communes dont deux de ces communes font partie de notre zone d'étude : la commune de Mahanoro et la commune de Tsaravinany (Carte 1). Plusieurs zones ont été identifiées mais deux seulement sont présentées dans cette étude :

- **Zone 1 ou plaines marécageuses (horaka) et les bas-fonds correspondant à la culture de riz.** C'est la culture la plus importante dans le District de Mahanoro.
- **Zone 2 ou milieu littoral correspondant à la culture d'ananas et de manioc** qui se trouve en majeur partie sur les sols peu évolués dunaire ou sableux mais on le rencontre également sur les sols ferrallitiques en pente.



Carte 1 : Localisation du District de Mahanoro et les deux communes d'intervention

Le choix du site repose sur les trois critères suivants : l'homogénéité des conditions écologique apparentes, l'homogénéité de la composition floristique et enfin l'existence des terrains de culture. Ainsi, 4 sites répondent à ces critères. Ils sont: Ampitakihosy, Miakara, Sahanondra et Androhomanasa.

I.2. Relevé floristique

La méthode utilisée est la méthode de tour de champ (LE BOURGEOIS, 1993) qui consiste à parcourir la parcelle dans différentes directions jusqu'à ce que la découverte d'une espèce nouvelle nécessite un parcours important. Durant ce parcours, deux observations ont été réalisées : la première permet d'effectuer un relevé qualitatif le plus exhaustif que possible de la flore parcellaire, en notant leur nom vernaculaire ou leur nom scientifique, la deuxième observation, plus rapide, a été faite pour affecter un Indice d'Abondance-Dominance (IAD) à chaque espèce. Cet indice a été évalué à partir de l'échelle modifiée de Braun-Blanquet en 1932 noté de 1 à 5. (LE BOURGEOIS, 1993 ; LEBRETON et LE BOURGEOIS, 2005 et TOURE et al., 2008).

I.3. Analyse des données

Les données recueillis ont été analysées selon une approche qualitative et quantitative. L'analyse floristique qualitative a permis de définir la composition de la flore adventice des cultures de la zone d'étude tandis que l'analyse floristique quantitative repose sur l'étude de la fréquence relative et de l'indice d'abondance dominance moyenne (IADM). Ainsi, la projection des espèces sur un diagramme où sont portées en abscisse leur fréquence relative et en ordonnée leur indice d'abondance-dominance moyenne permet de différencier les espèces selon leur « degré d'infestation » ou « niveau d'infestation », donc de leur importance agronomique (LOUDYI, 1985 ; LE BOURGEOIS et GUILLEM, 1995). On obtient par la suite, un diagramme appelé « diagramme d'infestation » qui montre les différents groupes des adventices. Ces différents groupes sont : « Adventices majeures générales » $Fr \geq 50\%$, $IADM \geq 2$; « Adventices majeures régionales » $25\% \leq Fr < 50\%$, $IADM \geq 2$; « Adventices majeures locales » $Fr < 25\%$, $IADM \geq 2$; « Adventices générales ». $Fr \geq 50\%$, $IADM < 2$; « Adventices régionales » $25\% \leq Fr < 50\%$, $IADM < 2$; « Adventices mineures ».

II. Résultats

II.1. Richesse floristique

Sur les 40 relevés effectués dont 20 pour chaque zone, 114 espèces d'adventices ont été trouvées. Elles sont reparties en 80 genres et appartenant à 37 familles botaniques. Le tableau 1 donne la répartition taxonomique des adventices sur les deux (02) zones étudiées. Il indique que la zone 2 comporte le plus d'espèces d'adventices avec 47 Dicotylédones qui contribuent à 64,38%, 24 Monocotylédones (32,87%) et 2 Fougères (2,73%) soit 73 espèces. La zone 1 est moins pauvre et ne compte que 56 espèces avec 25 Dicotylédones, 28 Monocotylédones et 3 Fougères.

Tableau 1 : Répartition taxonomique des adventices sur les deux zones étudiées

Paramètres	Zone 1		Zone 2		Total	
	Nombre	Contribution (%)	Nombre	Contribution (%)	Nombre	Contribution (%)
Dicotylédones	25	44,64	47	64,38	64	56,14
Monocotylédones	28	50	24	32,87	45	39,47

Fougères	3	5,35	2	2,73	5	4,38
Nombre de Familles		20		27		37
Nombre de Genres		35		60		80
Nombre d'espèces		56		73		114

Dans la zone 1, deux familles dominent nettement le milieu : Poaceae avec 14 espèces et Cyperaceae qui contient 12 espèces. Pour la zone 2, on observe cinq familles dominantes : Cyperaceae (11 espèces), Poaceae (11 espèces), Asteraceae (10 espèces) Fabaceae (9 espèces) et Malvaceae (6 espèces).

II.2. Importance agronomique

L'analyse de la relation entre la fréquence relative des espèces et leur abondance-dominance moyenne met en évidence 6 groupes d'espèces, reflétant leur potentiel de nuisibilité, donc leur importance agronomique. Ces différents groupes (Tableau 2) sont :

- **Groupe 1** : « Adventices majeures générales ». Ce sont les espèces les plus nuisibles. Leur grande adaptation à l'environnement agricole leur confère un potentiel d'envahissement des parcelles très important. Dans la zone 1, elles sont représentées par *Leersia hexandra* et *Fuirena umbellata*. Dans la zone 2, une seule espèce est trouvée comme « adventice majeure générale » : *Stenotaphrum dimidiatum*.
- **Groupe 2** : « Adventices majeures régionales ». Ce sont des espèces à amplitude écologique large ou moyenne ($25\% < Fr < 50\%$) dont la présence est liée à des facteurs mésologiques d'ordre régional (culture, sol, climat). Leur abondance est régulièrement forte ($IADm > 2$), leur conférant le statut d'espèces fréquemment codominantes des communautés auxquelles elles participent.
- **Groupe 3** : « Adventices majeures locales ». Elles ont une amplitude écologique très étroite. Elles ne se rencontrent que dans certaines conditions de milieu peu représentées et pour lesquelles, elles constituent des indicatrices écologiques.
- **Groupe 4** : « Adventices générales ». Espèces très ubiquistes, elles se rencontrent dans presque tous les milieux ($Fr > 50\%$). Cependant elles présentent généralement, une infestation moindre ($IADm < 2$). Malgré cela, ces espèces sont à surveiller, du fait de leur grande distribution.
- **Groupe 5** : « Adventices régionales ». Elles ont une amplitude écologique moyenne mais pour la plupart ne constituent pas une contrainte agronomique du fait de leur abondance limitée. Par contre, elles pourront servir d'indicatrices écologiques régionales.
- **Groupe 6** : « Adventices mineures ». Elles sont peu fréquentes et peu abondantes et ne constituent, en aucun cas, une gêne pour la culture.

Tableau 2 : Répartition des adventices de cultures dans chaque zone en fonction de leur potentiel de nuisibilité

Groupes	Zones	Code EPPO	Noms botaniques	Familles
Groupe 1 : Majeures générales	Zone 1	- LERHE - FUIUM	- <i>Leersia hexandra</i> - <i>Fuirena umbellata</i>	- POACEAE - CYPERACEAE
	Zone 2	- STPSE	- <i>Stenotaphrum dimidiatum</i>	- POACEAE
Groupe 2 : Majeures régionales	Zone 1	- PANPA - ELODU - TORST	- <i>Panicum parvifolium</i> - <i>Eleocharis dulcis</i> - <i>Toraria stolonifera</i>	- POACEAE - CYPERACEAE - SCROPHULARIACEAE
	Zone 2	- PTEAQ - CXAHI - CYPUSU - PESPO	- <i>Pteridium aquilinum</i> - <i>Clidemia hirta</i> - <i>Cyperus subbadius</i> - <i>Pennisetum polystachion</i>	- DENNSTAEDTIACEAE - MELASTOMACEAE - CYPERACEAE - POACEAE
Groupe 3 : Majeures locales	Zone 1	- ELOMI - OLDLA - SCPJU - CYPDI - CYPLF - KYLEL	- <i>Eleocharis minuta</i> - <i>Oldenlandia lancifolia</i> - <i>Schoenoplectiella juncoidea</i> - <i>Cyperus difformis</i> - <i>Cyperus latifolius</i> - <i>Kyllinga erecta</i>	- CYPERACEAE - RUBIACEAE - CYPERACEAE - CYPERACEAE - CYPERACEAE - CYPERACEAE
	Zone 2	- CHELI - PHIFL - ELPMO - CYPRO - DIGHO - ERIFL - CYPSS	- <i>Cheirolaena linearis</i> - <i>Philippia floribunda</i> - <i>Elephantopus scaber</i> - <i>Cyperus rotundus</i> - <i>Digitaria horizontalis</i> - <i>Conyza sumatrensis</i> - <i>Cyperus psammophilus</i>	- MALVACEAE - ERICACEAE - ASTERACEAE - CYPERACEAE - POACEAE - ASTERACEAE - CYPERACEAE

		- IMPCA - SIDAL	- <i>Imperata cylindrica</i> - <i>Sida alnifolia</i>	- POACEAE - MALVACEAE
--	--	--------------------	---	--------------------------

*Seuls les trois premiers groupes sont représentés dans ce tableau

III. DISCUSSIONS

III.1. Richesse floristique

Dans l'ensemble, la flore est riche avec 114 espèces reparties en 80 genres appartenant à 37 familles. La zone 2 diffère de la zone 1 par 17 espèces. La zone 2 comporte par conséquent le plus d'espèces (73 espèces) tandis que dans la zone 1, on ne trouve que 56 espèces. Ceci peut être dû par le fait que certaines parcelles de la zone 1 sont inondées. Malgré la présence des espèces aquatique comme *Nymphaea stellata* et des espèces qui aiment les milieux hydromorphes comme *Leersia hexandra* et *Fuirena umbellata*, beaucoup d'espèces n'arrivent pas à pousser dans cette zone parce que la présence de l'eau empêche leur développement. La submersion est par conséquent, un des méthodes culturales la plus efficace contre les adventices et l'utilisation de l'eau pour les supprimer est l'un des facteurs majeurs contribuant à la durabilité de plusieurs systèmes de bas-fonds car le riz se développe bien sur les sols inondés (JOHNSON, 1997).

III.2. Importance agronomique

Sur la base de la fréquence relative et de l'indice d'abondance dominance, 6 groupes d'espèces d'adventices ont été définis. Parmi ceci, Les « adventices majeures générales », les « adventices majeures régionales » et les « adventices générales » constituent le noyau des communautés des adventices des parcelles cultivées. Ils sont constitués d'espèces à surveiller du fait de leur large distribution et de leur aptitude à coloniser un grand nombre de parcelles agricoles (LE BOURGEOIS, GUILLEM, 1995). Par exemple, *Fuirena umbellata* est une « adventice majeure générale » de la zone 1. C'est une plante vivace à rhizomes courts et gros qui émettent des racines fasciculées. Cette biologie lui permet de survivre et de se propager rapidement malgré les fauchages manuels effectués par les paysans avant le repiquage donc les stratégies de lutte contre les adventices doivent être adaptées à chaque cas particulier mais ne peuvent être universelle (DESSAINT et al. 2001).

CONCLUSION

Cette étude nous a permis d'identifier et de caractériser les adventices dans le District de Mahanoro. Plusieurs milieux de culture ont été identifiées dont deux de ces milieux ont été étudiés qui sont les plaines marécageuses ou « horaka » et les bas fond (ou zone 1) correspondant aux cultures de riz et le milieu littoral (ou zone 2) correspondant à la culture d'ananas et de manioc. Il en résulte que la zone 2 comporte le plus d'espèces d'adventices que la zone 1 avec respectivement 73 et 56. Ceci implique que beaucoup d'espèces d'adventices ne supportent pas la présence de l'eau en permanence dans la zone 1. La combinaison des paramètres fréquences relatives et les indices d'abondance dominance moyenne (IADm) des adventices permettent de ressortir les espèces potentiellement nuisibles de chaque type de culture. Elles sont différentes : *Leersia hexandra* et *Fuirena umbellata* pour la culture de riz et *Stenotaphrum dimidiatum* pour la culture de manioc. La connaissance de ces espèces nuisible aux cultures est déjà très importante en termes de lutte. Mais la compréhension des relations substrats-adventices est encore mieux pour raisonner efficacement leur besoin, par exemple, en bases échangeables, en pH, etc... Ceci demande encore une étude plus approfondie pour mieux proposer des méthodes de lutte.

BIBLIOGRAPHIE

- DESSAINT, F. ; CHADOUEUF, R. et BARRALIS, G., 2001. Diversité des communautés de mauvaises herbes des cultures annuelles de Côte-d'Or (France). *Unité de Malherbologie et agronomique*. Institut National de Recherche Agronomique. pp : 91-98.
- JOHNSON, D.E., 1997. *Les adventices en riziculture en Afrique de l'Ouest. Weeds of rice in West Africa*. ADRAO/WARDA. Imprint Design. United Kingdom. 312p.
- LE BOURGEOIS, T. (1993). *Les mauvaises herbes dans la rotation cotonnière au Nord- Cameroun (Afrique)*. Amplitude d'habitat - Degré d'infestation. U.S.T.L. Montpellier, France, Montpellier II: 250 p.
- LE BOURGEOIS, T. et GUILLEM, J.L., 1995. Étendue de distribution et degré d'infestation des adventices dans la rotation cotonnière du Nord-Cameroun. *Weed Research*, vol. 35 : 89-98.
- LEBRETON, G. et LE BOURGEOIS, T., 2005, *Analyse comparée de la flore adventice en culture d'ananas et de canne à sucre à la Réunion*, Cirad-Ca / 3P UMR PVBMT, 15p.
- LOUDY, M. C., 1985. *Étude botanique et écologique de la végétation spontanée des terres cultivées du plateau de Meknès (Maroc)*. Thèse 3ème cycle, USTL Montpellier, 149 p.
- TOURE, A. ; IPOU IPOU, J. ; ADOU YAO, C. Y. ; BORAUD M. K. N. et N'GUÉSSAN, E. K., 2008. Diversité floristique et degré d'infestation par les mauvaises herbes des agroécosystèmes environnant la forêt classée de Sanaimbo, dans le centre-est de la côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* : 13-22.

20. Degré d'infestation et caractérisation de la population de cyperaceae et de poaceae adventices des cultures dans la commune Anosibe Ifanja, district de Miarinarivo (Région Itasy)

MAHITASOA Fenitriniaina Judith Elyna¹, ANDRIANAIVO Alain Paul², RANDRIAMAMPIANINA Augustin², RAMAMONJISON Maminirina Marcel², ANDRIANAVALONA Voahangy², RAFIDISON Verohanitra¹

¹ Département de Biologie et Ecologie Végétales de l'Université d'Antananarivo, ² Projet WIKWIO-Département de Recherche Agronomique de FOFIFA

Résumé

Le secteur agricole occupe la première place dans l'économie nationale de Madagascar, qui mobilise jusqu'à 72 % de la population totale. Pourtant, ce secteur se trouve confronté à plusieurs contraintes dont les adventices des cultures, communément dénommées « mauvaises herbes ». Ces adventices peuvent entraîner des pertes de rendement et diminuer la qualité des récoltes, en particulier certaines espèces des Familles des CYPERACEAE et des POACEAE. Cette étude a été entreprise dans le cadre du projet WIKWIO³, dans l'optique de mettre à jour la liste des adventices des cultures et de mettre en œuvre une bonne gestion de contrôle de celles-ci dans les différentes Régions de Madagascar. Jusqu'à ce jour, encore aucune étude approfondie n'a été menée sur l'évaluation de l'importance de ces espèces, aussi bien au niveau régional que national, alors que leur capacité concurrentielle et leur adaptabilité (des rhizomes, des réserves de tubercules et des racines vigoureuses) leur favorisent leur domination sur les terres cultivées ou les pâtures.

Ainsi, cette étude a comme objectifs d'inventorier les CYPERACEAE et POACEAE adventices des cultures de base de la Commune Anosibe Ifanja, Région Itasy et d'évaluer leur degré d'infestation dans les parcelles cultivées. L'évaluation des degrés d'infestation se base essentiellement sur les notions de fréquence relative et d'abondance-dominance. A cet effet, cent vingt et un (121) relevés phytocologiques ont été réalisés dans différentes parcelles réparties suivant neuf (9) toposéquences sur 9 collines différentes. Ces relevés ont permis d'inventorier 57 espèces, dont 35 POACEAE et 22 CYPERACEAE. L'évaluation de l'infestation de ces adventices a permis de les catégoriser suivant 4 classes dont 2 espèces majeures locales (*Oplismenus aburmanni* et *Panicum umbellatum*), 5 espèces générales (*Digitaria horizontalis*, *Cyperus esculentus*, etc.), 3 espèces régionales (*Echinochloa colona*, *Rottboellia cochinchinensis* etc.) et 54 espèces mineures (*Digitaria longiflora*, *Heteropogon contortus*, etc.). Afin d'évaluer l'importance agronomique de ces espèces, une étude étendue dans toutes les grandes zones agroécologiques de Madagascar est souhaitée pour évaluer le degré de nuisibilité de ces adventices aux niveaux régionaux et à l'échelle nationale.

Mots clés: degré d'infestation, caractérisation, Anosibe Ifanja, adventices, POACEAE, CYPERACEAE, Itasy, Miarinarivo, degré de nuisibilité.

INTRODUCTION

Le secteur agricole occupe la première place dans l'économie nationale de Madagascar, il mobilise jusqu'à 72 % de la population totale correspondant à 86 % de la population active (RASOARAHONA, 2014). Pourtant, la production agricole subit une principale contrainte avec la présence des adventices (HANITET, 2012) qui entrent en compétition avec les plantes cultivées, pour l'eau, la lumière, les éléments nutritifs et l'espace de développement. Ceci affecte négativement le rendement et la qualité de production. Ces pertes sont évaluées à 25 % de production pour les pays tropicaux en voie de développement, tandis que celles-ci sont de l'ordre de 5 % pour les pays développés (CIRAD, 2001). C'est, dans ce cas, que les adventices sont dénommés « mauvaises herbes ». Jusqu'à ce jour, encore aucune étude approfondie n'a été menée sur l'évaluation de l'importance agronomique des espèces de ces deux familles aussi bien au niveau régional que national alors que leur capacité concurrentielle et leur adaptabilité (des rhizomes, des réserves de tubercules et des racines vigoureuses) leur favorisent à dominer les terres cultivées ou les pâtures. C'est pourquoi, cette étude intitulée « degré d'infestation et caractérisation de la population de CYPERACEAE et de POACEAE adventices des cultures dans la Commune Anosibe Ifanja, District de Miarinarivo (Région Itasy) » a été menée. Anosibe Ifanja fait partie des zones des hauts plateaux à vocation agricole, un de grenier de Madagascar (CREAM, 2013) où l'agriculture constitue l'activité principale de la population. Cette étude a été entreprise dans le cadre du projet WIKWIO, dans l'optique de mettre à jour la liste des adventices nuisibles des cultures et de mettre en œuvre une bonne gestion de celles-ci dans les différentes Régions de Madagascar. Cette recherche a comme objectif d'inventorier les espèces adventices de ces deux familles et d'évaluer leur degré d'infestation. L'hypothèse à vérifier affirme que les espèces recensées présentent des degrés d'infestation variés envers les plantes cultivées.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Lors de notre étude, les matériels biologiques sont caractérisés par les plantes adventices. Généralement, les termes « adventices » et « mauvaises herbes » sont désignés pour les champs cultivés ou les jardins, mais ils se définissent différemment suivant le sens à considérer (écologiques et agronomiques).

La présente étude a été effectuée dans 9 collines dont le choix de site a été basé sur la diversification des cultures suivant la toposéquence et la présence de parcelles enherbées. Les relevés ont été réalisés dans des zones homogènes répondant aux critères d'homogénéités (homogénéité des conditions écologiques apparentes et homogénéité phisonomique) (GOUNOT, 1969). La méthode de relevé utilisée est celle de carrés emboités (MUELLER et DOMBOIS, 1974) qui est le fait de doubler successivement la précédente surface, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus apparition de nouvelles espèces. Du fait qu'à Madagascar, il n'y a pas de grande surface de parcelle de culture, la surface de travail a été fixée à 64 m² (supérieure ou égale à l'aire minimale). Les noms de l'espèce et leur recouvrement constituent les paramètres étudiés pour lesquels le recouvrement tient compte de l'abondance et de la dominance de chaque espèce. Cette fois-ci, chaque recouvrement a été estimé par observation directe en adoptant l'échelle 1 à 9 de la Commission des essais biologiques revue par MARNOTTE en 1984 in MARNOTTE et al. (2008).

Les données collectées ont été analysées suivant les approches qualitatives et quantitatives (TOURE et al., 2008). L'étude qualitative a permis de faire sortir la liste floristique de la zone d'étude, en tenant compte de tous les relevés effectués et l'étude quantitative a permis de mettre en évidence les différents groupes des espèces en fonction des deux paramètres : la fréquence relative et l'indice d'abondance-dominance (tableau 1).

Cette catégorisation sera présentée dans un diagramme d'infestation dont la fréquence relative en abscisse et l'indice d'abondance-dominance moyenne en ordonnée. Ce classement correspond à leurs degrés d'infestation reflétant leur importance agronomique (LEBRETON et LE BOURGEOIS, 2005).

Tableau 6 : Classement des espèces en fonction de la fréquence relative et l'Indice d'abondance-dominance moyenne

Fréquence relative Indice d'abondance- Dominance moyenne	$\geq 50\%$	25 à 50 %	25% \geq
≥ 2	Espèces majeures générales	Espèces majeures régionales	Espèces majeures locales
< 2	Espèces générales	Espèces régionales	Espèces mineures

RESULTATS

Les 121 relevés phytoécologiques effectués dans les 9 toposéquences ont permis de recenser 57 espèces adventices, dont 35 espèces de POACEAE et 22 espèces de CYPERACEAE. L'analyse entre la fréquence et l'indice d'abondance-dominance de ces espèces a permis d'obtenir le diagramme d'infestation présenté dans la figure ci-après.

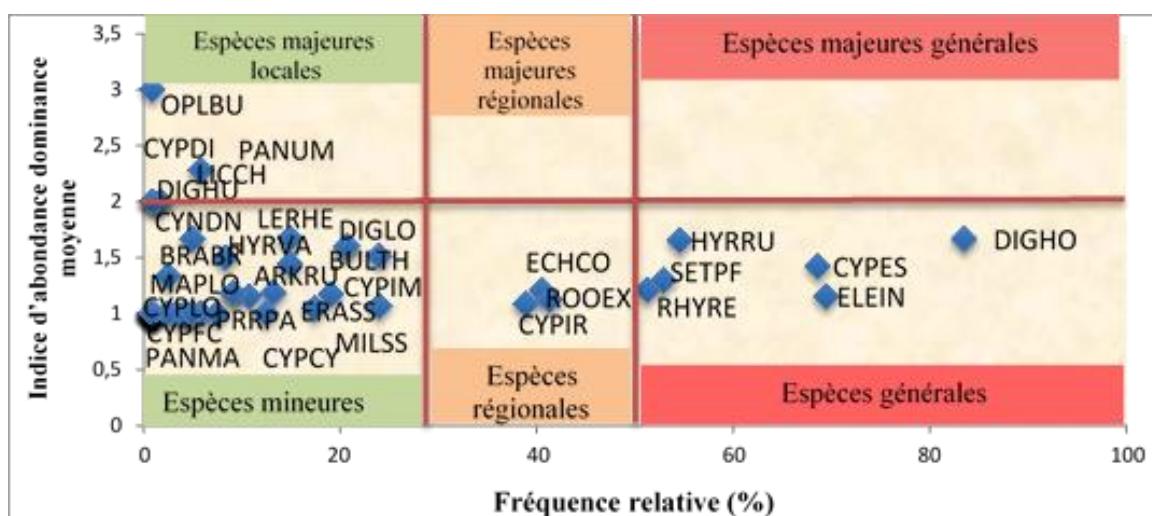


Figure 14 : Les différentes catégories des espèces selon leur degré d'infestation

Ce diagramme a permis de mettre en évidence 4 groupes des espèces adventices, selon leur degré d'infestation reflétant leur potentiel de nuisibilité. Lors de notre étude, aucune espèce majeure générale et majeure régionale n'est rencontrée. Cette situation résulte des fréquences de désherbages qui empêchent le fort recouvrement par les espèces.

- **Espèces majeures locales** : ce sont des espèces dites très abondantes, mais peu fréquentes dont l'infestation est remarquée surtout au niveau local. Elles sont installées et se prolifèrent dans des milieux particuliers. Ce groupe compte cinq espèces (9,09 %) comme :

- *Opismenus burmanni* (OPLBU) : se développe, sous l'ombre et au niveau des lisières arborées ;
- *Panicum umbellatum* (PANUM) : se prolifère au niveau des jachères, difficile à maîtriser par ses racines sous forme de réseau ;
- *Cyperus difformis* (CYPDI) : adventice de bas fond, floraison avant et en même temps que la plante cultivée ;
- *Digitaria humbertii* (DIGHU) : plante vivace, se développe surtout au niveau de champ de manioc (culture bisannuelle) et des sols humides comme les maraîchères.

- **Espèces générales** : ce sont des espèces très fréquentes, mais peu abondantes. Pour cette étude, six espèces (10,90 %) à savoir *Digitaria horizontalis* (DIGHO), *Cyperus esculentus* (CYPES), *Eleusine indica* (ELEIN), *Hyparrhenia rufa* (HYRRU), *Setaria pumila* (SETPF), *Melinis repens* (RHYRE) sont incluses dans cette catégorie. Même si leur degré d'infestation est moins que celui des espèces majeures générales, ces espèces posent des contraintes et des problèmes pour les cultures à cause de sa croissance rapide et/ou la présence de tubercules persistants. Citons comme exemple *Digitaria horizontalis*, *Cyperus esculentus* :

- *Digitaria horizontalis* : espèce annuelle, se développe plus rapidement en rampant et recouvre plus de surface par la présence de lumière entre les pieds des plantes cultivées et se croît en hauteur sous l'ombre.
- *Cyperus esculentus* : espèce vivace, colonisant les bassins versants et le bas fond par ses tubercules et ses rhizomes persistants et vigoureux favorisant leur germination.

- **Espèces régionales** : ce sont des espèces moyennement fréquentes et moins abondantes. Elles peuvent servir comme indicateurs écologiques de la région étudiée. Ce groupe est représenté par trois espèces (5,45 %) : *Echinochloa colona* (ECHCO), *Rottboellia cochinchinensis* (ROOEX) et *Cyperus iria* (CYPIR).

- *Echinochloa colona* : adventice des riz irrigués, mais peut s'installer dans des bassins versants. Elle fleurit simultanément avec la culture principale et ses graines salissent les rizières et les produits de riziculture. Par ailleurs, durant le stade plantule, cette espèce présente l'allure de la plante cultivée (dans les rizières), quelquefois, c'est difficile de la différencier au moment de désherbage.

- *Rottboellia cochinchinensis* est une plante annuelle qui prend l'allure du maïs. Elle colonise rapidement les champs après labour à cause de sa croissance rapide (7 à 14 cm par semaine)

- **Espèces mineures** : ce sont des espèces à faibles amplitudes écologiques et peu abondantes. Ce groupe compte 44 espèces c'est-à-dire 80 % de la totalité des espèces recensées.

DISCUSSION

L'évaluation de l'infestation des adventices a montré l'absence des classes des espèces majeures générales (très fréquentes et très abondantes) et des espèces majeures régionales. Ainsi, 80% des espèces recensées sont catégorisées comme des espèces mineures. Cette situation est en relation avec la fréquence de désherbage pratiqué par les paysans (au moins une fois par saison culturelle par type de culture). Pourtant, la population de POACEAE et de CYPERACEAE adventices prédominent la surface cultivée que ce soient des espèces annuelles ou vivaces. Cela confirme le travail de RAKOTONDRAZAKA (2016) sur l'enherbement des champs de cultures à Mahanoro, qui a mentionné que ces deux familles sont les plus abondantes

Leersia hexandra, *Cynodon dactylon* et *Digitaria humbertii* sont des espèces géophytes mais mineures selon le diagramme d'infestation. Néanmoins, ces espèces doivent être contrôlées, car elles peuvent devenir majeures par leurs systèmes racinaires rhizomateux et peuvent être aussi des plantes hôtes des insectes ravageurs (observée sur terrain dans les champs de haricots). Les adventices vivaces repoussent année après année et sont particulièrement difficiles à détruire une fois qu'elles sont établies (HANNACHI, 2010). Ces espèces sont déjà des espèces majeures dans le District de Mahanoro, Région Atsinanana (RAKOTONDRAZAKA, 2016), comme à La Réunion (LEBRETON et LE BOURGEOIS, 2005). Ainsi, la fréquence et l'abondance des espèces dépendent surtout des entretiens effectués, principalement le désherbage en plus des conditions écologiques. Pourtant, RANDRIAMAMPIANINA (1984) a souligné que les herbes pérennes rhizomateuses ou stolonifères rendent toujours la préparation du sol et le désherbage, non seulement difficiles à faire, mais aussi coûteux et imparfaits.

CONCLUSION

L'inventaire des espèces adventices a permis d'identifier 35 espèces des POACEAE et 22 espèces des CYPERACEAE. Par ailleurs, les paramètres: fréquence relative et abondance-dominance des espèces varient en fonction de leur préférence écologique, les techniques culturales, voire leur type biologique. L'étude de ces deux paramètres a permis de mettre en évidence 4 groupes d'espèces reflétant leur degré

d'infestation : espèces majeures locales (*Panicum umbellatum*, *Oplismenus burmanni...*), espèces générales (*Digitaria horizontalis*, *Cyperus esculentus*, *Eleusine indica...*), espèces régionales (*Echinochloa colona*, *Rottboellia cochinchinensis*, *Cyperus iria*) espèces mineures (*Cynodon dactylon*, *Leersia hexandra*, *Digitaria longiflora*.). Ce qui confirme l'hypothèse sur la variabilité de degré d'infestation des espèces adventices de la zone culturelle d'Ifanja. Comme cette étude est encore une initiation pour ce thème, il est nécessaire d'élargir les études des POACEAE et des CYPERACEAE adventices dans toutes les Régions de Madagascar et de l'approfondir en la réalisant durant la période culturelle complète (depuis la préparation du sol jusqu'à la récolte) afin d'évaluer leur nuisibilité envers les plantes cultivées.

BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE

- CREAM, 2013. Monographie Région Itasy. 180 p.
- GOUNOT, M., 1969. Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson, Paris. 314p.
- HANITET, K. 2012. Les groupements des adventices de cultures dans la Région de l'Oran. Mém. Master, Département de Biologie. Fac. Sciences. Univ. Oran. 72 p.
- HANNACHI, A. 2010. Etude des mauvaises herbes des cultures de la région de Batna: Systématique, Biologie et Ecologie. Mem. Master Département Agronomie. Fac. Sciences. Univ. Ferhat Abbas Setif UFAS (Algérie). 85 p.
- LEBRETON, G. et LE BOURGEOIS, T. 2005. Analyse de la flore adventice de la lentille à Cilaos - Réunion. Cirad-Ca / 3P ; UMR PVBMT, 20 p.
- MARNOTTE, P. ; HATIL, E. et MAURANYAPIN, J. P. 2008. Observation de l'enherbement en culture de canne à sucre en Guadeloupe AFCAS 1-13 p.
- MUELLER, D. et DOMBOIS, H. E. 1974. Aims and Methods of vegetation Ecology. John Wiley & Sons. New York London Sydney Toronto. pp. 45 – 46.
- RAKOTONDRAZAKA, J. F. 2016. Caractérisation des adventices des cultures dans le district de Mahanoro et utilisation de l'outil d'identification wikitwo Ida. Mém. Master, Mention Biologie et Ecologie Végétales. Fac. Sciences. Univ. Antananarivo. 45 p.
- RANDRIAMAMPIANINA, J. A. 1984. Les principales plantes adventices de riz à Madagascar. Mém. Fin d'étude. Département Agriculture. ESSA. Univ. Antananarivo. 143 p.
- RASOARAHONA, J. R. E. 2014. L'agriculture à Madagascar : comment réaliser la révolution dans le secteur agricole. Etat des lieux du développement de l'Agriculture à Madagascar. Communication personnelle. 14 p.
- RIVOTIANA, T. V. 2016. Influence des facteurs agroécologiques sur l'enherbement des cultures dans la Commune d'Anosibe Ifanja. Mém. Master. Mention Agriculture tropicale et développement durable. Ecole supérieure des sciences agronomiques. Univ. Antananarivo. 53 p.
- CIRAD, 2001. Coût de l'enherbement en culture tropicale. <http://www.cirad.org>. Accédé en décembre 2016.

21. Télédétection pour la classification des zones de pâturage de Tsiroanomandidy (Madagascar) via l'algorithme « Random Forest »

RAZAFINARIVO Tsirinirina Donnah¹, RAHETLAH Volatsara Baholy², RAKOTOZANDRINY Jean de Neupomuscène², PAULO Salgado³, VALENTINE Lebourgeois³.

¹Centre national de recherche appliquée au développement rural, Département de Recherches Zootechniques, Vétérinaires et Piscicoles FOFIFA/DRZV, ²Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo, ³CIRAD

RESUME

La demande en produits d'origine animale s'accroît dans le monde, du fait de la croissance de la population, de l'urbanisation, et de l'élévation du revenu. Cependant, cette situation engendre la réduction des surfaces de pâturages. Ce phénomène entrave la disponibilité des ressources fourragères et la mobilité des troupeaux qui sont des facteurs de viabilité de la production animale. En tant que pays en développement, Madagascar n'échappe pas à cette tendance, principalement pour le secteur bovin qui est la première source de protéine animale de la population. Un système d'évaluation des réserves régionales en ressources fourragères est fondamentalement requis, pour savoir si les réserves pourront satisfaire à la demande de production. La mise en place de ce système nécessite l'utilisation d'une approche peu complexe, mais robuste, facilement reproductible, pouvant couvrir de grandes superficies. Ainsi, une classification des différentes zones de pâturage de la région de Tsiroanomandidy a été effectuée par l'utilisation combinée de la télédétection et de la modélisation. La télédétection utilise les propriétés de réflectance des objets depuis la surface terrestre pour les transformer en données exploitables stockées dans des images satellites multispectrales. L'utilisation de l'algorithme « Random Forest » sur des données obtenues par le satellite SPOT 5 a permis d'aboutir à des résultats proches de la réalité. Les résultats de classification des cinq espèces fourragères les plus courantes des pâturages naturels Madagascar ont donné une précision globale de 77,6%. Les résultats ont été cartographiés pour avoir

l'occupation du sol de l'ensemble et ont permis de calculer la capacité de charge régionale qui est de 26 269 UBT/an. Cette cartographie pourra être utilisée en tant qu'outil de décision pour améliorer la gestion de pâturage à l'échelle régionale. Cette étude mérite d'être approfondie, notamment sur une augmentation du nombre de parcelle et d'images satellites pour la modélisation.

INTRODUCTION

La demande en produits d'origine animale s'accroît dans le monde, du fait de la croissance de la population, de l'urbanisation, et de l'élévation du revenu. Cependant, parallèlement à cette situation et l'extension des surfaces induites, il y a une réduction des surfaces pâturables. Cette réduction entrave la disponibilité des ressources fourragères et la mobilité des troupeaux qui sont des facteurs de viabilité de la production des ruminants. Ainsi, les limites des systèmes de production ont été approchées, sinon dépassées par les demandes accrues en aliments pour les animaux par rapport à leur disponibilité (FAO, 2014). En tant que pays en développement, Madagascar n'échappe pas à cette tendance, principalement pour le secteur bovin qui est la première source de protéine animale de la population. Pour les grands troupeaux, il est indispensable d'effectuer un système d'élevage extensif, dont les besoins sont fournis à partir de ressources pastorales spontanées sur de grandes surfaces. Dans cette optique, cette étude consiste à élaborer un système d'évaluation des réserves régionales en ressources fourragères. Le besoin d'une telle évaluation est fondamentalement requis par la question de savoir si les réserves pourront satisfaire les demandes. Dans les systèmes spatialement extensifs, les évaluations dépendent presque entièrement des capacités à traiter les données de télédétection et de Système d'Information Géographique. Par conséquent, les données spatiales combinées aux données de terrain vont servir à déterminer les hétérogénéités présentes dans les paysages. Les éléments du paysage, dont l'abondance et la répartition, influent sur le fonctionnement des communautés animales et végétales présentes. La connaissance des données d'occupation fourragère du sol sous forme de cartographie servira comme outil de prise de décision pour l'optimisation de la production animale. Il est ainsi indispensable d'élaborer un système de détermination de l'occupation du sol par une approches peu complexes, mais robustes, facilement reproductibles et pouvant couvrir de grandes superficies (DeFries et al., 2007). L'utilisation de l'algorithme Random Forest sur des images satellites optiques à haute résolution (SPOT 5) permet d'aboutir à une classification la plus proche possible de la réalité, tant d'un point de vue thématique que spatial (Schowengerdt, 2007 ; Lillesand et al., 2008).

MATERIELS ET METHODES

Zone d'étude

La zone d'étude concerne la zone de Tsiroanomandidy qui se trouve dans le Moyen Ouest de Madagascar, dans la région de Bongolava, à 18°44'13.1"S et 46°02'12,6". Le relief est donné par un vaste plateau de 800 à 950 m d'altitude constitué par un emboîtement de 3 surfaces d'érosion (post-crétacé, mésotertiaire, fini-tertiaire). Il se présente sous forme d'un vaste glacis dont la planéité est interrompue par des massifs intrusifs de granite et de gabbros (massifs d'Ambohiby 1 542m, de Bevato 1 432m). Les interfluves sont représentés par des vallons et thalwegs, drainés par un réseau hydrographique dense (Fleuve Manambolo et ses affluents). Les conditions géographiques de cette zone sont favorables à l'élevage bovin qui est une activité pratiquée traditionnellement, depuis plusieurs décennies. Ainsi, les différents systèmes d'élevage existant à Madagascar sont présents dans la région. A commencer par le système pastoral qui se caractérise par la valorisation importante des parcours naturels comme source d'alimentation des animaux. Ce système est représenté par les grands éleveurs sédentaires de zébu qui possèdent des centaines de têtes par éleveur. Pour ces gens, l'importance du troupeau est une marque de prestige et une forme d'épargne. Dans cette activité, la gestion du troupeau s'effectue par une répartition de ces derniers à de petits éleveurs membres de la famille pour pratiquer le "Dabokandro" qui est une forme d'embouche à l'herbe. Cette pratique traditionnelle est très connue dans la région. En général, elle consiste à acheter un troupeau de zébus adultes, maigres, en fin de saison sèche, puis de les garder dans des pâturages riches en quantité et en qualité, pendant une ou deux saisons de pluie (MAEP 2004). Les autres utilisateurs des ressources naturelles sont les transhumants et revendeurs de zébus provenant des régions voisines (principalement Melaky et Menabe). En principe, ces derniers suivent des itinéraires officiels des troupeaux de bœufs de commerce et de transhumance dénommés « pistes à bétail » qui sont fixés par arrêté régional, sur proposition des Chefs de Districts et des Maires concernés (MAEP, 2005). Outre l'élevage de zébus, l'élevage de vaches laitières commence à être pratiqué depuis quelques dizaines d'années. Face à la pression accrue sur les ressources, en premier lieu sur la terre, les éleveurs laitiers entreprennent progressivement l'intégration agriculture élevage pour améliorer la production (Lhoste, 2004). Une autre forme de système d'élevage laitier périurbain commence aussi à se développer de fait de la forte demande urbaine de proximité, et à l'insécurité qui règne en dehors de la ville. En général, les éleveurs de Tsiroanomandidy disposent de grands potentiels pour l'élevage de ruminant, mais le manque de technicité et d'information sur la distribution de ressources est devenu un blocage pour le développement.

Mesures des données

La classification consiste à regrouper les différentes zones de pâturage de la région de Tsiroanomandidy, en fonction de la composition floristique et à partir d'images satellites, correspondant à chaque parcelle. Pour ce faire, une carte représentative des cultures dans cette zone, produite par le projet Sen2-Agri (<http://www.esa-sen2agri.org>), a été exploitée pour élaborer un masque de fourrage et de non-fourrage. La partie fourrage sera ensuite classée suivant les comportements radiométriques espèces constituants (Benoit M., 1988). La télédétection utilise les propriétés d'émission ou de rayonnement des ondes électromagnétiques par les objets depuis la surface terrestre pour les transformer en données exploitable. Une programmation d'acquisition d'images satellites de haute résolution « SPOT 5 » a été effectuée tous les 10 jours durant 5 mois de saison de pluies en 2014 pour pouvoir effectuer la modélisation. Cette pratique a nécessité également de l'utilisation de l'algorithme « Random Forest » pour traiter les données spatialisées au regard des données de vérité terrain. Ainsi, des prélèvements de données GPS sur des sites de contrôle, répartis à travers la région, sont employés pour paramétrier et valider les modèles de prédiction. Des critères de sélection ont été établis dont les principaux sont : (i) Une taille des parcelles suffisamment grande, supérieure ou égale à 25 pixels (50m X 50m). (ii) L'homogénéité des parcelles, avec une prédominance d'au moins 80% de la population d'une espèce majoritaire. (iii) Un nombre de parcelles suffisamment élevé pour la faisabilité et la fiabilité de la Modélisation. Cependant, seules 107 parcelles de pâturages naturels ont été jugées exploitable pour pouvoir être utilisées dans cette classification. Ces parcelles sont subdivisées suivant la prédominance des espèces constitutantes. Des exceptions ont été acceptées dans les critères de sélection : Comme pour le nombre de parcelles de *Cynodon dactylon* et *Eleusine indica* qui ne compte qu'une dizaine chacune. Ces deux espèces représentent une place importante dans l'alimentation des bovins laitiers de la région. Ainsi, elles ont été introduites dans la classification. Sur le critère de prédominance d'espèce, une exception a également été acceptée sur le mélange de *Hyparrhenia rufa* et de *Heteropogon contortus* qui sont plus ou moins égaux en proportion sur les différentes parcelles. Au total, cinq principales classes ont été définies qui sont : *Aristida multicaulis*, *Brachiaria brizantha*, *Cynodon dactylon*, *Eleusine indica* et le mélange de *Hyparrhenia rufa* et de *Heteropogon contortus*.

Random Forest

Random Forest est un classifieur introduit par Leo Breiman en 1996, et a été importé dans le logiciel libre R par Liaw and Wiener (2002), via le paquet Random Forest. Cet algorithme repose sur trois principes qui le rendent très performant (Butler S., 2015)

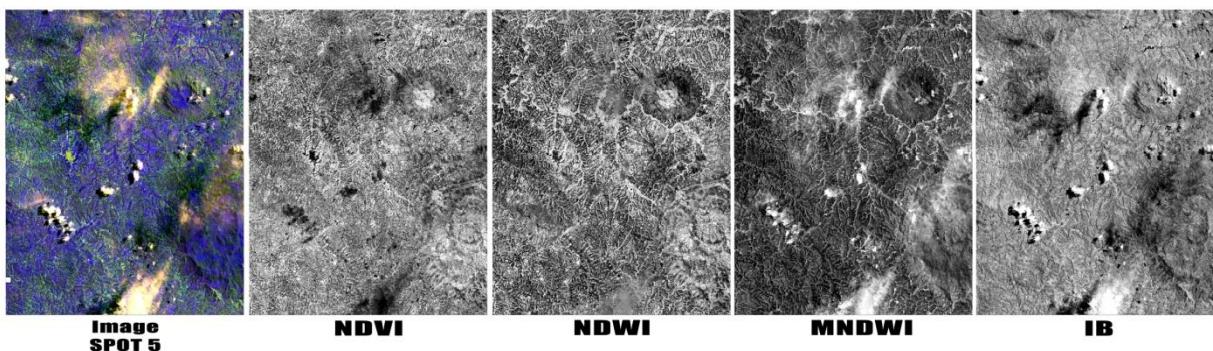
Premièrement, l'arbre de décision CART (Classification And Regression Tree), qui est une méthode de classification qui fonctionne par choix arbitraire. Ils partent d'une racine principale où toutes les classes à déterminer sont de même valeur. À chaque nœud, une décision de seuillage est prise pour séparer au mieux les classes. Ces décisions établissent des règles de classification. Étant donné que le comportement spectral des couverts végétaux dépend de plusieurs facteurs comme le type de végétation, le stade de développement, la teneur en eau et de la structure du couvert. La combinaison des réflectances dans différentes bandes permet de calculer des indices qui varient en fonction du comportement spectral de chaque espèce. Les seuils de séparation entre classes seront mis en évidence par les images satellites combinées des indices résultants, qui sont : NDVI, NDWI, MNDWI, IB.

- Le NDVI (Indice de Végétation Normalisé) permet de suivre la végétation, car il mesure l'activité physiologique des plantes. Sa formule est : $NDVI = (PIR-Rouge)/(PIR+Rouge)$ (Tucker, 1979). C'est un indice qui permet d'identifier la couverture végétale verte (biomasse aérienne chlorophyllienne) et de suivre son évolution temporelle.

- Le NDWI (Normalized Difference Water Index) a pour formule : $NDWI = (PIR-MIR)/(PIR+MIR)$ (GAO, 1996,). L'indice permet de maximiser la réflectance de l'eau en utilisant les longueurs d'onde du vert, de minimiser la réflectance des masses d'eau en utilisant le proche infrarouge. L'indice peut également être utilisé pour détecter la turbidité de la surface qui est un indicateur de la présence de chlorophylle-a (Houry L. et al 2012), ainsi il affect énormément la réflectance du couvert végétal.

- Le MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index), est un indice qui permet de mettre en évidence les masses d'eau en supprimant de manière plus efficace que le NDWI le bruit des terrains bâties, ainsi que celui de la végétation et du sol. Le NDWI de Mcfeeters a été modifié par l'utilisation du Moyen infrarouge au lieu du proche infrarouge. Les masses d'eau sont ainsi mieux délimitées, par discrimination efficace des surfaces en eau et des surfaces sèches.

- L' IB (Indice de Brillance) a pour formule, $IB = \sqrt{PIR^2 + R^2}$. Cet indice présente une sensibilité à l'humidité des sols ; l'augmentation de la teneur en eau s'accompagnant d'une diminution de la luminance de la couleur. Cet indice est donc sensible à la brillance de l'occupation du sol, dont la végétation. Il oppose les surfaces bâties très réfléchies aux surfaces absorbantes comme les sols très humides.



Le deuxième principe de l'algorithme « Random Forest » est le « Tree Bagging » (ref) qui est une méthode consistant à assembler plusieurs classifieurs d'un même type en un unique classifieur. Le Tree Bagging réunit une multitude d'arbres de décisions CART qui déterminent chacune des prédictions de classification. À la suite de quoi, les prédictions de ces arbres sont agrégées et les prédictions majoritaires sont conservées.

Enfin, le troisième principe de l'algorithme ; le « Bootstrap » qui est le fait qu'à chaque arbre CART, une partie des échantillons est prise aléatoirement avec remise parmi les observations initiales. Ainsi, chaque arbre construit est alors relativement décorrélé, ce qui rend les arbres indépendants les uns des autres. Les 2/3 des échantillons sont utilisés pour ces entraînements de bootstrappés, pour le reste, ils sont utilisés dans le OOB (Out Of Bag), pour évaluer la pertinence de classification, un aspect de Random Forest qui permet de préjuger les erreurs de classification, avant même d'avoir fait la validation externe en utilisant le jeu de données de validation de l'utilisateur. L'ensemble de ces critères font de Random Forest un algorithme très efficace, non seulement pour traiter des données complexes et hétérogènes, mais également de gros volumes de données. Le paquet Random Forest du logiciel R est librement utilisable et est utilisé dans le traitement de très nombreuses applications réelles.

Elaboration de cartographie :

Un inventaire des ressources fourragères dans une région pastorale aussi spatialement extensive doit employer au maximum des données de télédétection (FAO, 2014). La cartographie est une observation transversale de l'ensemble d'un système. Elle vise à donner une image instantanée de la population à un instant défini. L'élaboration d'une cartographie du couvert végétal est un outil essentiel au suivi et à la gestion d'un milieu déterminé. Une carte caractérisant les zones de pâturage à l'échelle régionale est ainsi exploitable pour la gestion de pâturage suivant les surfaces disponibles par unité de bétail. L'outil OTB (Orfeo Tool Box) du logiciel libre QGIS a été utilisé pour la cartographie par une classification à l'échelle du pixel. Une série temporelle de 5 images satellites optiques SPOT 5 couplées des différents indices (Figure 2) ont été concaténées afin d'obtenir une seule image à 48 bandes. Les données géo-localisées de vérité terrain sur les différentes espèces fourragères sont appliquées sur cette carte pour obtenir le modèle de classification. Le modèle sera ensuite lancé sur l'ensemble de l'image masquée des parties non-fourrages pour obtenir une carte des différentes zones de pâturages. La classification effectuée a été validée après vérification par reconnaissance qualitative des classes d'occupation du sol sur le terrain.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Matrice de confusion

La matrice de confusion (Tableau 1) permet de vérifier la qualité de la classification (Congalton, 1991). Elle se compose en ligne des occurrences réelles de références d'une classe et en colonne des occurrences estimées par la classification. L'Overall accuracy (OA) donne la précision globale de la classification (Girard et Girard, 1999). Il est calculé à partir de la somme des individus bien classés divisés par le total des individus. La modélisation a donné une Overall accuracy de 77,6% qui indique une précision assez élevée de classification.

Tableau 1 : Matrice de confusion

	PREDICTION					Producer Accuracy	
	Aristida	Brizantha	Cynodon	Eleusine	Hyp/Het		
REFERENCE	Aristida	23	0	0	0	6	79,3%
	Brizantha	1	18	1	0	2	81,8%
	Cynodon	0	0	10	1	0	90,9%
	Eleusine	0	1	0	9	1	81,8%

Hyp/Het	6	2	0	3	23	67,6%
User Accuracy	76,7%	85,7%	90,9%	69,2%	71,9%	

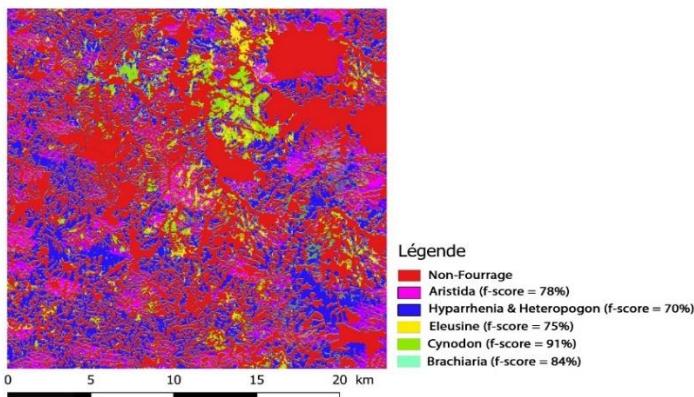
L'indice Kappa (Cohen, 1968) donne une évaluation globale et intra-classe de la classification (Congalon, 1991), en prenant en compte le déséquilibre entre les tailles de population dans les classes. Kappa est calculé à partir de l'Overall accuracy et le rapport entre les totaux des classes estimées. Ainsi, Kappa a indiqué une précision globale de 71%, en prenant en considération le nombre d'individus prédit suivant la taille de l'ensemble. Selon Pontius (2000) et Oloukoi et al. (2006), une étude de l'occupation du sol peut être validée si le coefficient kappa est supérieur à 50 %.

D'une part, "User Accuracy" (UA) évalue le nombre d'individus bien classés au sein d'une classe par rapport aux classes de référence. Il correspond au rapport entre le nombre d'individus bien classés et le total des individus de la classe elle-même. Notre UA affirme que nous avons une assez bonne précision de classification pour chaque espèce, car il varie entre 69,2% pour *Eleusine* et 90,9% pour *Cynodon*. D'autre part, "Producer Accuracy" évalue le nombre d'individus bien classés par rapport aux classes estimées. Cet indice est obtenu par le rapport entre nombre d'individus bien classés d'une espèce déterminée et l'ensemble des individus de toutes les espèces confondues. Pour cette partie, les précisions varient entre 67,6% pour le mélange *Hyparrhenia & Heteropogon* et 90,9% pour *Cynodon*. Enfin, "f-score" (Tableau 2) est l'indice le plus important de la classification, car il indique la précision spécifique d'une espèce déterminée tout en considérant les individus de la classe, mais aussi la population toute entière. Cet indice est obtenu à partir de la moyenne harmonique des User et Producer Accuracy. En résumé, cette classification ayant pour but de déterminer les différentes zones de pâturages de Tsiroanomandidy, effectuées à partir l'algorithme « Random Forest » a donné une précision globale de 77,6%. Le meilleur résultat est celui du *Cynodon dactylon* d'une précision de classification d'environ 91%. Cependant, ce résultat nécessite encore d'autres investigations, car il est obtenu à partir de seulement 11 parcelles d'entraînement. Ainsi, cette précision de classification de *Cynodon dactylon* peut encore varier au fur et à mesure que l'on ajoute d'autres parcelles dans la modélisation. La plus faible précision de classification est celui de la savane herbeuse composée d'un mélange d'*Hyparrhénia ruffa* et *Hétéropogon contortus* qui est d'environ 70% sur 30 parcelles d'entraînement. Contrairement à celui du *Cynodon*, cette précision de classification ne va plus beaucoup varier du fait du nombre de parcelles d'entraînement assez élevé. Cependant, la faible précision est due au fait que cette savane herbeuse recouvre une grande majorité de la région sur de très grandes hétérogénéités de proportion et de constituant tertiaire. En général, cette étude mérite d'être approfondie, notamment sur une augmentation du nombre de parcelle et d'images satellites pour la modélisation. Ou encore sur l'utilisation de nouvelles technologies en matière de satellite comme le "Sentinel" le couple SPOT 6 et 7.

Carte de biodisponibilité des ressources fourragères

Dans les systèmes spatialement extensifs, il s'avère utile de dresser une carte de bilan de la distribution fourragère. De telles cartes identifient les sites où les fourrages sont, soit en déficit, soit en surplus. La carte de biodisponibilité est une cartographie permettant de géo-localiser les différentes zones de pâturage et les espèces constituantes, prédictes par modélisation. Ainsi, sans aucun déplacement sur le terrain, cette carte permet une reconnaissance rapide de la région à partir des informations sur la distribution des fourrages sur de larges zones éloignées. Ce genre d'approche est principalement indispensable pour les parcours qui sont souvent spatialement extensifs et non développés en termes d'accessibilité. Cependant, quel que soit le système d'élevage, le diagnostic a pour finalité d'apprécier l'adéquation entre les apports alimentaires et les besoins quantitatifs du cheptel. Le plus souvent un cheptel donné utilise plusieurs types de ressources alimentaires et leur mode de gestion est en étroite relation avec le niveau d'intensification. Ainsi, une expertise technique, dans divers aspects des systèmes de production animale, notamment en élevage, en pâturage, en géo-statistique, et en système de données spatiales a permis de déterminer que, sur une surface totale d'environ 600km² dans la région de Tsiroanomandidy, 31511ha sont exploitables en tant que pâturage, soit 52,7% de la totalité. Cependant, 39,7% de cette surface sont représentés par l'*Aristida multicaulis* qui est une savane herbeuse, à faible valeur fourragère. *Aristida* est une graminée qui couvre généralement les pentes et les sommets sur des sols dégradés et érodés (Dubois 2004). Une fois lignifiée, cette espèce n'est plus du tout appétée par les bovins. Pour y remédier, les exploitants pratiquent les feux de pâturage pour stimuler une légère repousse d'herbe verte à la fin de la saison sèche lorsque de légères précipitations commencent à apparaître. Une estimation de Boudet (1977) précisait que 10 ha.UBT-1 de savane principalement composée d'*Aristida* sont nécessaires pour couvrir les besoins d'un bovin adulte sur une année. Ainsi, les surfaces occupées par cette espèce peuvent alimentées environ 1250 zébus/année. Après *Aristida* ; *Hyparrhenia* et d' *Heteropogon* sont également présentes en grande quantité dans la région de Tsiroanomandidy. Elles représentent 27,8% des surfaces pâturelles, mais elles ne sont pas dominantes et la surface qu'elles recouvrent diminue au cours de la saison sèche et des années au profit d'*Aristida*. Pour certains éleveurs la présence d'*Hyparrhenia* et d' *Heteropogon* sur une surface est un indicateur de fertilité du sol. Ainsi, ces derniers sont souvent sujets de la dynamique du changement d'utilisation de

l'occupation du sol en faveur des cultures vivrières. Ces changements peuvent avoir des impacts économiques, sociaux et environnementaux dans la région. De plus, ces terres sont généralement soumises à des conflits entre l'agriculture et élevage du fait de leur potentialité d'exploitation dans les deux sens. Il existe, en outre, quelques autres graminées qui occupent une faible partie de la surface non occupée par ces espèces fourragères. Il s'agit de *Cynodon dactylon* et *Eleusine indica* qui représentent respectivement 16,4% et 10,2% des surfaces occupées par les fourrages est sont présente en « tâche » sur les plateaux (Ranaivoarivelo et al. 2004). La validation sur le terrain à indiquer une légère confusion de classification entre ces deux classes, ceci est probablement dû à la présence de ces deux espèces sur une même parcelle. Par contre, une grande majorité d'*Eleusine* tend à s'implanter sur les endroits humides près du fleuve de Manambolo. Ces types de fourrage sont généralement récupérés en sac par les éleveurs laitiers dans les zones périurbaines et qui n'ont pas de surface pour alimenter leur cheptel en stabulation. Enfin, le *Brachiaria Brizantha* qui est une espèce fourragère introduite, représente une surface totale de 1859ha qui équivaut à 5,9% des surfaces occupées par les fourrages. La géolocalisation de cette espèce permet de définir un zonage des élevages laitiers. En effet, les surfaces constituées de *Brachiaria* sont généralement localisées à proximité des élevages laitiers de la région. Ainsi, à partir des données statistiques sur les élevages, cette cartographie permet de déterminer la pression animale sur les ressources, c'est-à-dire le nombre de surface disponible par unité de bétail et de biomasse végétale moyenne théoriquement disponible par unité de bétail. Avec plus de données et d'investigation, ce genre d'analyse peut être effectué sur la totalité de l'espace en incluant toutes les espèces végétales et animales constitutantes. Notamment les zébus qui sont les principaux utilisateurs des ressources pastorales. Cette analyse nécessitera l'utilisation de cartes de distribution du bétail dressées à partir des informations comme les rapports de vaccination des vétérinaires sanitaires mandataires de la région pour les sédentaires et les rapports de délivrance de passeport au niveau des communes environnante pour les nomades. Les cartes permettent d'informatiser et de cartographier les besoins en fourrage.



La carte des besoins est alors comparée avec une carte de disponibilité en aliments pour animaux, pour en dresser une carte de surplus ou de déficit, qui s'avère une connaissance utile pour le développement de la gestion des ressources fourragère à l'échelle régionale. Les résultats obtenus peuvent être extrapolés en termes de besoin animal pour pouvoir estimer le nombre d'animaux pouvant être supporté par la région. Selon la schématisation de Guy Robert (1988), le système d'élevage de Tsiroamandidy pourrait être classé dans le niveau 1 d'intensification de système d'élevage. Ce niveau stipule qu'il y a une légère amélioration du pâturage naturel, par l'introduction d'espèce fourragère améliorante sur une petite proportion des surfaces. La quantité de biomasse produite dans ce niveau d'intensification est estimée entre 1 à 3 t MS/ha/an et la charge relative est de 1 à 2 UBT/ha/an. Ainsi, théoriquement la région de Tsiroanomandidy peut supporter une charge allant jusqu'à 26 269 zébus durant une année. Quoique les données de télédétection puissent estimer la biomasse sur de larges étendues, l'ensemble de celles-ci peut ne pas être disponible, dû à l'existence d'une topographie impraticable, ou de larges trajets. De plus, les modèles de prédiction du présent document, nécessitent encore plusieurs investigations en termes de volume de données satellites et de terrain, pour avoir de meilleurs résultats de classification. Malgré cela, ces résultats peuvent être utilisés, en tant que base de départ pour mieux ajuster l'offre des espèces fourragères par rapport aux besoins par animal. La cartographie s'avère être indispensable pour une meilleure vision instantanée, transversale de l'ensemble du système en vue de faciliter le déplacement des éleveurs vers les lieux de pâturage inexploités. Ces modèles de prédiction des différentes classes des espèces fourragères peuvent être combinés à des modèles de prédiction de la quantité de biomasses fourragère (Razafinarivo et al. 2017) pour une meilleure gestion des ressources.

Conclusion

Il est souvent difficile, voire impossible de gérer la production dans les systèmes d'élevage spatialement extensifs du fait de l'insuffisance de données à grande échelle. Ainsi, le présent document a contribué à une amélioration du système d'élevage extensif de la région de Tsiroanomandidy Madagascar, par l'utilisation combinée de la télédétection et de la modélisation. Une série temporelle d'images satellites optiques à haute résolution spatiale SPOT 5 a été utilisée pour créer une carte d'occupation du sol par l'utilisation de l'algorithme Random Forest. Ces procédés ont permis d'effectuer une classification des différentes espèces constitutantes des pâturages à une précision globale de 77,6%. Une cartographie de la répartition spatiale des différentes espèces fourragères tirée de cette classification a été utilisée pour calculer la capacité de charge de la région. Il est probable que cette approche puisse être utile dans beaucoup de domaines comme la gestion des ressources fourragères, la gestion des conflits entre l'agriculture et l'élevage, l'aménagement du territoire, etc. Plusieurs scénarios pourront être réalisés en fonction des besoins des utilisateurs suivant la disponibilité des surfaces par catégorie d'espèce. Cependant, cette étude est loin d'être exhaustive et mérite d'être approfondie, notamment sur l'augmentation du nombre de parcelle et d'images satellites pour la modélisation. Il est également envisagé d'utiliser de nouvelles technologies, en matière de satellite, comme le couple SPOT 6 et 7 ou encore "Sentinel".

Remerciements

Nous tenons à remercier le projet BIOVA aux appuis techniques et financiers pour la réalisation de cet article.

Références bibliographiques

- Benoit Marc, Girard Colette, Emmanuel De Vaubernier. Comparaison du comportement spectral de prairies permanentes en Lorraine avec leur type d'utilisation. Agronomie, EDP Sciences, 1988, 8 (3), pp.265-272.
- Burel, Baudry, 1999. Ecologie du paysage. Concepts, méthodes et applications. TEC&DOC, Paris.
- DeFries R. et al., 2007. Earth observations for estimating greenhouse gas emissions from deforestation in developing countries. Environ. Sci. Policy, 10(4), 385-394.
- Dubois Charlotte, 2004. Gestion des ressources pastorales et pratiques d'alimentation des bovins dans les bassins versants d'Imamba-Ivakaka (Lac Alaotra, Madagascar), Ecole nationale vétérinaire de Lyon, Thèse n° 143
- FAO. 2014. La conduite d'évaluations nationales des aliments pour animaux, par Michael B. Coughenour & Harinder P.S. Makkar. Manuel de Production et de santé Animales FAO No. 15. Rome, Italie.
- Houry Laura, Clement Rémy, Marc Isenmann, Porteret Jérôme, Jacqueminet Christine. 2012. Application de la télédétection et de l'analyse spatiale pour le développement d'indicateurs de pression sur les zones humides Rhône-Alpines, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Saint Etienne, Université Jean Monnet de Saint Etienne. 101 pages
- Lhoste p., 2004. Les relations agriculture-élevage. Agriculture / Elevage : NORD-SUD, Cirad-DS, délégué aux sciences de l'animal.30p.
- Lillesand T.M., Kiefer R.W. & Chipman J.W., 2008. Remote sensing and image interpretation. Hoboken, NJ, USA: Wiley.
- MAEP. 2005. Textes législatifs et règlementaire sur les secteurs domaniaux et foncier, Agriculture, élevage et pêche. Républikan' i Madagasikara, Ministère de l'agriculture de l'élevage et de la pêche. Janvier 2005, 901 pages.
- MAEP 2004 UPDR – Océan consultant, Actions du Ministère du Ministère, Filières de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche, , filière bovins à viande, Mise à jour : Juillet 2004
- Rasambainarivo J.H. Razafindratsita R, Rakotozandrindrainy R, Country Pasture/Forage Resource Profiles [on line]. [2004/03/10]. <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/AGPC/doc/Counprof/Madagascar/madagascar.htm>.
- Schowengerdt R.A., 2007. Remote sensing: models and methods for image processing. Oxford, UK: Elsevier/Academic Press

22. Limitations édaphiques de la production agricole sur abattis-brûlis en forêt humide malgache

Andry RANDRIANARISON¹, Vonjison Rakotoarimanana¹, Samuel Razanaka², Alexandre Buttler^{3,4,5}, Dominique Hervé⁶

¹Mention Biologie et Ecologie Végétale, Faculté des Sciences, BP 906. Université d'Antananarivo, Madagascar

²Centre National de Recherche pour l'Environnement - CNRE, Fiadanana, BP 1739, 101 Antananarivo, Madagascar

³Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), School of Architecture, Civil and Environmental Engineering, Laboratoire des systèmes écologiques (ECOS), Station 2, CH-1015 Lausanne, Switzerland

⁴WSL Swiss Federal Research Institute, Site Lausanne, Station 2, CH-1015 Lausanne, Switzerland

⁵Laboratoire de Chrono-environnement, UMR CNRS 6249, UFR des Sciences et Techniques, 16 route de Gray, Université de Franche-Comté, F-25030 Besançon, France

⁶UMR 220 GRED (IRD, UPV-UM3), Institut de Recherche pour le Développement. Université Paul Valéry. Montpellier III, France

INTRODUCTION

La pratique de l'abattis-brûlis est le principal système de production agricole pour les ruraux vivant à la lisière des forêts tropicales (Brady, 1996). Cette pratique est considérée comme un système d'utilisation durable des terres dans des conditions de disponibilité de terres abondantes et de faible densité de population (Kleinman et al. 1995). Après quelques cycles de culture sur abattis-brûlis, le pouvoir fertilisant du sol baisse, d'où la nécessité de laisser les parcelles en jachère. Les populations à faible revenu comptent sur de vastes terrains de culture pour assurer leurs moyens de subsistance ; ce qui conduit à une dépendance plus élevée sur le système forestier pour les produits alimentaires et les matières premières (Moreau, 2007). Des initiatives visant à encourager les agriculteurs à se déplacer loin de ce système de production pour sauver les forêts dans certaines régions du monde (Van Vliet et al. 2012) semblent difficiles à mettre en place, surtout face à la difficulté de changer l'attitude des agriculteurs et le manque de moyens pour transformer leur système de production. L'optimisation de la culture sur abattis-brûlis reste une priorité pour la préservation de la biodiversité et un développement durable, par exemple, par l'encouragement des agriculteurs à réutiliser les jachères au lieu d'aller dans la forêt vierge, et en trouvant le cycle de culture optimal pour permettre à la fertilité du sol de se récupérer suffisamment sur les jachères.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

La zone d'étude est localisée dans le corridor forestier de Fianarantsoa, dénommé corridor forestier Fandriana-Vondrozo. Plus précisément, les sites d'étude sont situés entre le parc national (PN) de Ranomafana et le PN d'Andringitra. Ce sont le site d'Ambendrana, de Sahabe et d'Ambalavero. Respectivement, les parcelles observées pour chaque site sont situées entre 1115 et 1269m d'altitude (moyenne altitude), entre 897 et 1084m d'altitude (moyenne altitude) et entre 579 et 662m d'altitude (basse altitude).

Cinquante parcelles sur l'ensemble des trois sites d'étude ont été observées. Ces parcelles sont reparties dans 4 classes d'âge d'abandon (classe I : 0-5 ans, classe II, 6-10 ans, classe III : 11-20 ans, classe IV : 21-30 ans). Les enquêtes auprès des propriétaires des parcelles ont été réalisées, pour connaître l'historique d'exploitation de chaque parcelle, et plus précisément pour déterminer les paramètres suivants : (1) la date de la première défriche ; (2) la date du dernier abandon de culture (qui donne l'âge du recrû actuel) ; (3) le nombre de mises en culture et la durée cumulée des périodes de culture depuis la première défriche jusqu'au dernier abandon de culture ; (4) le nombre de mises en jachère et la durée cumulée des périodes de jachère avant le dernier abandon de culture.

Des prélèvements de sol ont été réalisés au niveau de l'horizon A (0-20cm de profondeur). Sur chaque parcelle, un échantillon d'environ 250g a été prélevé pour analyse au laboratoire. Les analyses chimiques se sont limitées aux principaux éléments connus pour inhiber ou favoriser le développement des plantes tels que l'acidité et la disponibilité en éléments nutritifs du sol. Les particules texturales et éléments chimiques analysés ont été : (1) la proportion en argile (0-2 μ), limon (2-20 μ) et en sable (0,2-2mm). (2) Le pH_{eau}, qui permet de mesurer l'acidité ou la basicité du sol, le pH_{KCl} pour évaluer l'acidité totale ou l'acidité de réserve du sol ; (3) au vue de l'acidité élevée, la disponibilité des éléments minéraux du sol peut être perturbée par l'aluminium échangeable (Al._{éch}), également analysé ; (4) l'azote total (N_{tot} exprimé en g/kg) et le carbone organique (C_{tot} exprimé en g/kg) renseignent à travers le rapport C/N, le degré d'évolution de la matière organique et le potentiel de fourniture d'azote par le sol ; (5) les éléments majeurs indispensables à la croissance et au développement des végétaux que sont le phosphore assimilable (P._{éch} exprimé en mg/kg) et le potassium échangeable (K._{éch} exprimé en mg/kg).

Des analyses statistiques ont été utilisées pour décrire l'historique des parcelles et les caractéristiques du sol ; et pour étudier les relations entre les propriétés du sol et l'historique des parcelles. Une analyse en composantes principales (ACP) décrit l'historique de l'utilisation de toutes les parcelles dans le but d'identifier les variables qui décrivent au mieux et sans redondance ces usages passés. Ensuite, quatre variables historiques des parcelles ont été retenues comme variables explicatives dans l'analyse de redondance (RDA), en utilisant les données sur les propriétés du sol (variable expliquée). L'information donnée par la durée de la culture et la durée de la jachère est contenue dans la durée de l'exploitation et, par conséquent ces deux descripteurs ont été omis. En outre, l'âge d'exploitation correspond à la somme de la durée de culture et de jachère et peut donc être omis sans perte d'information. Une deuxième analyse en composantes principales décrivant les caractéristiques du sol a été réalisée. Pour établir les propriétés texturales de la zone d'étude, les données des variables texturales ont été transposées sur le triangle de texture de Tavernier (Tavernier & Maréchal. 1958).

RESULTATS

Du point de vue texture, les parcelles appartiennent généralement à un même type de texture qui est la texture limono-argilo-sableuse. Toutefois, quelques variations sont observées du fait de la position topographique des parcelles. Quelques parcelles d'Ambendrana ont été observées en haut versant d'où la texture limono-sableuse. A Sahabe, quelques parcelles ont été observées sur des replats à la rive des rivières d'où la texture sablo-limoneuse. Les parcelles appartiennent donc à un même type textural « limono-argilo-sableux ». Après une analyse en composantes principales des caractéristiques chimiques et texturales des parcelles, les axes factoriels expliquent 49% de la répartition des parcelles dans la zone d'étude. L'axe 1 (28,19%) répartie les parcelles selon l'acidité du sol. En effet, le long de l'axe 1, les parcelles avec des pH élevés sont localisées sur l'axe des abscisses négatives et les parcelles à pH faible (sol acide) sont localisées sur l'axe des abscisses positives caractérisées par des quantités importantes en aluminium échangeable et en phosphore assimilable avec un sol plutôt sableux. L'axe 2 (21,13%) repartie les parcelles ayant une quantité importante en matière organique et caractérisées par des sols constitués surtout de particules fines (argile+limon) sur l'axe des ordonnées négatives et les parcelles à faible quantité de matière organique sont localisées sur l'axe des ordonnées positives. Les parcelles dans la zone d'étude sont ainsi reparties selon l'acidité du sol et la réserve en matière organique dans le sol. La corrélation entre les éléments chimiques du sol indique que le pH_{eau} , pH_{KCl} , l'aluminium échangeable ($Al_{éch}$) et le Phosphore assimilable ($P_{éch}$) sont les éléments qui contribuent le plus à la répartition des parcelles donc de la fertilité du sol. Le pH_{eau} et le pH_{KCl} sont corrélés négativement avec l'Aluminium échangeable et le phosphore assimilable. La quantité de l'aluminium échangeable et du phosphore assimilable est ainsi élevée dans les sols acides. L'acidité du sol libère de l'aluminium échangeable rendant ainsi le phosphore indisponible pour les plantes. D'où une quantité importante du phosphore assimilable dans le sol acide. Le phosphore assimilable est ainsi un élément important dans le sol.

L'analyse en composante principales sur les caractéristiques culturales des parcelles indique que les parcelles qui ont été les plus récemment abandonnées sont les parcelles qui ont été les plus exploitées montrant une utilisation intensive du milieu avant l'abandon des parcelles. En effet, l'axe 1 (66%) sépare les parcelles les plus exploitées aux parcelles les moins exploitées et l'axe 2 (18%) repart les parcelles suivant l'âge des parcelles. Les variables historiques des parcelles influent faiblement sur sol. En effet, les variables historiques expliquent que 11,5% sur les caractéristiques du sol. Toutefois, on peut observer que la durée d'exploitation et le nombre de cycle de culture sont corrélés positivement avec les pH du sol. Les parcelles sont donc réutilisées tant que l'acidité du sol ne soit pas élevée. L'âge d'abandon des parcelles est corrélé positivement avec le rapport C/N. Ainsi, l'abandon des parcelles augmente la quantité de la matière organique dans le sol ; ce qui diminue petit à petit l'effet néfaste des cycles de cultures.

DISCUSSION

Dans la zone d'étude, l'aluminium échangeable semble être inversement lié à l'augmentation du pH et au nombre de cycles de culture. Cette relation avec le pH est prouvée (Foy, 1984 ; Delhaize, 1995), et sert également à démontrer un effet indirect possible sur la capacité d'une parcelle à poursuivre l'exploitation de longue durée. Cela est particulièrement le cas étant donné que la plupart des valeurs de pH observées sont autour de 4,5 où l'aluminium existe sous une forme Al^{3+} très mobile et toxique. Cela peut expliquer la forte corrélation négative entre aluminium échangeable et la durée de l'exploitation. Dans l'ensemble, les données sur la fertilité chimique montrent qu'une diminution de phosphore en dessous d'un point critique est le facteur dominant conduisant à l'abandon dans un système déjà caractérisé par une limitation intrinsèque des éléments nutritifs. Randrianarison (2017) affirme que la dynamique de la richesse floristique est proportionnelle à la disponibilité du phosphore assimilable dans le sol ; ce qui conforte le fait que le phosphore est un élément indispensable dans la fertilité du sol. La période de récupération peut varier sensiblement, mais il ressort des différentes études (Styger et al., 2007 ; Raharimalala et al., 2010) que des périodes de plusieurs années sont nécessaires, et à Madagascar en particulier, des périodes de plus de dix ans sont susceptibles d'être un minimum raisonnable pour obtenir une récupération de la fertilité des sols suffisante pour permettre une exploitation plus poussée.

La durée de la jachère n'est pas prédéterminée mais dépend plutôt de la structure de la végétation (Some & Alexandre, 1997), des anciennes pratiques de culture, et de la disponibilité des terres. Styger et al. (2007) ont trouvé, dans les forêts de l'Est de Madagascar que la perte de fertilité apparaît après seulement trois cycles de culture ; ce qui est indiqué par le développement des espèces herbacées et des fougères dans les jachères. L'intensité de l'utilisation des parcelles par la population locale se manifeste surtout sur les propriétés du sol que sur la végétation. En effet, le développement de la végétation dépend du niveau de fertilité du sol (Randrianarison et al., 2015b). Après plus de six cycles de culture-jachère, le recouvrement de la fertilité des sols prendrait 20 ans au moins. Le retour de la fertilité est un processus important dans la régénération forestière. L'âge d'abandon des parcelles n'est pas un indicateur précis du retour de la fertilité. En effet, le temps du retour de la fertilité d'une parcelle qui a subit 1 à 3 cycles de culture est plus court qu'une parcelle qui a connu plus de 4 cycles de culture. Le nombre de cycles de culture est important car il affecte significativement à la fois la litière et la phytomasse vivante de la végétation (Eaton & Lawrence, 2009, Randrianarison et al., 2016). Un grand nombre de cycles de culture implique plus de feu, de dégradation du sol et une évolution du contenu de la banque de graines (Guariguata & Ostertag, 2001). La combinaison d'un labour intense et d'une longue durée de culture conduit à la prolifération des espèces herbacées et à la diminution de la richesse spécifique (Randrianarison et al., 2015a), de la surface basale et de la hauteur maximale des espèces (Randriamalala et al., 2012).

CONCLUSION

L'utilisation antérieure des terres a un effet durable sur les caractéristiques du sol, notamment sur le retour de la fertilité du sol. Plus l'intensité de l'utilisation des parcelles est élevé, plus la vitesse de régénération est lente. Le cycle culture-jachère ou cycle cultural et l'âge d'abandon sont les facteurs de l'historique des parcelles qui influent le plus sur le milieu. Des cycles culture-jachère nombreux (3-4 cycles) couplés avec des temps de jachère relativement courts (2-3 ans) peuvent dégrader les propriétés du sol. Pour optimiser la culture sur abattis-brûlis, une meilleure gestion des pratiques agricoles est de mise. Alternée les périodes de cultures par des périodes de jachères longues (environ 5 ans) est à recommander pour que la restitution de la fertilité du sol soit adéquate pour une pérennisation de la culture. Il faut également réduire au minimum l'utilisation des labours.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Brady, N.C. 1996 - Alternatives to slash and burn: a global imperative. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 58(1 - 2): 3 - 11.
- Delhaize, P.R.R. 1995 - Aluminum Toxicity and Tolerance in Plants. *Plant Physiology* 107, 315 p.
- Eaton, J.M. et Lawrence, D. 2009 - Loss of carbon sequestration potential after several decades of shifting cultivation in the Southern Yucatán. *Forest Ecology and Management*, 258: 949 - 958.
- Foy, C.D. 1984 - Physiological Effects of Hydrogen, Aluminum, and Manganese Toxicities in Acid Soil. Soil acidity and liming. *Agron.Ser*, 12: 57 - 97.
- Guariguata, M.R. et Ostertag, R. 2001 - Neotropical secondary succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management*, 148: 185 - 206.
- Kleinman, P.J.A., Pimentel, D. et Bryant, R.B. 1995 - The ecological sustainability of slash - and - burn agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 52 : 235 - 249.
- Moreau, S. 2007 - Du cercle vicieux de la pauvreté et de la déforestation : une analyse critique à la lumière des dynamiques sociales de la déforestation constatées dans le sud - est du Betsileo. Communication présentée lors du colloque « *Dynamiques rurales à Madagascar : perspectives sociales, économiques et démographiques* », Antananarivo (Madagascar) : Colloque organisé conjointement par : l'Institut National de la Statistique (INSTAT), la cellule du Réseau des Observatoires Ruraux de l'EPP/PADR, l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) et le GIE DIAL. le 23 - 24 avril 2007, 3 p.
- 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.
- Randriamalala, R.J., Hervé, D., Randriamboavonjy, J - C. et Carrière, S.M. 2012 - Effects of tillage regime, cropping duration and fallow age on diversity and structure of secondary vegetation in Madagascar. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 155 :182 - 193.
- Randrianarison A., Rakotoarimanana V., Buttler A., Razanaka S., Carrière S.M. et Hervé D. 2016- Accumulation de la phytomasse végétale au cours de la succession forestière humide de Madagascar. Akon'ny ala 33 : 7-18.
- Randrianarison A., Razanaka S., Rakotoarimanana V., Buttler A., Carrière S.M. et Hervé D. 2015a- Succession floristique de forets secondaires humides du sud-est de Madagascar. In Hervé D. (ed), Razanaka S. (ed), Rakotondraompiana S. (ed), Rafamantanantsoa F. (ed), Carrière S.M., (ed). Transition agraires au sud de Madagascar. Résilience et validité, deux facettes de la conservation : actes du séminaire de synthèse du projet FPPSM. Antananarivo : IRD, 2015, p.15-30. Séminaire de synthèse du projet FPPSM "Forets, Parcs, Pauvreté au Sud de Madagascar", Antananarivo (MDG), 2013/06/10-11. ISBN 978-2-7099-1891-6.

- Randrianarison A., Schlaepfer R., Mills R., Hervé D., Razanaka S., Rakotoarimanana V., Carrière S.M. et Buttler A. 2015b- Linking historical land use to present vegetation and soil characteristics under slash-and-burn cultivation in Madagascar. *Applied Vegetation Science*. DOI : 10.1111/avsc.12202. Mis en ligne le 07 octobre 2015.
- Some, A. et Alexandre, D.Y. 1997 - Savoir paysan et lecture des indices de fertilité du sol en zone soudanienne. *Développement durable au Sahel. Karthala*. pp.159 - 166.
- Styger, E., Rakotondramasy, H.M., Pfeffer, M.J., Fernandes, E.C.M. et Bates, D.M. 2007 - Influence of slash - and - burn farming practices on fallow succession and land degradation in the rainforest region of Madagascar. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 119: 257 - 269.
- Tavernier, R. et Maréchal. R. 1958 - Cartes des associations des sols de la Belgique. *Pédologie*, 7: 134 - 182.
- Van Vliet, N., Mertz, O., Heinemann, A., Langanke, T., Pascual. U., Schmook, B., Adams, C., Schmidt - Vogt, D., Messerli, P., Leisz, S., Castella, J. - C., Jørgensen, L., Birch - Thomsen, T., Hett, C., Bech - Bruun, T., Ickowitz, A., Vu, K.C., Yasuyuki, K., Fox, J., Padoch, C., Dressler, W., et Ziegler, A.D. 2012 - Trends, drivers and impacts of changes in swidden cultivation in tropical forest - agriculture frontiers: A global assessment. *Global Environmental Change*, 22 : 418 - 429.

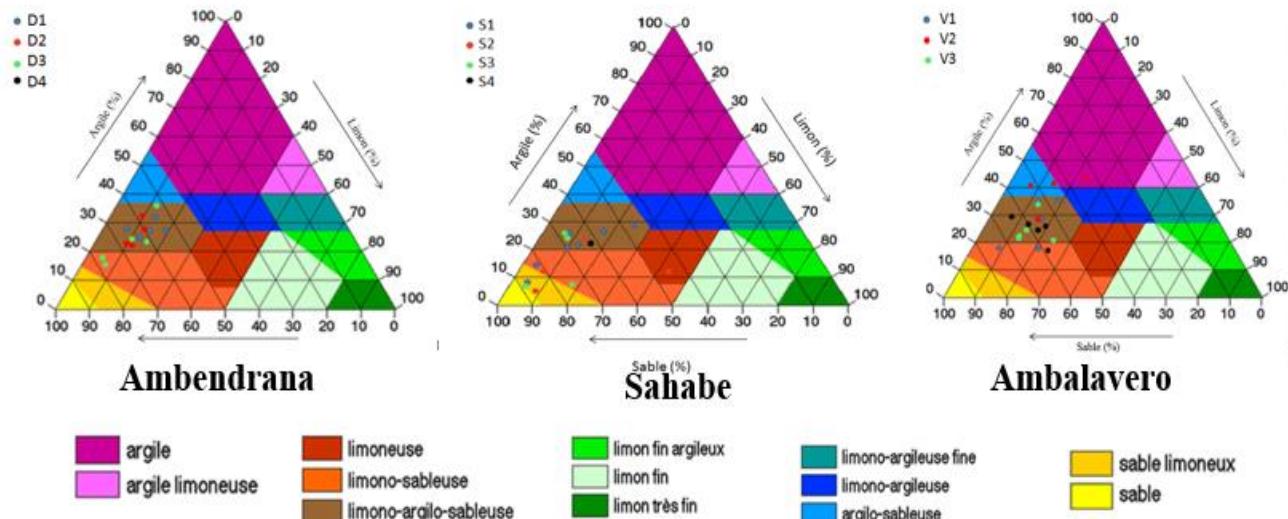


Figure 1 : Transposition de la granulométrie du sol sur le triangle de texture de Tavernier dans les sites d'étude

Les parcelles sont numérotées selon le site (S: Sahabe; D: Ambendrana; V: Ambalavero) et la classe d'âge d'abandon (classe 1: 0-5 années ; classe 2: 6-10 années; classe 3:11-20 années ; classe 4: 21-30 années).

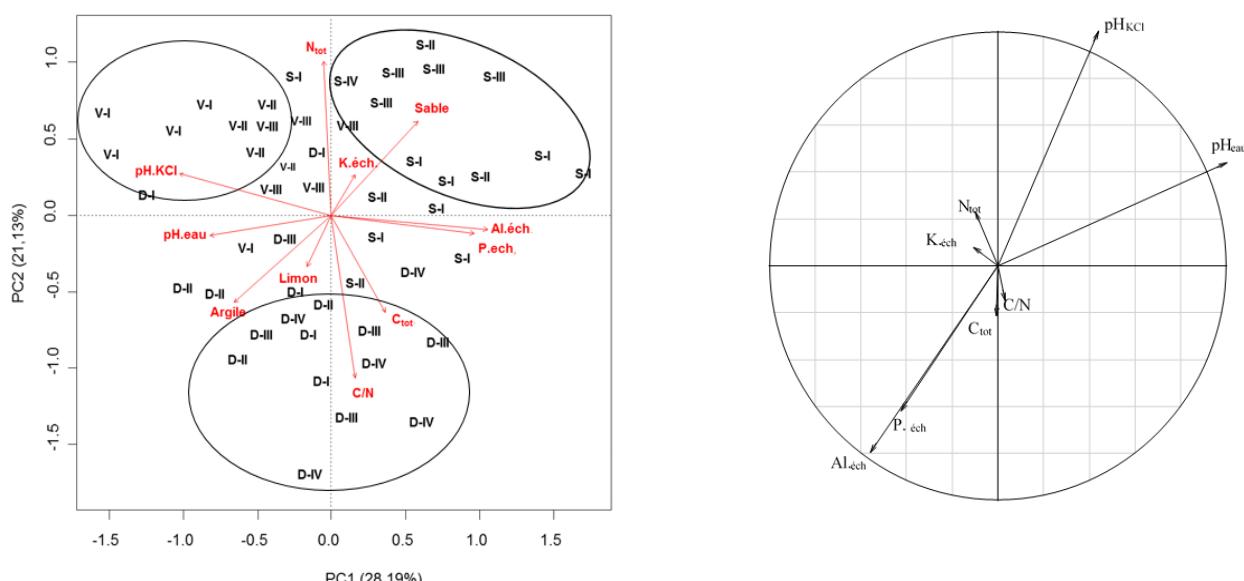


Figure 2 : Premier plan factoriel de l'analyse en composantes principales présentant les caractéristiques du sol (a) et Cercle de corrélations des variables chimiques du sol (b)

Les parcelles sont numérotées selon le site (*S*: Sahabe; *D*: Ambendrana; *V*: Ambalavero) et la classe d'âge d'abandon (classe I: 0-5 années ; classe II: 6-10 années; classe III:11-20 années ; classe IV: 21-30 années).

Les éléments du sol sont notés N_{tot} : Azote total. C_{tot} : Carbone total. C/N : rapport Carbone total sur Azote total. $K_{éch}$: Potassium échangeable, $Al_{éch}$: Aluminium échangeable, $P_{éch}$: Phosphore assimilable. Dimension des particules caractérisant les textures : Argile (0-2 μ), Limon (2-20 μ), Sable (0,2-2mm)

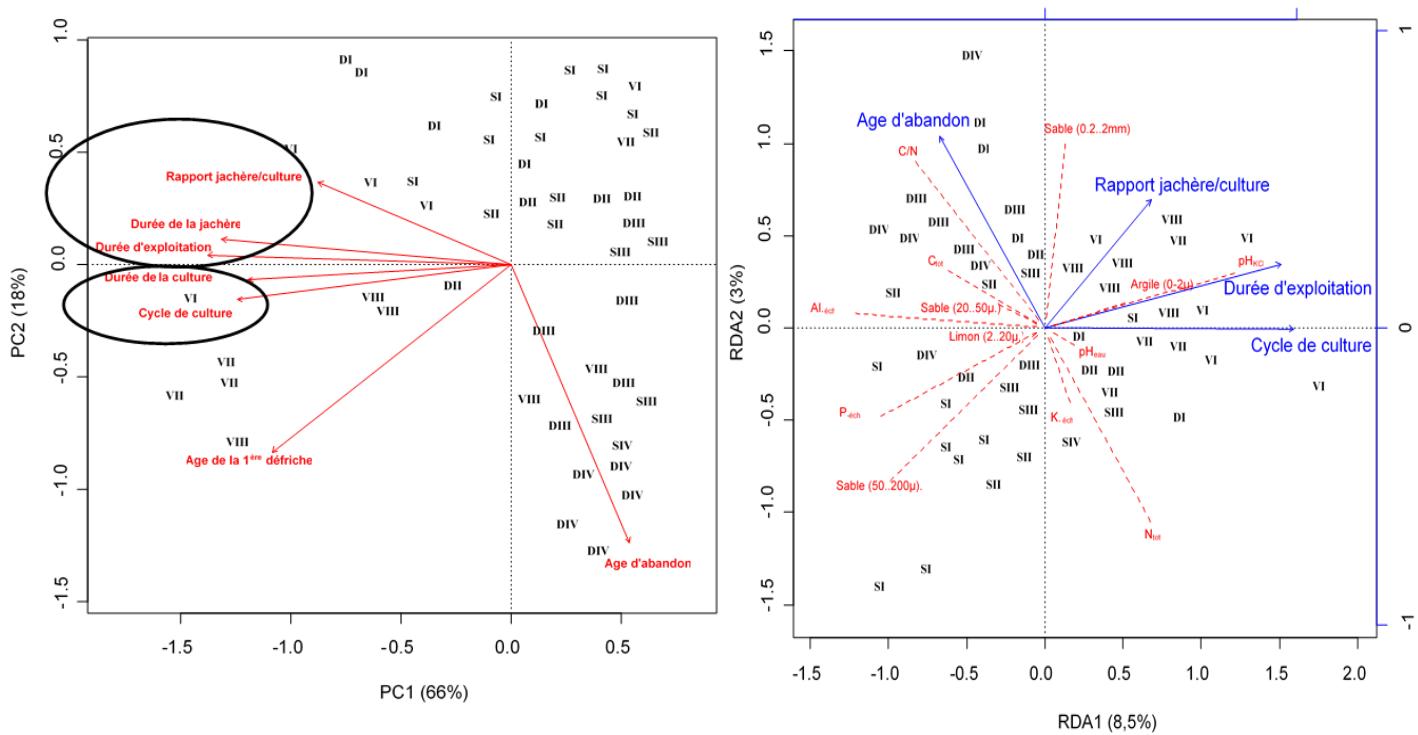


Figure 3 : Premier plan factoriel de l'analyse de redondance présentant les propriétés du sol (a) et les variables explicatives sur l'historique des parcelles (b)

Les parcelles sont notées V=Ambalavero, S=Sahabe, D=Ambendrana. Les chiffres romains désignent les classes d'âge (classe I : 0-5 ans, classe II : 6-10 ans, classe III : 11-20 ans, classe IV : 21-30 ans). Les éléments du sol sont notés N_{tot} : Azote total. C_{tot} : Carbone total. C/N : rapport Carbone total sur Azote total. $K_{éch}$: Potassium échangeable, $Al_{éch}$: Aluminium échangeable, $P_{éch}$: Phosphore assimilable

23. Impacts du « Foza orana » (*Procambarus sp.*) sur la riziculture irriguée et la faune aquatique. Alternative pour sa transformation en alimentation animale.

OLIARINONY Ranalison, RASAMY RAZANABOLANA Jeanne, et RANAIVOSOLO Ravomiarana Andrianaivo

Mention de Zoologie et Biodiversité Animale, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, laboratoire de biologies des populations aquatiques (LBPA)

RESUME

L'invasion de *Procambarus* sp. (« Foza orana ») à Madagascar, figure parmi les dangers aussi bien dans le domaine de la riziculture irriguée que dans le domaine de la pêche. La compétition interspécifique avec les crustacés d'eau douce et les poissons endémiques engendrerait une diminution de la diversité de la faune aquatique. La bonne connaissance des bio agresseurs comme le « Foza orana » en vue d'une lutte efficace, est indispensable pour parvenir à un développement durable. En effet, des recherches ont été menées en 2011 et en 2014, pour étudier d'une part les dangers provoqués par le « Foza orana » et d'autre part pour analyser ses constituants minéraux et organiques. Le présent travail a pour objectif d'apporter des informations complémentaires relatives à la connaissance de la biologie de cette espèce et notamment des suggestions en perspective de le transformer en alimentation humaine et/ou animale. Une recherche effectuée en 2014 sur seize villages dans le district de Moramanga a montré l'habitat préférentiel de cette espèce : elle est plutôt abondante dans les canaux près des rizières que dans les cours d'eau de marais (test Chi deux», $p<0.05$, $ddl = 7$). Au mois de décembre 2010 jusqu'au mois de

décembre 2011, des recherches ont été menées sur cinq rizières localisées à Antananarivo pour étudier les destructions causées par *Procambarus* sp. Un transect de diguette mesurant 10 m de long par rizière a été prospecté. Le nombre de terriers creusés par ces écrevisses invasives varie de 3 à 15. L'enquête réalisée auprès des riziculteurs a révélé que les rizières envahies abondamment par cette espèce sont difficilement irriguées à cause de ces terriers. La dissection de 305 individus a permis de déduire que 48% des contenus stomacaux sont des débris de végétaux dont 6 % sont constitués de racines, 27% sont des débris d'animaux, 20% de la vase et des sédiments fins, le reste non identifiable. Le rendement de la récolte du riz a été faible dans les rizières infestées par *Procambarus* sp. En ce qui concerne les éléments nutritionnels contenus dans le corps de cette espèce, la quantité d'eau s'élève à 73% jusqu'à 79%. Par contre, chez les Cardines et les Chevaquines, elle varie de 9% à 15%. *Procambarus* sp. est riche en potassium par rapport aux Cardines (0.9%) et aux Chevaquines (1.22%). Par contre, par rapport à ces groupes de crustacés, cette espèce est pauvre en calcium (0.16%), en magnésium (0.09%) et en phosphore (0.29%). De même, elle apporte peu d'énergie (83.4%Kcal), et les pourcentages de protéines (18.23%), de lipides (1%), et de glucides (0.37%) sont faibles. Ainsi, cette espèce envahissante pourrait être valorisée uniquement comme complément nutritionnel des animaux.

Mots clés : Foza orana, *Procambarus* sp, riziculture, valorisation, composants organiques, composants minéraux.

INTRODUCTION

La prolifération de *Procambarus* sp. (Faxon, 1884) (« Foza orana ») dans la région d'Analambana est une grave menace qui provoquerait de sérieux dégâts à la riziculture et la faune aquatique. Cette espèce est introduite illicitement et a été observée pour la première fois entre 2003 et 2005 aux alentours d'Antananarivo. Cependant, le travail scientifique sur cette écrevisse exotique n'a commencé qu'en 2006 (Jones et al. 2009). Sa propagation est rapide (Henttonen and Huner, 1999), elle gagne actuellement du terrain sur l'ensemble de territoire du pays. Les espèces de *Procambarus* sont porteur sain de peste d'écrevisse appelée *Aphanomyces astaci* (Alderman & Polglase, 1988).

La problématique réside sur l'insuffisance de données relatives aux impacts de cette écrevisse dans le milieu où elle vit. Etant donné qu'elle est une espèce introduite, il pourrait y avoir une idée de pratiquer son élevage (Rasamy et al. 2014) dans le but d'apporter plus de protéine à l'alimentation tant humaine qu'animale.

Les espèces de *Procambarus* étudiées dans le pays européens causent des effets néfastes sur la riziculture. En Espagne, elle est responsable de la baisse des rendements du riz. Il en est de même aux Etats-Unis, où son comportement fouisseur a endommagé les cultures de riz (Anonyme, 1995). Auparavant, aucune étude scientifique sur son effet à la riziculture n'a été réalisée. Ainsi, la recherche effectuée en 2010-2011 a pour but de connaître et d'approfondir les effets néfastes provoqués par *Procambarus* sp. sur les rizières, la culture et le rendement du riz, suivi de l'analyse des contenus stomacaux de cet animal. Toujours dans cette optique, une autre recherche a été menée en 2014 pour étudier son habitat préférentiel, ainsi que les éléments minéraux et organiques constitutifs de *Procambarus* sp. Le présent travail a pour objectif d'apporter des informations complémentaires relatives à la connaissance de la biologie de cette espèce et notamment des suggestions en perspective de le transformer en alimentation animale. Deux hypothèses seront annoncées et à vérifier : - *Procambarus* sp. Pourrait créer de dégâts sur les diguettes, les rizières et les plants de riz, provoquant une réduction du rendement de la récolte de riz. - Les valeurs nutritionnelles de *Procambarus* sp. Seraient inférieures par rapport à celles de Cardines et de Chevaquines.

METHODOLOGIE

L'effet néfaste de cette écrevisse envahissante a été étudié sur cinq rizières dans la région d'Analambana, Antananarivo. Les observations s'étaient déroulées entre décembre 2010 jusqu'à avril 2011. Toutefois, trois campagnes d'échantillonnages seulement ont pu être réalisées à cause de l'inaccessibilité des rizières pendant la période de repiquage et la récolte du riz. *Procambarus* sp. et les autres taxa de la faune aquatique ont été échantillonnés et collectés à l'aide d'épuisettes. La fouille et le dénombrement des galeries creusés par cette espèce envahissante ont été effectués dans trois quadras, et dans un transect de diguette mesurant 10 m de long par rizière et par campagne. La profondeur de l'eau ainsi que la profondeur de la vase ont été mesurées. Des enquêtes ont été menées auprès d'une quinzaine de cultivateurs pour compléter et/ou affirmer les résultats obtenus par l'échantillonnage et les observations directes.

La formule de Vilain a été adoptée pour le calcul de rendement des récoltes du riz. Le calcul du rendement (en g/m²) est égal au nombre de plantes par mètre carré, multiplié par le nombre moyen d'épis par plante, multiplié par le nombre moyen de graines par épis, multiplié par le poids moyen (g) d'une graine plein de paddy (Vilain, 1988).

$$R = \text{Nb plantes} / \text{m}^2 \times \text{Nb moyen d'épis/plante} \times \text{Nb moyen de graines/épi} \times \text{Poids moyen d'1 graine}$$

Après le calcul, le rendement obtenu exprimé en grammes par mètre carré sera à convertir en tonnes par hectare. Les contenus stomacaux de *Procambarus* sp. ont été observés au laboratoire de la Mention de Zoologie et Biodiversité Animale, de l'Université d'Antananarivo.

La recherche permettant de déterminer l'habitat préférentiel de *Procambarus* sp. a été effectuée en 2014. Des nasses et des épuisettes ont été utilisées pour la capture de Foza orana dans 16 points de prélèvement dans des villages localisés dans le district de Moramanga. Les longueurs du céphalothorax (LCT) des individus échantillonnés ont été mesurées pour pouvoir établir la structure de population en trois classes décrites ci-après. La classe 1 correspond aux individus ayant la LCT inférieure à 10 mm, la classe 2 est caractérisée par les individus ayant la LCT supérieur à 10 mm, à 25 mm. La classe 3 regroupe les individus ayant la LCT supérieur à 25 mm. Les données collectées ont été traitées par le test de Chi deux. Les analyses de compositions organiques et minérales de cette écrevisse introduite ont été réalisées dans le laboratoire du Centre National de Recherche sur l'Environnement (CNRE), Antananarivo.

RESULTATS

Le tableau suivant (Tab.1) illustre les résultats obtenus sur l'étude effectuée sur la riziculture.

Tableau 1. Nombre de galeries creusées par Foza orana par rizières et la profondeur de l'eau dans les rizières et celle de la vase.

	Nombre de trous (galerie) dans les diguettes	Profondeur de l'eau (en cm)	Profondeur du fond de rizières avec la vase (en cm)
Rizières 1	7 à 15	4 à 5 (moyenne : 4.5)	7 à 11
Rizières 2	1 à 4	5 à 11 (moyenne : 4.5)	4.5 à 12.5
Rizières 3	3 à 4	4 à 5.5 (moyenne : 4.75)	2 à 7.75
Rizières 4	0	3 à 11 (moyenne : 7)	18.5 à 20
Rizières 5	1 à 3	2.5 à 6 (moyenne : 4.25)	2 à 2.5

La profondeur de l'eau des rizières est presque identique, avec une moyenne variant de 4.25 cm à 4.75 cm, sauf la rizières 4 dont la profondeur moyenne est élevée (7 cm) et la rizières 2 dont la moyenne est presque le double de celle des trois autres rizières. La profondeur du fond de la rizières 1 est la plus élevée. Pendant la période d'échantillonnage, aucun terrier n'a été observé dans cette rizières. La rizières 1 est la plus infestée car le nombre de galerie est le plus abondant. Selon les réponses de cultivateurs lors des interviews, quand l'abondance ou la densité du Foza orana est élevée dans une rizières, la capacité de rétention de l'eau des rizières devient faible à cause du nombre élevé des terriers. Le tableau 2 récapitule les résultats obtenus sur la culture du riz et les rendements.

Tableau 2. Variétés de riz cultivées et rendements rizicoles

	variétés	Nbre plts/m ²	Epis/plts	Nb moy grains/epi	Poids d'un grain(g)	REDT g/m ²	REDT t/ha
Rizières 1	Vary botry	24.67	5.2	35.67	0.03	128.1	1.28
Rizières 2	Nº1285	35.00	15.60	18.70	0.03	357.4	3.57
Rizières 3	M110	abimé	abimé	0	0	0	0
Rizières 4	Manaingatakotra	27.00	10.43	64.73	0.03	547.0	5.47
Rizières 5	Vary botry	54.00	4.83	59.87	0.03	421.9	4.219

(Nbre plts : nombre de plants de riz; Nb moy : nombre moyen; REDT : rendement)

La culture de la rizières 3 est abimée par les ravageurs à savoir le rat et *Procambarus* sp. Le rendement de la production de la rizières 1, où les terriers de Foza orana sont les plus abondantes, est le plus faible (1.28t/ha).

En ce qui concerne les contenus stomacaux, 48% sont formés de débris végétaux dont 6 % sont constitués de racines, 27% sont des débris animaux (fig.1), 20% de la vase et des sédiments fins, le reste est non déterminé.

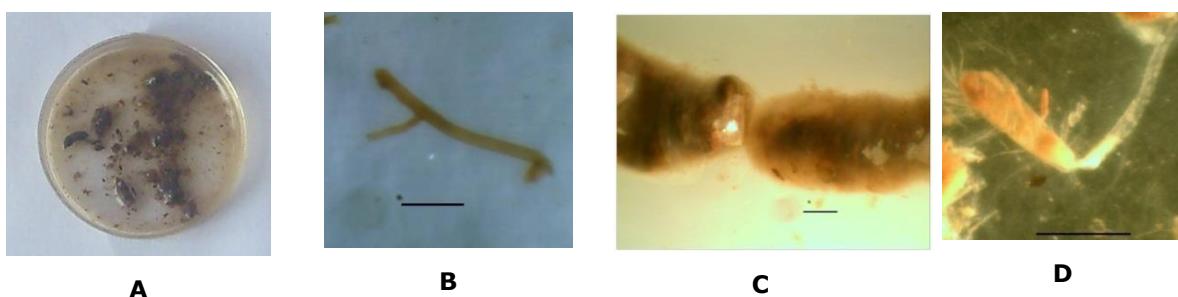


Figure 1. Photos des différents éléments des contenus stomacaux), échelle : 1 mm (clichés de Ranaivosolo, 2011) : **A.** Contenu constitué surtout de boue et de sable, **B.** Racine d'une plante, **C.** Ver de terre ; **D.** Patte d'une larve d'éphéméroptère

Quant à l'habitat préférentiel et la structure de la population, environ 540 individus ont été échantillonnés, mais 350 individus ont été mesurés. Pour les diguettes des rizières, toutes les classes de taille ont été observées. 28% des individus échantillonnés sont constitués de la classe 1,64% appartiennent à la classe 2 et le reste est formé par des individus de grande taille. En effet, la population de Foza orana dans les diguettes de rizières est plus diversifiée en taille et également plus abondante, elle constitue plus des 80% des individus mesurés. Ce qui n'est pas le cas dans les canaux de marais, presque toute la population appartient à la classe 2 et les Foza orana y sont moins abondants. En comparant les résultats dans les deux types d'habitats, une différence significative des classes de taille a été observée selon le test chi deux ($p<0.05$, ddl = 7).

Les résultats de l'analyse des éléments constitutifs de *Procambarus* sp. montrent la quantité élevée en eau, car elle constitue 73% jusqu'à 79% de la matière fraîche. Cette espèce est riche en potassium (22%). Elle est pauvre en calcium (0.16%), en magnésium (0.09%) et en phosphore (0.29%). De même, elle apporte peu d'énergie (83.4%Kcal), et les pourcentages de protéines (18.23%), de lipides (1%), et de glucides (0.37%) sont également faibles.

DISCUSSIONS ET CONCLUSION

Les faibles valeurs de la profondeur moyenne de l'eau des rizières (4.25 cm à 4.75 cm) pourvues de galeries creusées par le Foza orana permet d'affirmer les résultats d'enquêtes auprès des cultivateurs. Leur observation basée sur la faible capacité de rétention des rizières infestées par les Foza orana corrobore aux résultats obtenus marqués par la diminution du niveau de l'eau voire l'assèchement. L'impact négatif de la présence de *Procambarus clarkii* dans l'eau de rizière a été constaté aussi par Anastácio et ses collaborateurs dans ses recherches à Louisiana aux Etats-Unis en 2005. Le rendement des rizières 3 et 1 sont respectivement nul et faible (1.28 t/ha) à cause de l'effet combiné de la présence des ravageurs (rat et foza orana), des bioagresseurs qui auraient les grains de paddy ou les racines et les jeunes plants. La forte densité de *Procambarus* dans une rizière nuit à la germination, et au développement du riz (Anastácio et al. 2005). Il mérite d'être signalé que la variété cultivée et la technique culturale sont parmi les facteurs déterminants du rendement du riz, à part le dégât causé par ces bioagresseurs. Le mode alimentaire du Foza orana permet de classer cet animal comme des invertébrés nuisibles, mais il pourrait que cette espèce soit utile, car elle peut dévorer aussi les racines des mauvaises herbes à condition qu'elles aient une densité faible. Les œufs de poissons ou les jeunes larves des autres faunes aquatiques sont consommés par *Procambarus* sp. Par conséquent, la présence de cette écrevisse envahissante défavorise la pratique de la riziculture. Elle devient un animal compétiteur des poissons herbivores et des carnassiers.

L'existence de différents types de taille de Foza orana dans les diguettes de rizières peut s'expliquer par la richesse de l'alimentation et des plantes aquatiques dans les canaux de rizières ou les diguettes. Dufour (2011) stipule que, plus la végétation aquatique, constitue une biomasse considérable, plus la microfaune et la macrofaune sont importantes. La plupart des espèces de *Procambarus*, en l'occurrence *Procambarus clarkii*, préfèrent les eaux calmes (comme les rizières et les marais) qui sont souvent recouverts des plantes aquatiques (Collectif, 1996). Les résultats du présent travail rejoignent l'observation d'Oliveira et Fabiao en 1998. En effet, ces chercheurs ont constaté que *Procambarus clarkii* est abondant dans les rizières et les canaux d'irrigation.

La comparaison des éléments organiques et minéraux du Foza orana par rapport à l'étude effectuée par Randrianatoro (1996) sur les Cardines (patsa mena, Famille des Atyidae, les espèces de *longirostris*, *nilotica*, *isaloensis*) et les Chevaquines (patsa fotsy, Famille des Sergestidae, genre des Acétès, espèce d'*érythraetus*) a permis de conclure que la quantité de l'eau est relativement faible chez ces Atyidae (9%) et Sergestidae (15%). Toujours est-il que par rapport à ces groupes de crustacés, *Procambarus* sp. est pauvre en calcium (0.16%), en magnésium (0.09%) et en phosphore (0.29%). De même, elle apporte peu d'énergie (83.4%Kcal), et les pourcentages de protéines (18.23%), de lipides (1%), et de glucides (0.37%) sont faibles. Par contre, *Procambarus* sp. est riche en potassium (22%). Cette espèce présente une teneur en eau plus élevées. Les Cardines ne possèdent que 9% de matière fraîche et les Chevaquines 15%. Cette forte teneur en eau chez le Foza orana, 5 fois plus de la quantité trouvée dans les patsa, pourrait s'expliquer par le fait que le Foza orana exige beaucoup d'humidité et c'est la raison pour laquelle, elle creuse des terriers pendant la période sèche. Ces galeries servent également de lieu de refuge vis à vis des prédateurs en particulier pendant les stades fragiles notamment pendant les périodes de mue (Nyström, 2002).

Pour conclure, les hypothèses annoncées ont été vérifiées. *Procambarus* sp. présente des effets néfastes sur la riziculture et cette espèce introduite vient s'ajouter à la liste des ravageurs bioagresseurs de la culture du riz. Vu que les éléments nutritionnels de Foza orana sont généralement faibles par rapport aux patsa, il nous semble utile de le transformer en aliment complémentaire pour les animaux d'élevage.

Cette utilisation contribuerait au contrôle de ce bioagresseur de la riziculture. Il est à recommander de pratiquer les collectes massives de Foza orana pour limiter son invasion. Pour freiner sa dispersion, il est indispensable de renforcer la sensibilisation de la population entière de Madagascar, suivie de l'application des réglementations et des lois. En perspectives, il faut poursuivre les recherches avec amélioration de la méthodologie. Il est nécessaire de mettre en place des parcelles d'expérimentation de riziculture avec des paramètres standardisés (variété du riz cultivé, technique culturelle, perturbation des autres bioagresseurs maîtrisée). En outre, il faudrait une étude approfondie de la détermination du seuil de tolérance de l'environnement agronomique face à la présence de *Procambarus* dans le milieu. En d'autres termes, déterminer à partir de quelle taille cet animal présente des effets significatifs sur le rendement rizicole.

REFERENCES CITEES

- Alderman, D.J. & Polglase, J. 1988. Pathogens, parasites and commensals. In D.M. Holditch, & R.S. Lowery (Eds.), Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation (pp. 167-212)
- Anastácio, P.M., Correia, A. M. & Parente, V. S. 2005. Crayfish effects on seeds ad seedlings: identification and quantification of damage. *Freshwater Biology*, 50 : 697-704.
- Anonyme 1995. *Procambarus clarkii*. In astaciculteur de France, vol. 44, pp. 20.
- Collectif, 1996. Premiers résultats de l'enquête écrevisse. Conseil Supérieur de la Pêche. Direction Technique et Scientifique, Paris. Express, pp. 5 + annexes.
- Dufour, O. 2011. Préférences écologiques du « Fartet » (*Aphanius iberus*) en lagune artificielle. Master 2 : Ecologie des Zones Humides Méditerranéennes. Institut de Recherche et de Technologies agroalimentaires.
- Faxon, W. 1884. Descriptions of new species of *Cambarus*; to which is added a synomical list of the known species of *Cambarus* and *Astacus*. Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences 20:107-158.
- Jones, J.P.G., Rasamy, J.R., Toon, H. A. T., Oidtmann, B., Randrianarison, M. H., Raminosoa, N. & Ravoahangimalala, O. R. 2008. The perfect invader: a patenogenetic crayfish pose a new threat to Madagascar's freshwater biodiversity. *Biol Invasions*. Springer Science+Business Media B.V.
- Henttonen, P. & Huner, J.V. 1999. The introduction of alien species in Europe: a historical introduction. In: Gherardi, F and Holdich, D.M, Editors, 1999. *Crayfish in Europe as Alien Species. Crustacean Issues 11*, A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 13-22.
- Nyström, P. 2002. Ecology. In *Biology of freshwater crayfish*, ed. D. H. Holdich. Pp. 192 – 235. Blackwell Scientific, Oxford.
- Oliveira, J. & Fabiao, A. 1998. Growth responses of juvenile red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, Girard, to several diets under controlled conditions. *Aquacult. Research*, 23, 123 – 129.
- Randrianatoro, H. N., 1996. "Contribution à l'étude de la valeur nutritionnelle des Cardines et des Chevaquines"-Mémoire de-CNRE- Faculté des Sciences-Antananarivo
- Rasamy, R. J., Oliarinony, R., Andriantsoa, R., Andriatsitohaina, M., Hanitriniaina, C., Rambeloson, R. & Ranaivosolo, R. A. 2014. Evaluation de la présence de *Procambarus* sp. dans les habitats naturels du site minier et ses environs ; évaluation des risques d'intrusion ; proposition de mesures de détection, de prévention et d'éradication rapide en cas d'intrusion. Rapport final. Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo / Ambatovy.
- Vilain, M. 1988. La production végétale. Volume 1. Les composantes de la production agriculture d'aujourd'hui. Sciences et techniques. Application, 438p.

OUTILS, SUIVI

24. Loharano, la base de données des ressources génétiques des plantes cultivées à Madagascar

Tendro. RADANIELINA¹, A. RAKOTONDRAVAO², V. ANDRIANAVALONA², A. RAMANANTSOANIRINA³

¹DBEV, Université d'Antananarivo, ²FOFIFA Antananarivo, ³FOFIFA Antsirabe

Résumé

La diversité des plantes cultivées à Madagascar a été l'objet de plusieurs études réalisées par différentes institutions et dans différentes régions. Ces études montrent l'importance quantitative et qualitative de la diversité génétique et variétale dans la grande Ile. Malgré l'abondance des travaux de recherches effectués pendant les vingt-cinq dernières années, les données obtenues ne sont ni centralisées ni

structurées, ainsi elles sont difficiles à exploiter et à valoriser sans tenir compte du risque lié à la redondance. Pour pallier à ce problème, une base de données appelée Loharano ou Magadasikara Crop Diversity Portal a été créé. Elle a pour ambition, dans un premier temps, de rassembler dans une seule plateforme toutes les données sur les recherches concernant la diversité génétique des plantes cultivées à Madagascar, et dans un deuxième temps, toutes les données sur les recherches agronomiques. Elle mettra à la disposition des usagers : chercheurs, techniciens, agriculteurs ou paysans les détails des recherches effectuées ainsi que les résultats obtenus. L'accès sera gratuit en ligne et en trois langues, l'interrogation de la base est facile. Loharano a été créé à partir du couple Mysql et Php qui sont deux outils de gestion de base de données relationnelles libres et gratuits les plus utilisées actuellement. La mise en place de cette plateforme a suivi la démarche classique de création de base de données : (i) analyse des besoins par une série d'enquêtes et d'entretiens ; (ii) création d'un modèle conceptuel de base des données ; (iii) création d'un modèle logique de base de données ; (iv) écriture des codes dans le SGBD ; et (iv) une série de tests afin de voir son efficacité et d'améliorer sa fonctionnalité. Les résultats montrent l'efficacité de cet outil comme source d'informations et outil d'aide à la décision. L'extension de la plateforme Loharano pour l'ensemble de données sur les recherches agronomiques malagasy est envisageable afin de contribuer au développement rural du pays.

Mots clés : Base de données, Mysql-Php, Diversité génétique, Loharano, Plantes cultivées

1. Introduction :

Les banques de gènes des Centres et institutions de recherches (FOFIFA, FIFAMANOR, CNRE, CNARP, Universités, IMRA...) nationaux jouent un rôle important dans la conservation des ressources génétiques animales et végétales pour l'alimentation et l'agriculture. Ces Centres et Institutions ont effectué les travaux de collecte des ressources génétiques des différents endroits de l'Île ainsi que des introductions des nouveaux matériels venant d'autres pays (MAEP, 2009). Les ressources génétiques collectées ou introduites ont été classées, caractérisées, évaluées, multipliées et conservées. Celles du domaine public devraient être mises à la disposition des usagers avec les informations qui les accompagnent. Entre autres, les agriculteurs en ont besoin pour la production, les scientifiques en ont besoin pour la recherche, et les acteurs du développement et de conservation en ont besoin éventuellement pour leurs activités respectives.

Madagascar fait face à un déficit des produits agricoles (Dabat et al., 2008) notamment alimentaires (Bidou et Droy, 2007). Pour pouvoir nourrir la population Malagasy en pleine croissance démographique, nous devons accroître la productivité agricole. Un des moyens disponibles pour y arriver est de développer des nouvelles variétés plus adaptées aux changements climatiques, résistantes aux principales maladies (Wassmann et al. 2009), plus productives, acceptées par les producteurs et les consommateurs. De ce fait, les sélectionneurs et les chercheurs développent des nouvelles variétés en puisant dans la vaste diversité dont disposent les banques de gènes. Les informations relatives aux ressources génétiques maintenues dans les banques de gènes à Madagascar devraient être centralisées, standardisées, structurées pour faciliter la recherche et la mise à la disposition des informations aux usagers.

La base de données des ressources génétiques des plantes cultivées à Madagascar a été construite, elle est composée par deux grands groupes d'informations : (i) données sur la prospection, la caractérisation, l'évaluation, la conservation et la distribution ; (ii) les ressources bibliographiques (rapports, mémoires, thèses, articles, communications...). La plateforme se trouve dans un système de gestion de bases de données relationnelles (SGBDR) afin que les applications puissent être développées de manière flexible en utilisant des différents langages de programmation. Le programme de gestion de la base de données a été développé sur Mysql, les interfaces ont été développées sur PHP pour la mise en ligne et l'interrogation de la base. Le système de gestion des données relationnelles est fortement recommandé pour son efficacité dans l'organisation et l'intégrité des données, ainsi que l'accès rapide et facile aux informations.

La raison d'être de cette plateforme « Loharano » est de centraliser, standardiser et de mettre à la disposition des usagers avec un accès facile et rapide les informations concernant les ressources génétiques des plantes cultivées conservées dans les centres et institutions de recherches à Madagascar. Il s'agit donc d'une plateforme de partage d'information et un outil de recherche.

2. Système de gestion de base de données pour les plantes cultivées

La base de données contient deux grands groupes d'informations : (i) base de données des ressources phytogénétiques maintenues en collection, (ii) base des données des ressources bibliographiques relatives à la diversité génétique des plantes cultivées à Madagascar.

1.1 Base de données des ressources génétiques

La base de données des ressources génétiques comprend quatre catégories d'informations qui sont reliées entre elles.

1.1.1 Données sur les centres et les institutions de recherche détenteurs des collections

Ce sont des informations administratives et pratiques permettant les éventuelles demandes d'accéssions ou des informations : statut de l'institution, les personnes responsables, les personnes à contacter... (Figure 1).

1.1.2 Données passeports :

Ce sont des informations concernant les accéssions, il y a deux types selon l'origine de l'accésion : (i) issue de la prospection ou (ii) introduite ou issue de la sélection à Madagascar, ces informations sont nécessaires pour la traçabilité des accéssions ainsi que dans le cadre des futures utilisations. La nature des informations conservées varie suivant l'origine de l'accésion c'est pourquoi elles sont séparées en deux (Figure 1).

1.1.3 Données relatives à la conservation :

Ce sont des informations concernant les conditions de conservation, la quantité conservée, le type de matériel végétal conservé ainsi que le lieu de conservation... (Figure 1). Ces informations sont nécessaires à la fois pour l'institution conservatrice de la ressource et pour les usagers voulant accéder à cette dernière.

1.1.4 Données issues des caractérisations et de l'évaluation :

C'est la partie la plus importante de la base de données. Elles contiennent toutes les informations issues des différents types de caractérisation : (i) par les dires des usagers (agriculteurs, consommateurs...), notamment des informations relatives aux goûts, à la perception, à l'usage... (ii) la caractérisation agromorphologique, ce sont les mesures effectuées à l'aide des expérimentations aux champs ou dans les serres. Les informations collectées et la manière de les collecter devraient suivre le descripteur par espèce. Ainsi, pour obtenir des informations uniformes, chaque espèce est liée à un descripteur structuré sous forme d'une table ; (iii) caractérisation organoleptique et biochimique, ce sont les informations issues des différents tests d'analyse sensorielle et des analyses biochimiques (index glycémique, taux du lipide, taux de caféine...) (iv) la caractérisation moléculaire, ce sont des données issues du génotypage ou autres analyses d'ADN. Les informations seront stockées sur plusieurs tables.

Toutes les informations issues de la caractérisation possèdent des propriétaires ou fournisseurs des données. Ainsi, les noms des propriétaires d'informations gérées dans Loharano seront mentionnés.

1.1.5 Banque de photos

Il s'agit de la centralisation et de l'uniformisation de toutes les photos relatives à chaque accession. Chaque photo doit être conservée avec les informations qui l'accompagnent : identité de l'accésion, date de prise, lieu de prise avec les coordonnées géographiques, l'organe choisi, propriétaire de la photo... (Figure 1). Ces informations permettraient d'une part de construire le catalogue (physique ou virtuel) des variétés par espèce et d'autre part d'effectuer l'éducation environnementale telle que la foire de la diversité. Dans chaque photo, le nom du propriétaire est mentionné.

1.2 Base de données des ressources bibliographiques

La base de données des ressources bibliographiques est une collection des références ou des documents relatifs aux plantes cultivées et leurs diversités génétiques. Il s'agit de centraliser dans une plateforme les références maintenues dans les différents centres de documentation des institutions de recherche. Les documents eux-mêmes seront déposés dans la base sous format Pdf (Portable document file) lorsqu'ils sont disponibles : rapports, mémoires, thèses, communications scientifiques, publications scientifiques... Ils seront ainsi accessibles en ligne.

Les données conservées sont identiques à celles utilisées dans les logiciels de gestion de références bibliographiques Zotero (Ritterbush, 2007). Ainsi, les références trouvées dans Loharano peuvent être exportées directement dans Zotero et vice versa.

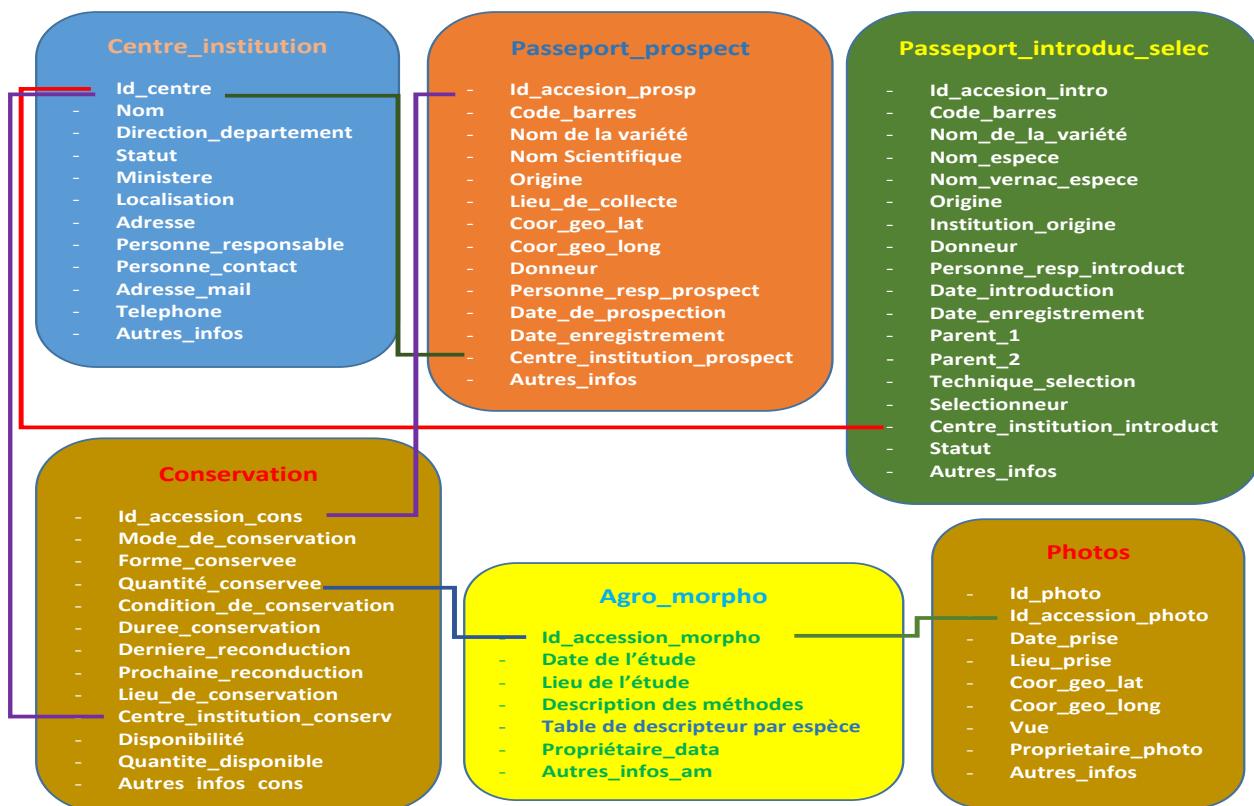


Figure 1 : Une partie du Modèle conceptuel de base de données des ressources génétiques

Référence	1104																														
Nom	Rojo mena																														
<input type="button" value="Origine"/> <input type="button" value="Caractérisation par les agriculteurs"/> <input type="button" value="Caractérisation agro morphologique"/> <input type="button" value="Caractérisation moléculaire"/> <input type="button" value="Images"/>																															
<table border="1"> <tr> <td>Cycle total (jours)</td> <td>117,0</td> </tr> <tr> <td>Hauteur (cm)</td> <td>117,0</td> </tr> <tr> <td>Tallage herbacé</td> <td>11,0</td> </tr> <tr> <td>Tallage fertile</td> <td>10,0</td> </tr> <tr> <td>Longueur de la feuille paniculaire</td> <td>22,2</td> </tr> <tr> <td>Longueur de la panicle (cm)</td> <td>23,3</td> </tr> <tr> <td>Nombre de grains par panicle</td> <td>181,0</td> </tr> <tr> <td>Couleur de glumelle</td> <td>Paille</td> </tr> <tr> <td>Apex</td> <td>Non coloré</td> </tr> <tr> <td>Aristation</td> <td>Mutique</td> </tr> <tr> <td>Longueur de grain (mm)</td> <td>8,98</td> </tr> <tr> <td>Largeur de grain (mm)</td> <td>2,88</td> </tr> <tr> <td>Rapport L/l</td> <td>3,1</td> </tr> <tr> <td>Poids de 1000gr (g)</td> <td>24,68</td> </tr> <tr> <td>Couleur du caryopse</td> <td>Rouge</td> </tr> </table>		Cycle total (jours)	117,0	Hauteur (cm)	117,0	Tallage herbacé	11,0	Tallage fertile	10,0	Longueur de la feuille paniculaire	22,2	Longueur de la panicle (cm)	23,3	Nombre de grains par panicle	181,0	Couleur de glumelle	Paille	Apex	Non coloré	Aristation	Mutique	Longueur de grain (mm)	8,98	Largeur de grain (mm)	2,88	Rapport L/l	3,1	Poids de 1000gr (g)	24,68	Couleur du caryopse	Rouge
Cycle total (jours)	117,0																														
Hauteur (cm)	117,0																														
Tallage herbacé	11,0																														
Tallage fertile	10,0																														
Longueur de la feuille paniculaire	22,2																														
Longueur de la panicle (cm)	23,3																														
Nombre de grains par panicle	181,0																														
Couleur de glumelle	Paille																														
Apex	Non coloré																														
Aristation	Mutique																														
Longueur de grain (mm)	8,98																														
Largeur de grain (mm)	2,88																														
Rapport L/l	3,1																														
Poids de 1000gr (g)	24,68																														
Couleur du caryopse	Rouge																														
<input type="button" value="Fermer"/>																															

Figure 2 : Exemple de formulaire d'introduction des données

1.3 Accès aux données (interface)

La base de données sur les ressources génétiques a été conçue pour gérer de manière efficace l'enregistrement et la mise à jour des différentes catégories d'informations. Pourtant, la base ne peut pas être utilisée sans les interfaces web. Ainsi, PHP a été utilisé pour la jonction entre les données et les utilisateurs. Les interfaces occupent deux principales fonctions : (i) introduction et mise à jour des données, (ii) recherche simple ou multiple d'accès.

1.3.1 Formulaires d'introduction des données :

Pour chaque table de la base, un formulaire a été créé pour faciliter l'introduction et la mise à jour des données (Figure 2). Ces formulaires présentent des filtres qui empêchent l'introduction des données erronées. Les formulaires sont accessibles seulement par les chercheurs en utilisant le login et les mots de passe personnels, ainsi, un système de traçabilité de l'information introduite et ou la mise à jour a été facilement effectuée dans Mysql.

1.3.2 Interrogation de la base de données :

Contrairement aux formulaires d'introduction des données, l'interrogation de la base (requête) est un accès libre pour tout public. Un système de requêtes simples a été développé sur PHP pour pouvoir rechercher des variétés ou des accessions à partir des données passeport par exemple l'origine, ou des données de la caractérisation par exemple hauteur de la plante. Les résultats sortiront les variétés remplissant les conditions demandées sous forme de tableau (liste) et en cliquant sur le numéro d'Identification, les données qui les accompagnent sortiront. Exemple : « rechercher les variétés de riz (*Oryza sativa*) dont le nom contient « rojo » originaire de la région de Vakinankaratra ? (Figure 3).

Les recherches multiples (séparées par des virgules ou +) et les options de correspondance partielle sont également disponibles. Un système de recherche de plantes pour les requêtes de données d'évaluation a également été développé. Sur la première page, les groupes de cultures disponibles sont affichés sous la forme d'une liste déroulante. Lorsqu'une culture (par exemple 'taro') est sélectionnée, un formulaire de requête pour cette plante est créé en fonction du nom des variables d'évaluation et du type de données, qui sont stockés dans la base de données. Pour permettre à l'utilisateur de comprendre la distribution des données d'évaluation avant la recherche de données, le formulaire de requête fournit une fonction qui dessine la distribution des données conservée sous forme d'histogramme.

Le premier résultat sortira sous forme de tableau avec liste, et les informations plus détaillées apparaissent lorsque le numéro d'Identification est cliqué. Les valeurs minimales, maximales, moyennes et médianes peuvent être affichées pour les données numériques. Les résultats de la recherche peuvent être téléchargés sous format Microsoft Excel ou Pdf.

Les fichiers PDF des descripteurs de caractéristiques et d'évaluation par espèce peuvent être téléchargés via un lien dans le formulaire de requête de données d'évaluation.

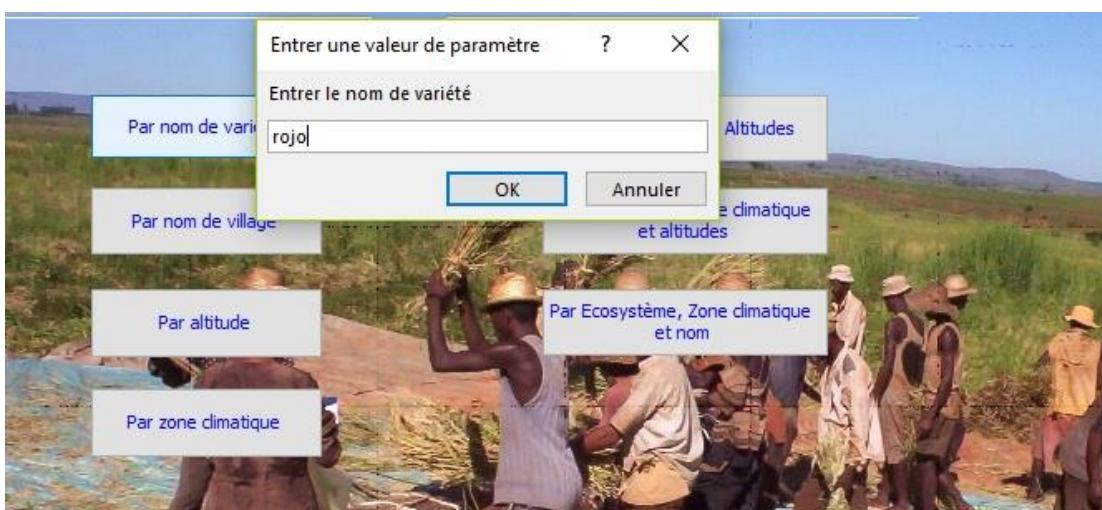


Figure 3 : Exemple de formulaire de requête

3. Système de mise à jour et enrichissement

Loharano est une plateforme permettant le partage des informations sur les ressources phytogénétiques des plantes cultivées. C'est une initiative du Département de Biologie et Ecologie Végétales de l'Université d'Antananarivo en collaboration avec le FOFIFA. La gestion de cette plateforme est effectuée par le DBEV. Par contre, les données se trouvent aussi dans d'autres institutions de recherche. Ainsi, l'enrichissement et la mise à jour des informations dépendent de la collaboration, de la confiance et de la volonté de chaque institution à partager leurs données. Le gestionnaire de la base assurera l'intégrité, la protection et l'accès facile aux usagers de ces précieuses informations.

4. Futur développement

Loharano permet à quiconque détenant une collection de diversité des plantes cultivées de partager leurs données. Les institutions de recherche introduisent les informations relatives à leurs accessions sur le portail. Les utilisateurs ont ensuite la possibilité d'explorer ces immenses ressources en s'appuyant sur

une multitude de critères. Dès lors que ceux-ci ont trouvé ce qu'ils cherchaient, ils peuvent soumettre une demande de semences ou des plants aux nombreuses banques de gènes qui les détiennent suivant la disponibilité de ces dernières.

Loharano est un premier pas vers la dématérialisation des informations sur la recherche agronomique à Madagascar. Pour que le partage des informations soit fluide, elles doivent être centralisées puis accessibles facilement, une plateforme en ligne est un outil efficace pour atteindre cet objectif. Le futur développement de Loharano est d'assurer la gestion de toutes les informations sur les recherches agronomiques à Madagascar : ressources génétiques, maladies, pédagogies, système de cultures, distribution spatiale et temporelle de la production (statistique agricole), occupation des terres, agrométéorologie, prix des produits agricoles, ... allant jusqu'à la prévision des récoltes.

5. Références bibliographiques

- Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche. 2009. Madagascar Deuxième rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture.
- Bidou, Jean-Etienne, et Isabelle Droy. 2007. « Pauvreté et vulnérabilité alimentaire dans le Sud de Madagascar : les apports d'une approche diachronique sur un panel de ménages ». *Mondes en développement* 140 (4):45. <https://doi.org/10.3917/med.140.0045>.
- Dabat, Marie-Hélène, Bénédicte Gastineau, Olivier Jenn-Treyer, Jean-Pierre Rolland, Cécile Martignac, et Alain Pierre-Bernard. 2008. « L'agriculture malgache peut-elle sortir de l'impasse démo-économique ? » *Autrepart* 46 (2):189. <https://doi.org/10.3917/autr.046.0189>.
- Ritterbush, Jon. 2007. « Supporting Library Research with LibX and Zotero: Two Open Source Firefox Extensions ». *Journal of Web Librarianship* 1 (3):111-22. https://doi.org/10.1300/J502v01n03_08.
- Wassmann, R., S.V.K. Jagadish, S. Heuer, A. Ismail, E. Redona, R. Serraj, R.K. Singh, G. Howell, H. Pathak, et K. Sumfleth. 2009. « Chapter 2 Climate Change Affecting Rice Production ». In *Advances in Agronomy*, 101:59-122. Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)00802-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)00802-X).
- **Les enjeux de la veille informationnelle et stratégique pour une agrobiodiversité au service du développement durable**

RAKOTOARIVELO Marie Laure, RAHAINGO-RAZAFIMBELO Marie Marcelline

CIDST

Contexte

A l'intersection de la biodiversité et de l'agriculture, le concept innovant d'« agrobiodiversité » a émergé au cours des 10 à 15 dernières années, dans un contexte interdisciplinaire faisant intervenir plusieurs domaines de savoir (agronomie, anthropologie, écologie, botanique, génétique, biologie de la conservation, etc.). Il reflète les relations dynamiques et complexes qui existent entre les sociétés humaines, les plantes cultivées les animaux domestiques et les écosystèmes au sein desquels tous interagissent. L'agrobiodiversité entretient des liens directs avec la sécurité alimentaire, la santé, l'équité sociale la lutte contre la faim, la durabilité environnementale et le développement durable rural.

Par ailleurs, le concept de développement durable est, de nos jours, omniprésent dans les discours. Il est communément défini comme « un mode de développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs. » (CMED, 1991). Il est formalisé à partir de trois piliers. Le *pilier écologique ou environnemental* qui a trait au respect de l'environnement, à la dynamique naturelle, à la gestion des ressources naturelles. Le *pilier économique* qui renvoie à l'efficacité, la dynamique, la cohérence économique. Le *pilier social* qui porte sur les questions d'équité sociale, de solidarité, de lien social, d'identité culturelle. Viser une orientation, en matière de développement durable permettrait alors de concilier croissance et efficacité économique, équité et progrès social tout en préservant l'environnement (Lise Bihannic, 2011).

Le développement durable est une question essentielle dans la gestion de la survie de la planète et la sauvegarde de l'environnement. Il s'inscrit de plus en plus dans un cadre de politique pluridisciplinaire.

Dans ce cadre et tenant compte du potentiel technologique dont nous disposons, comment utiliser les bénéfices de la révolution de l'information et de la communication au service du développement durable ? Comment l'information et les outils qui l'entourent peuvent-ils contribuer à la construction d'un monde plus prospère et à l'avènement d'une "société de l'information durable"?

Notre objectif est ici de faire le lien entre trois notions : information, développement durable et agrobiodiversité. Ce travail vise à faire découvrir et à démontrer le rôle de l'information dans la mise en

œuvre du développement durable à travers l'agrobiodiversité. Nous allons donc tenter dans cette étude de donner quelques orientations/ pistes de réflexion par le biais des outils de veille informationnelle.

Matériels et méthodes

La veille est aujourd’hui confrontée à de nouveaux défis étroitement liés au développement des technologies de l’information. Il s’agit d’une démarche qui vise à rationaliser, organiser et systématiser la surveillance de l’environnement de l’usager, et plus particulièrement des mouvements qui pourraient avoir un impact sur ses activités et domaines d’intervention. Elle est inévitablement confrontée à la numérisation de l’information et à l’explosion de ses volumes et donc aux aspects techniques qu’il est désormais impossible d’éluder lorsqu’il s’agit d’accéder à l’information et la traiter (Sadok M., 2003)

Cette réalité requiert une connaissance parfaite de son sujet, ainsi que des outils à sa disposition, le plus souvent informatiques ainsi qu’une mise à jour régulière, continue des informations recherchées et partagées.

Collecte et gestion de l’information

Outre la collecte des informations factuelles, qui permet l’identification et l’observation des thématiques d’intervention et/ou de recherche, la recherche d’information est réalisée sur des moteurs, métamoteurs, bases de données thématiques et portails. L’information disponible sur ces bases présente l’avantage d’être validée et structurée ce qui permet un traitement ultérieur automatisé.

La requête de recherche utilisée comprend différents termes soit « agrobiodiversité » seul ou croisé avec « cultures », « élevage », « écologie », « agriculture », et « Madagascar ». Notons que le concept de développement durable n’a pas été retenu car il est implicitement associé, dans la majorité des cas, au terme agrobiodiversité. La recherche d’information effectuée sur Internet se répartit entre la navigation sur des moteurs tels Ecosia, Lilo, yahoo, Freefullpdf et ask, des métamoteurs à savoir ixquick, Dogpile et Metacrawler et le portail MyScienceWork qui permettent de définir des requêtes plus ou moins complexes.

Par ailleurs, plusieurs bases de données ont été interrogées, indexant des revues, des thèses et des actes de congrès : Agora, Cairn, PERSEE, Erudit, AJOL, OARE, Revues.org et Hal. Ces outils dont l’usage a démontré à la fois leur efficacité et leur valeur scientifique a permis de compléter de manière probante cette revue systématique.

D’une manière générale, ont été retenus les termes génériques et les deux premières pages de résultats affichées sur le web. 54 références ont été traitées dont le choix s’appuie sur des critères d’occurrence, de disponibilité de texte intégral et d’affiliation des auteurs.

Analyse textuelle de l’information

L’analyse textuelle est effectuée sur des requêtes afin d’améliorer la phase de collecte. Elle permet une indexation des textes qui sera ensuite utilisée pour les coder et les catégoriser. Cette analyse combine les approches statistiques et d’occurrence. Le logiciel d’analyse textuelle RQDA a été utilisé dans le but d’améliorer la précision des résultats et une meilleure identification des priorités et approches adoptées par les auteurs. Dans ce cadre, les étapes suivantes ont été réalisées : des fichiers ont été créés à partir desquels des codes et catégories de code ont été déterminés. Ces derniers ont permis, notamment au niveau des fichiers, de sélectionner le contenu relié à ces codes et catégories de codes.

Ceci a abouti à la mise en place d’un schéma algorithmique qui facilite l’analyse qualitative de l’information recueillie.

Analyse bibliométrique de l’information

L’analyse bibliométrique permet d’obtenir une vue globale de l’information collectée par mesure des différentes informations associées aux différentes caractéristiques du document. Les analyses effectuées portent sur :

- le réseau des acteurs par le traitement des auteurs et de leurs affiliations ;
- les moyens de communication par analyse des types de publications (revues, rapports, congrès), de leur répartition selon les pays éditeurs des publications scientifiques ;
- l’évolution de l’activité de différents domaines par analyse des dates de publication.

Résultats

Algorithme

Cette figure nous permet de visualiser les relations entre les codes qui sont reliés à plusieurs catégories de codes.

Les codes retenus sont : acteurs intervenants (1), gestion des ressources (2), changement climatique (3), génétique-amélioration des espèces (4), impacts des mutations sur l’agrobiodiversité (5),

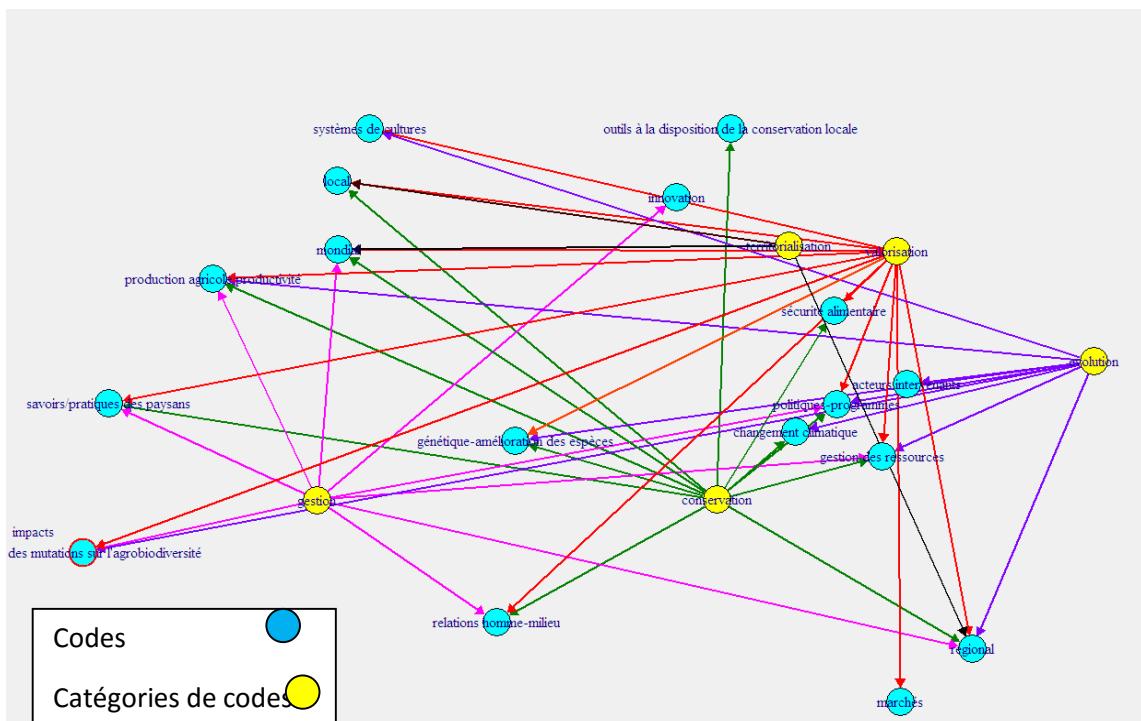


Figure 1 : Modèle algorithmique de l'analyse textuelle de l'information Source : Auteurs, 2017

Outils à la disposition de la conservation locale (6), politiques-programmes (7), production agricole/productivité (8), innovation (9), relations hommes-milieux (10), savoirs/pratiques des paysans (11), Sécurité alimentaire (12), marchés (13), santé (14) et ce, en considérant la dimension locale (Madagascar) (15), régionale (Afrique) (16) et mondiale (17). Tandis que les termes valorisation, conservation, évolution, gestion et territorialisation ont été retenus pour les catégories de codes.

L'analyse effectuée à partir de la figure 1 fait ressortir que les aspects de valorisation et de conservation sont en relation avec plus de codes que les autres catégories de codes.

La nomenclature de ces derniers s'est établie à partir de la lecture des documents réalisée lors de la collecte. D'une manière générale, les études montrent la nécessité de mener et de renforcer les actions d'accompagnement et les mesures compensatoires pour freiner les impacts négatifs de certaines mutations.

On note ainsi que des dispositions urgentes sont nécessaires pour une utilisation et une gestion durable, et pour un partage juste et équitable des ressources de la diversité biologique agricole.

A ce titre, ont été relevés : l'amélioration et l'intégration et/ou la coordination des systèmes de réglementation dans la mise en œuvre des réglementations nationales ; l'amélioration des échanges commerciaux ; la mise en place de systèmes de conservation des ressources génétiques de la diversité biologique agricole ; l'appui aux systèmes paysans de conservation des ressources de la diversité biologique agricole y compris la valorisation de la contribution des femmes dans ces systèmes ; le développement, en delà de la protection physique/biologique des ressources, de la protection stratégique.

Il semblerait, par ailleurs, que la justification de la conservation ne se base plus autant sur la valeur d'existence de la biodiversité mais développe un nouvel argument à travers une vision utilitariste de la nature (ressources génétiques, molécules pharmaceutiques, services écosystémiques, laboratoire vivant pour la recherche, manne écotouristique, recherche de fonds pour les ONG). On s'éloigne de la volonté, qui prévalait à l'origine au sein des ONG de conservation, de préservation pour le simple respect mutuel des espèces et de leur valeur d'existence.

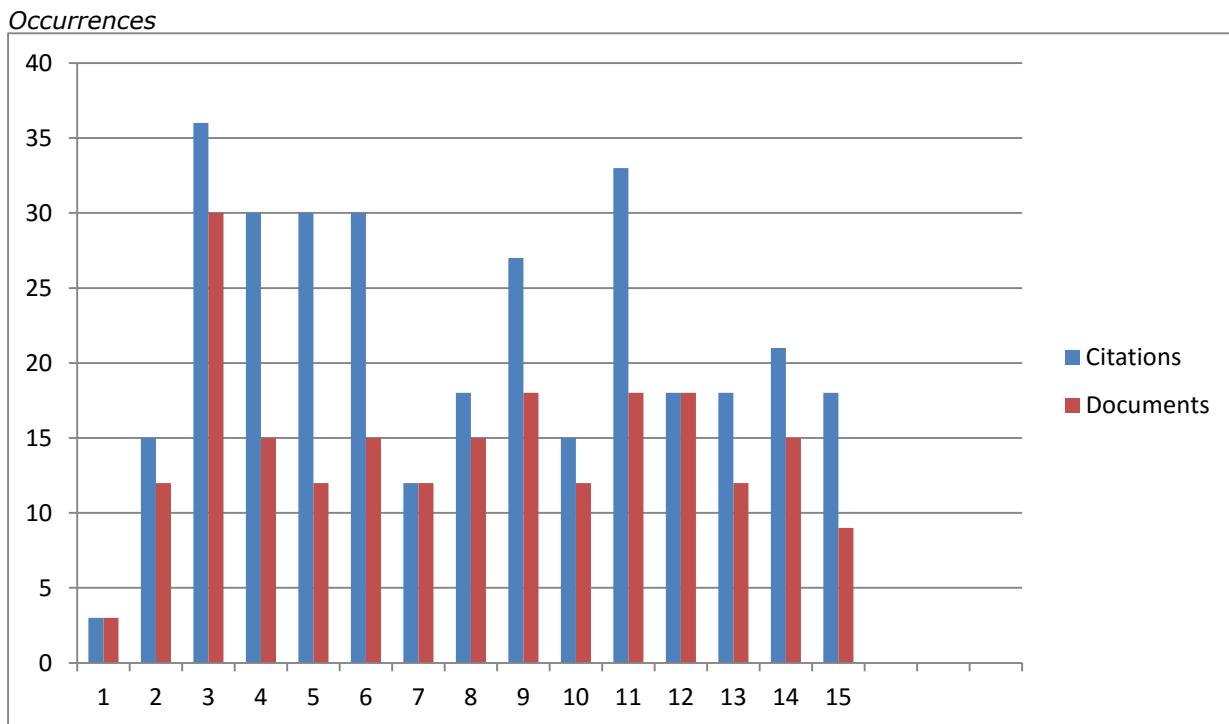


Figure 2 : Fréquence des codes par documents

Source : Auteurs, 2017

Les études sur le code « génétique et l'amélioration des espèces » végétales et animales sont priorisées et concentrent la majorité des études suivies de celles relatives à la « sécurité alimentaire ». Ces deux codes intégrant la catégorie de codes « valorisation » met en évidence des axes de recherches portant sur l'analyse des retombées socioéconomiques de l'agrobiodiversité, notamment en matière de cultures et d'élevage ; les études d'impact sur la conservation de la biodiversité ; l'amélioration des espèces variétales souvent combinée à la problématique de leurs valeurs nutritionnelles.....

Par ailleurs, la figure 1 montre également que les catégories de codes relatifs à la « conservation » et à l' « évolution » se situent pratiquement au même niveau que « valorisation ». Elles abordent d'une manière substantielle les axes de recherche liés d'une part aux mécanismes à mettre en place pour assurer la participation directe des gouvernements et la continuité des conseils et soutiens politiques et d'autre part, aux structures de planification et d'exécution, aidant les pays à développer les actions de conservation et de suivi-évaluation. Ce dernier devra fournir les données et informations requises pour guider l'exécution, maximiser la rentabilité économique de la planification et de l'action et rendre compte de l'état actuel de la diversité des ressources, des capacités nationales et des connaissances. Quant à l'aspect production agricole, les études se focalisent essentiellement sur les familles, espèces et individus végétales et animales en mettant en exergue l'importance de la diversité biologique agricole mais également des savoirs et pratiques paysannes.

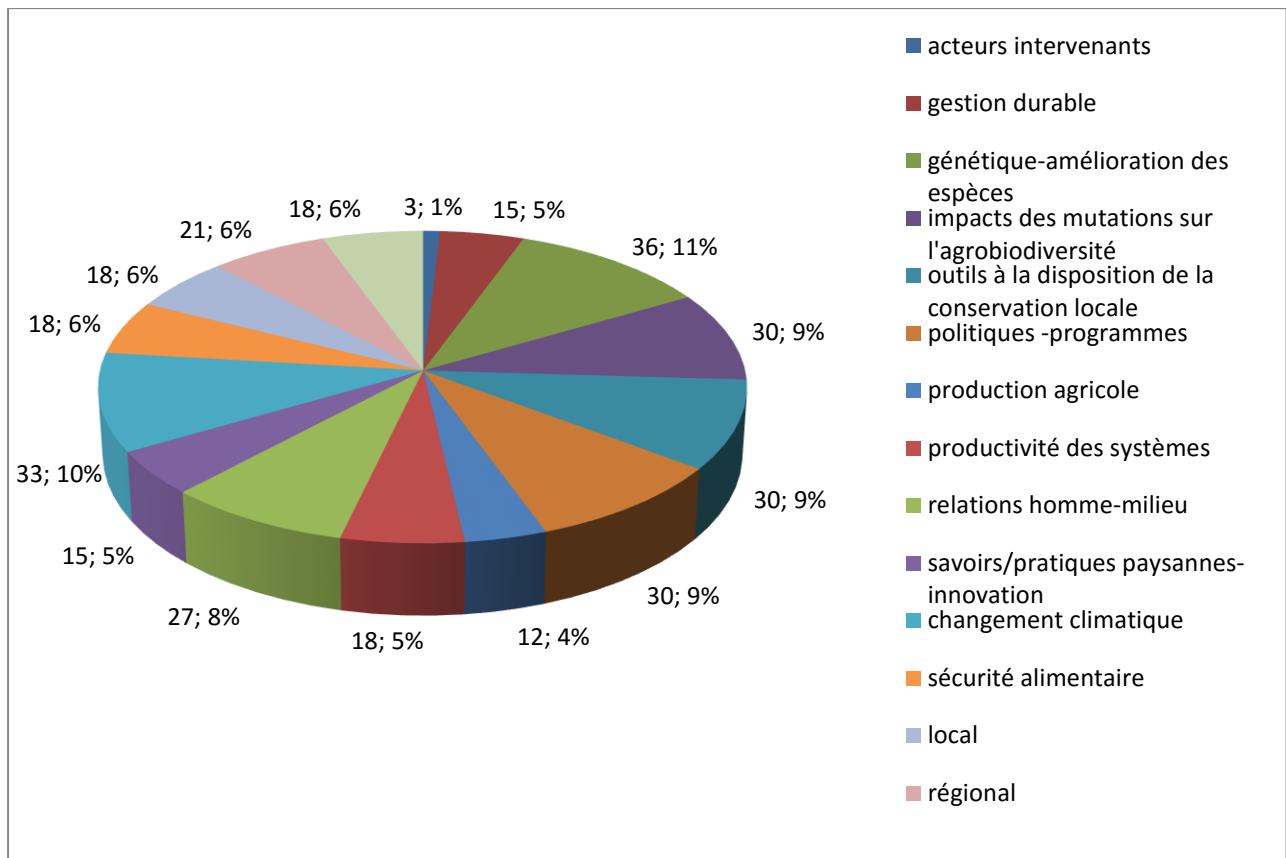


Figure 3 : Répartition des codes 2017

Source : auteurs ;

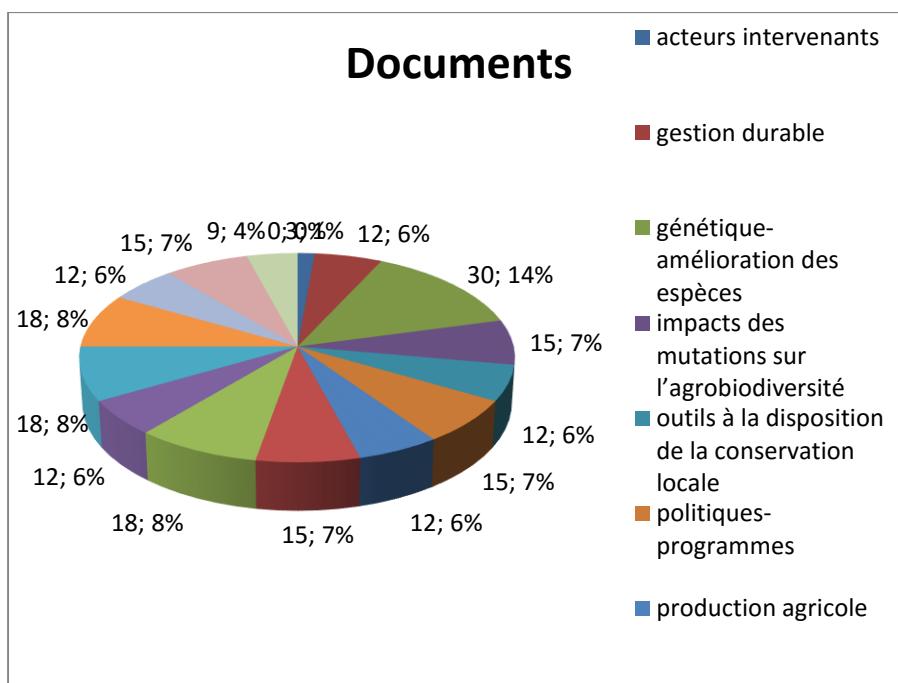


Figure 4 : Répartition des codes par documents
Source : Auteurs, 2017

Bibliométrie

On tente ici, de mesurer l'évolution de la production scientifique dans le domaine de l'agrobiodiversité. Les données proviennent de l'échantillon adopté.

On trouve ci-après l'évolution entre 2000 et 2017 des indicateurs suivants :

- les auteurs et leur affiliation ;
- la typologie des documents (revue, rapport, article, ouvrage, actes,...) ;
- les pays éditeurs.

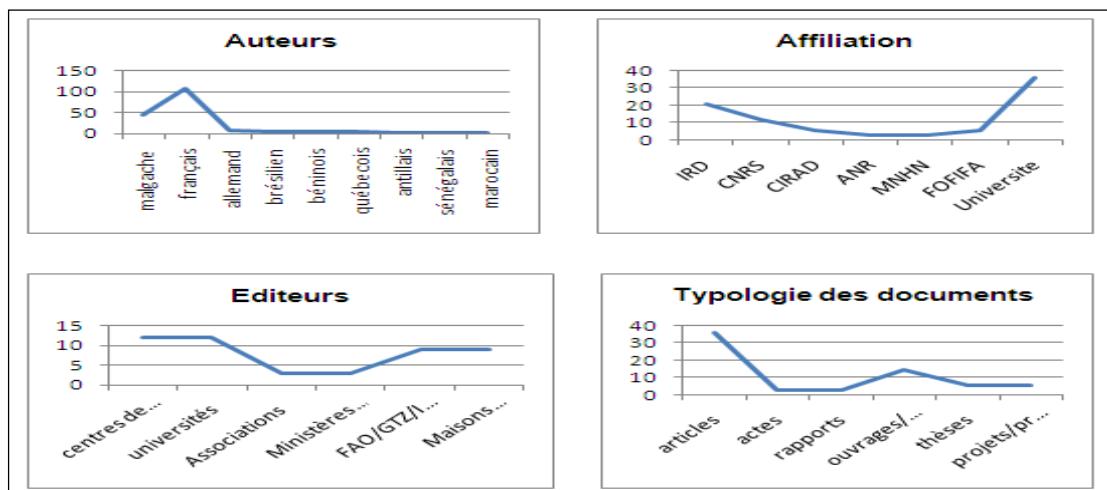


Figure 5 : Caractéristiques bibliométriques

Source : Auteurs, 2017

Les institutions étrangères dominent largement en termes d'auteurs, affiliations et éditeurs. Les auteurs malgaches sont cités dans 27 documents et interviennent en co-auteurs dans 21 documents. La mise à disposition en texte intégral priviliege les articles qui constituent le principal mode de diffusion de la communauté scientifique.

Discussions

Une multiplicité d'objectifs visés est mentionnée dans les définitions. Pour la veille informationnelle, trois objectifs sont avancés par les auteurs :

- anticiper les évolutions ou les enjeux (afnor ; Houtekier et al. 2013) ;
- alimenter les individus en information pertinente (Moreau et Rodrigue, 2008) ;
- faciliter la prise de décisions (Houtekier et al. 2013).

La veille est aujourd'hui confrontée à de nouveaux défis étroitement liés au développement des technologies de l'information.

La veille, démarche qui vise à rationaliser, organiser et systématiser la surveillance de son environnement, et plus particulièrement des mouvements qui pourraient avoir un impact sur son activité, est inévitablement confrontée à la numérisation de l'information et à l'explosion de ses volumes et donc aux aspects techniques qu'il est désormais impossible d'échapper lorsqu'il s'agit d'accéder à l'information et la traiter.

La numérisation n'en est certes plus à ses débuts, mais c'est un mouvement massif qui vise désormais à supprimer l'information sur support physique ou tout du moins sur support papier. Cette évolution du support de l'information a transformé les métiers du savoir et déplacé l'intervention humaine dans la chaîne de traitement de la valeur. Là où l'humain lisait, sélectionnait, résumait il ne subsiste maintenant plus que des algorithmes qu'il utilise et paramètre en y injectant des mots-clés, des périodes, en peaufinant des équations booléennes et en couplant son système avec des sources d'information.

L'enjeu de cette veille pour l'agrobiodiversité est qu'elle doit requérir désormais les capacités à :

- détecter de nouvelles sources d'informations ;
- se connecter à ces sources afin d'en extraire l'information de la façon la plus efficace possible ;
- savoir utiliser des outils de traitement de ces flux d'information et maintenir leur efficacité ;
- analyser cette information ;
- animer une communauté de personnes mobilisées autour d'un processus de veille.

Le défi est aujourd'hui d'entrer dans la logique du Web2 qui est un web indéniablement social favorisant l'explosion des contenus et plus particulièrement des contenus générés par les utilisateurs, avec l'apparition d'un nouvel élément: celui de la donnée des utilisateurs, de la donnée personnelle et de sa

monétisation. Cette réalité amène le veilleur à porter une attention particulière à la question de la qualité de l'information.

Conclusion

Nous nous sommes attachés à montrer que les informations véhiculées par Internet sont des éléments particulièrement adaptés aux exigences d'un travail de veille. Néanmoins l'approche méthodologique présentée ne peut constituer qu'une partie d'une démarche plus globale. Un processus de veille, en particulier sur le web, ne peut s'appuyer uniquement sur l'utilisation des outils utilisés en raison de nombreuses limites inhérentes à leurs principes de fonctionnement. La première limite que nous évoquerons est de nature technique et concerne le taux de couverture des ressources disponibles. Les systèmes présentés dans notre étude ne couvrent qu'une infime partie des ressources disponibles sur le Web. Ils ne peuvent en aucun cas être considérés comme unique source d'information. La seconde limite concerne la nature même du travail. En effet celui-ci résulte d'une démarche volontaire. Les ressources mises à la disposition des utilisateurs correspondent à ce que l'auteur accepte de partager avec son réseau de relations. Ces notions d'intentionnalité, de sélection et d'arbitrage peuvent sembler en contradiction avec les exigences d'exhaustivité et de rigueur qui demeurent les éléments fondamentaux d'une démarche de veille. Cependant, c'est dans leur capacité à refléter l'hétérogénéité, le flou et la volatilité de concepts en évolution que l'usage de ces données peut apporter une véritable plus-value.

Références

- Hazard Laurent, *agrobiodiversite ou biodiversite agricole*, publié le 22-août-2016
- Drevon Elsa, Maurel Dominique, Dufour Christine, (2015), Veille informationnelle et veille stratégique dans un contexte d'organisation durable, présenté au Colloque COSSI, Montréal. 11 juin 2015
<https://fr.slideshare.net/drevonelsa/cossi-2015-veille-informationnelle-et-veille-stratgique-dans-un-contexte-dorganisation-durable>
- Martinet Frédéric, *la veille informationnelle : enjeux et évolutions*, publié le 6 octobre 2014 dans Intelligence Economique
- *Agrobiodiversité et sécurité alimentaire*, (2014), [AGRIDAPE Volume 30 N°01 Mars 2014 \(PDF\)](#)
<http://www.iedafrique.org/-Agrobiodiversite-et-securite-.html>
- Houtekier, C., Safianyk, C., Lambert, R. et Bélanger, K. (2013). *Veiller sur la santé et les services sociaux : le cas du développement d'une communauté de pratique interorganisationnelle*. Le Point en administration de la santé et des services sociaux, 8 (4), 40–43
- Mesguish V. et al., (2012), *Enjeux et dimensions, Documentaliste – Sciences de l'information 1/2012*, Vol. 49, p. 24-45.
http://www.cairn.info/article.php?ID_ARTICLE=DOCSI_491_0024&DocId=185983&Index=%2Fcairn2Id_x%2Fcairn&TypeID=226&BAL=anr2zBkEPfzgw&HitCount=2&hits=45bf+45be+0&fileext=html#hit1
- *Veille et évaluation de l'information*, (07-01-2012). Interview d'Alexandre Serres.
<http://documentation.spip.ac-rouen.fr/spip.php?article373>
- *Les outils pour la mise en place d'une veille documentaire en ligne*, (11-2011). Tutoriel issu d'une formation organisée à la MSH Val de Loire.
En ligne http://msh.univ-tours.fr/sites/default/files/tuto_veille.pdf
- Miaux J.-F. (04-11-2010). *Mise en œuvre d'une activité de veille*, Institut National des Techniques de la Documentation.
- Hay L., (2009), *La veille sur Internet en 5 étapes clés*. <http://fr.slideshare.net/loichay/la-veille-sur-internet-en-5-tapes-cls>
- Kouakou R. Josther, (2009), *Veille informationnelle et enjeu stratégique*, présenté le 2 septembre 2009, séminaire de formation des correspondants locaux de l'association IZF "Investir en Zone Franc", Abidjan
<moodle.izf.net/pluginfile.php/280/.../VEILLE%20INFORMATIONNELLE.pdf?...1>
- INRA.Unité d'expertise collective, (2008), *Agriculture et biodiversité : valoriser les systénergies Agriculture et biodiversité*
www.oree.org/_script/ntsp-document-file_download.php?document_id=937
- Cacaly S. et al., (2008), *Dictionnaire de l'Information*, Armand Colin,
- Moreau, I. et Rodrigue, J. (2008). *La situation de la veille informationnelle dans les organisations gouvernementales*. Documentation et Bibliothèques, 54(1), 5–14.

-- Libmann A.-M., (2008), Veille et documentation , *Documentaliste-Sciences de l'Information* (04-2008), Vol. 45, p.1. <http://www.cairn.info/revue-documentaliste-sciences-de-l-information-2008-4-page-1.htm>.

- Bernat J.-P. et al. (04-2008), *Les contours de la veille*, *Documentaliste-Sciences de l'Information*, Vol. 45, p. 32-44.

En ligne www.cairn.info/revue-documentaliste-sciences-de-l-information-2008-4-page-32.htm.

-Lardy J.-P., (2007), *Les fils RSS en documentation et veille*, Urfist, Lyon,
urfist.univ-lyon1.fr/files/2014/06/RSS-documentation-veille-JPL.ppt

- Afnor (Agence française de normalisation). (1998). XP X50-053 Avril 1998 : *Prestations de veille et prestations de mise en place d'un système de veille*. La Plaine Saint-Denis : Afnor.

-Alloing C., Chantrel F., Raffestin A.-L., Zimmer T., *Regards croisés sur la veille*. En ligne <http://www.enssib.fr/bibliotheque-numerique/documents/49487-regards-croises-sur-la-veille.pdf>

- *Veille informationnelle*, Doc TICE.

En ligne <http://missiontice.ac-besancon.fr/documentation/index.php/veille-informationnelle/>

II. GESTION ADAPTEE, TECHNIQUES D'AGROBIODIVERSITE

AGROBIODIVERSITE ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

25. Approche d'utilisation de l'agrobiodiversité par la Biotechnologie: Détection du loci de traits quantitatifs (QTLs) tolérance au froid dans la population «Back cross (BC)» du riz (*Oryza sativa.L*)

Viviane RAHARINIVO^{1*}, M. Kinyua¹, O. Kiplagat¹, A. Ndayiragije², R. K. Singh³

¹School of Agriculture, University of Eldoret, Eldoret, Kenya;

²International Rice Research Institute of East and Southern Africa (ESA), Bujumbura, Burundi;

³Plant Breeding, Genetics and Biotechnology Division, International Rice Research Institute, DA P.O. JBOX 7777, Metro Manila, Philippines

Résumé

À Madagascar, le riz est également cultivé dans la partie centrale des Hautes Terres, à des altitudes atteignant 1500 à 1900 mètres au-dessus du niveau de la mer. Sur cette zone les stress abiotiques ainsi que le froid affecte environ 12,3 % de la culture totale de riz en phase de la reproduction, il provoque une stérilité élevée et entraînant la diminution de la production. L'utilisation de la biodiversité du riz pour améliorer des variétés tolérantes au froid est une solution pour résoudre ce problème. Cette recherche a été concentrée sur l'utilisation de l'agrobiodiversité par le biais de la biotechnologie permettant d'identifier les loci des traits quantitatifs (QTL) qui contrôlent la tolérance au froid en phase de reproduction sur le riz. Les QTL ont été identifiés à partir d'une population de «Back Cross (BC)» issue du croisement entre biodiversité du riz, d'un parent tolérant donneur et d'un parent susceptible. Pour le phénotypage, l'évaluation au froid a été effectuée dans un environnement, sous une température bien contrôlée (15°C pendant 10 jours à la phase reproductive), suivie d'un travail moléculaire pour l'étude du génotypage. Les données de phénotypage sont basées sur la mesure et le comptage de traits quantitatifs liés à la constitution des composantes de rendement. L'analyse de variance (ANOVA) du trait évalué entre les plantes BC et les parents a également été effectuée en utilisant le logiciel SAS version 9.1.3. «Infinium SNP chip rice 6K» contenait 4606 génotypages de marquage moléculaire par polymorphisme d'un seul nucléotide «SNP». Il a été utilisé pour les génotypes des plantes de BC. «Inclusive composite interval mapping (ICIM)» a été utilisé pour dessiner la carte de liaison finale, montrant les QTLs conférant une tolérance au froid à la phase reproductive pour les populations de la BC en utilisant logiciel QTL IciMapping version 4.

Ainsi,

- Douze (12) QTL liés à la tolérance au froid au niveau de la population de BC ont été détectés, parmi lesquelles la fertilité des épillets, le poids de 1000 grains, le nombre de grains pleins par panicule, la date de la montaison et la hauteur de la plante.
- Quatre (4) QTL, pour la fertilité des épillets ont été distribués sur les chromosomes 2, 5, 8.Trois (3) QTL adaptés au poids de 1000 grains ont été distribués sur les chromosomes 4, 10 (2 QTL).
- Trois (3) QTL, pour les grains pleins ont été distribués sur les chromosomes 5 et 8 (2 QTL).

- Un (1) QTL, pour la date de la montaison a été identifiée sur le chromosome 4 et un (1) QTL par rapport à la hauteur de la plante a été identifié sur le chromosome 7.
- Les QTL, pour la fertilité des panicules, le poids de 1000 grains, les nombres grains pleins, la date de la montaison et la QTL par rapport à la hauteur de la plante ont respectivement expliqué 44,26%, 49,93%, 27,1%, 11,35% et 7,18% de la variance totale de la QTL détecté.

La détection de QTL, à travers l'utilisation de l'agrobiodiversité et de la biotechnologie en Sélection Assistée par Marqueur, pourrait constituer une ouverture dans l'amélioration variétale pour la tolérance au froid et pour le développement durable.

Mots clés: Rice (*Oryza sativa.L*), seedling and booting stage, cold tolerance, Quantitative traits loci (QTLs),

Introduction

La culture du riz (*Oryza saliva. L*) ou riz asiatique a été introduite de l'Inde, de la péninsule malaise et de l'Indonésie, il y a environ 800 à 1400 ans (Mather et coll., 2010). Le riz est, à la fois, la principale culture et l'aliment de base pour la majorité de la population de Madagascar.

Le riz est également cultivé dans la partie centrale des Hautes Terres à des altitudes atteignant 1500 à 1900 mètres au-dessus du niveau de la mer. Sur cette zone les stress abiotiques, ainsi que le froid affecte environ 12,3 % de la culture totale de riz en phase de la reproduction en provoquant une stérilité élevée et entraînant la diminution de la production (Kumashiro, 2011; DRR, 2014). L'utilisation de la biodiversité du riz pour améliorer des variétés tolérantes au froid est une solution pour résoudre ce problème. Cette recherche a été concentrée sur l'utilisation de l'agrobiodiversité par le biais de la biotechnologie permettant d'identifier les loci des traits quantitatifs (QTL) qui contrôlent la tolérance au froid en phase de reproduction sur le riz.

Matériels et méthodes

Une population BC₁F₂ est développée à partir du croisement entre une variété tolérante tempérée, utilisée en tant que donneur parent et une de variété sensible au froid, en tant que parent femelle. Le parent donneur a été choisi à partir d'un landrace qui est bien adapté aux conditions froides de la haute altitude au Népal; Il est capable de croître dans les écosystèmes irrigués et dans le riz pluvial des hautes terres à une altitude entre 1000 et 1850 mètres à Madagascar.

Evaluation de la tolérance au froid au stade de montaison (CTB) dans des conditions contrôlées

L'expérience a été menée dans une serre et dans la chambre froide à Karlo Njoro, au Kenya. Pour la tolérance au froid, 500 graines de BC₁F₂ et des parents ont été imbibés avec l'eau distillée dans une boîte de Pétri et ont été germés dans une chambre de croissance à 32°C pendant 48h. Les deux parents, l'un sensibles et l'autre, donneur ont été respectivement utilisés, comme témoin sensibles et tolérantes. Les graines germées avec 10 cm de coléoptiles ont été plantées dans un pot rempli de sol pesant environ 5kg et avec du fumier animal (5t/ha). Le dispositif expérimental de cette expérience est l'«Augmented randomized complete block design», avec dix blocs dont les témoins sont apparus, une fois dans chaque bloc, et les nouveaux descendants de BC₁F₂, reproduits une fois dans le process. Les plantes ont été cultivées dans une serre avec un milieu ambiant, le traitement lié au stress du froid a été donné la température constante de 15°C de la chambre froide, une photopériode de 9 h jours/15 heures nuit (15000 LX), pendant 10 jours durant la phase de reproductive en particulier à la montaison. Après le traitement au froid, les plantes ont été renvoyées à des conditions normales, pour reprendre le développement normal, jusqu'à la maturation des graines ; le niveau de la tolérance au froid a été évalué à la période de maturité.

Les données phénotypiques sont basées sur la mesure et le comptage des traits quantitatifs liés à la constitution des composantes de rendement. Le nombre de talles, la hauteur de la plante, l'exsertion paniculaire, la fertilité des plantes, le nombre de grain pleins, le nombre de grain vides, le poids de la panicule, le poids de mille graines, et la date de la montaison, sont inclus. L'observation visuelle, la règle graduée et le balance de précision ont été utilisés pour observer et mesurer ces traits.

Extraction d'ADN et génotypage

L'ADN a été extrait, selon la méthode du CTAB avec des modifications basées sur la procédure décrite par (Murray et Thompson, 1980). «Infinium SNP Chip Rice 6K» contenait 4610 marqueurs répartis uniformément sur 12 chromosomes du riz, utilisés dans la détection de polymorphisme de l'ADN extrait des BC₁F₂ plantes et des parents. Des marqueurs polymorphes SNP ont été utilisés pour construire une carte génétique et l'identification des QTLs. La cartographie génétique et les QTLs, pour la tolérance au froid ont été détectés à l'aide des données phénotypiques et génotypiques aux stades de montaison des plantes BC₁F₂.

Analyse statistique

L'analyse de variance (ANOVA) des traits évalués entre les plantes BC₁F₂ et les parents ont été effectuée en utilisant le logiciel SAS version 9.1.3. L'analyse QTL a été effectuée par «mapping d'intervalles composites inclusifs» en utilisant le logiciel «QTL IciMapping» (Wang et coll., 2014).

Un seuil de logarithme des Lods (LOD) de 2,5 a été initialement utilisé pour la détection des QTLs et pour déclarer les QTLs majeurs dans cette étude. 1000 permutations à une probabilité de 0,05 ont été utilisées pour déclarer la définitive QTLs.

Résultats

Evaluation des descendants de BC₁F₂

L'analyse de la variance (ANOVA) a montré une différence très significative entre les plantes de BC₁F₂, selon l'exsertion paniculaire (Exs). Les résultats montrent, que 4,40, 23,61 et 29,86% des plantes BC₁F₂ sont meilleurs que le parent récurrent, selon les données respectives: le nombre de grains pleins, leur fertilité et le poids de 1000 grains. Le nombre de grains pleins, le taux de fertilité des grains et le poids de 1000 grains ont des différences significatives dans les plantes BC₁F₂ (tableau 1).

Table1: Analysis of variance of evaluated traits at reproductive stage of BC₁F₂ plants from susceptible//donor

Source of variation	DF	Mean square							
		TN	PH	Exs	SpFert	FSN	PWg	TSGW (g)	HD
Block	10	2.63	166.1	1.02	1.42	364.06	0.32	6.20	18.10
Checks	2	0.1	250	14.4	19.6	2402.5	0.16	10.23	23.82
Tested plant	144	5.6	421.4**	7.7***	4.2**	713.6***	0.2***	11.4***	12.5***
Error	a	5.6	61	1.4	1.6	135.5	0.03	1.36	6.15

a: Degré de liberté était variable selon le caractère analysé. **: Significatif à P ≤ 0,01; ***: Significative à p ≤ 0,05;
TN: Nombre de talle; PH: Hauteur de la plante; Ex: Exsertion paniculaire; SpFert: Fertilité des épillet; FSN: nombre de grains plein; PWG: Poids de la Panicule; TSGW: Poids de 1000 grains; HD: Date de la montaison

Analyse des QTL

Douze (12) QTL liés à la tolérance au froid, au niveau de la population de BC₁F₂, ont été détectés (Tableau 1) ; parmi cela, la fertilité d'épillet, le poids de 1000 grains, le nombre de grains pleins par panicule, la date de montaison et la hauteur de la plante.

Quatre (4) QTL, pour la fertilité des épilletts ont été distribués sur les chromosomes 2, 5, 8.

Trois (3) QTL adaptés au poids de 1000 grains ont été distribués sur les chromosomes 4, 10 (2 QTL).

Trois (3) QTL, pour les grains pleins ont été distribués sur les chromosomes 5 et 8 (2 QTL).

Un (1) QTL, pour la date de montaison a été identifiée sur le chromosome 4 et un (1) QTL par rapport à la hauteur de la plante a été identifié sur le chromosome 7.

Les QTL pour la fertilité des panicules, le poids de 1000 grains, les grains pleins, la date de montaison et la QTL par rapport à la hauteur de la plante ont respectivement expliqué 44,26%, 49,93%, 27,1%, 11,35% et 7,18% de la variance totale de la QTL détecté.

Tableau 2: caractéristiques quantitatives loci identifiés au stade de la reproduction des plantes BC₁F₂ des espèces sensibles//donneurs

QTL	^a Ch	^b POS	dLM	^c RM	^d LOD	^e PVE(%)	^f Add
<i>qPH-7-1</i>	7	0	id7000798	7110346	2.55	7.18	-2.71
<i>qFSN-5-1</i>	5	26	5684344	5649082	2.56	7.37	5.95
<i>qFSN-8-1</i>	8	17	8990744	8934988	2.57	8.59	5.11
<i>qFSN-8-2</i>	8	37	8843060	8815450	3.57	11.14	-9.99
<i>qSpFert-2-1</i>	2	43	1617828	id2005033	3.37	9.48	-0.92
<i>qSpFert-5-1</i>	5	78	4904201	4928297	2.93	8.57	7.69
<i>qSpFert-8-1</i>	8	16	8990744	8934988	5.07	17.13	1.62
<i>qSpFert-12-1</i>	12	0	12023948	12108546	3.29	9.02	1.13
<i>qTSGW-4-1</i>	4	2	4733006	4729077	3.47	11.95	-2.27
<i>qTSGW-10-1</i>	10	29	10635878	10658498	2.60	8.59	-2.90
<i>qTSGW-10-2</i>	10	33	10658498	10735601	3.64	29.39	-4.99
<i>qHD-4-1</i>	4	3	4729077	id4010985	3.75	11.35	-10.71

^aQTL identifiés dans la présente étude; ^bChromosome sur lequel QTL pour la tolérance au froid est localisé; Position ^cPOS du QTL sur le chromosome (cM); ^dmarqueur gauche; ^eRM marqueur droit; les scores LOD (log10-ratio de vraisemblance) offrent la force des données soutenant l'existence d'un QTL dans un intervalle défini à LOD ≥ 2,5 à P ≤ 0,0001; ^fPVE (%) variance phénotypique expliquée par QTL identifié; Additive les effets génétiques des QTL, la valeur positive et négative indiquent que les allèles qui entraînent une tolérance croissante sont venant des parents sensible et celle de donneur

Discussion

Analyse comparative des QTL identifiés au stade de la reproduction

Dans cette recherche, trois QTL associés au nombre de grains pleins ont été identifiés, dont un sur le chromosome 5 et deux sur le chromosome 8. Quatre QTL associés à la fertilité des épillets ont été identifiés sur les chromosomes 2, 5, 8 et 12, deux QTL associés au poids de 1000 graines ont été identifiés sur les chromosomes 4 et 10.

Ces résultats indiquent que le nombre de grains pleins, la fertilité des épillets et le poids de 1000 graines ont été contrôlés respectivement par, au moins trois, quatre et deux gènes différents. Ces résultats ont suggéré que ces traits étaient contrôlés par de multiples gènes (polygènes) sous le stress dû au froid. Ceci confirme l'idée émise par les autres auteurs que la tolérance du riz à la montaison est un trait quantitatif contrôlé par plusieurs gènes (da Cruz et al., 2013). Dans d'autres études antérieures (Andaya et Mackill 2003b; Xu et al., 2008; Saito et al., 2010), des rapports indiquent que les QTL associés à la fertilité de épillets sur le chromosome 4, 2, 3, 1,5,10, 11, 7, 9 (Ctb1, Ctb2, qCTB2a, qCTB3, qCTB-1-1, -4-1 / 2, -5-1 / 2, -10-1 / 2, -11-1) ont été identifiés.

De nombreuses études relatives à l'identification des QTL pour le riz au tolérance au froid à la phase de la reproduction et à l'aide de différentes cartes génétiques des différentes populations et de marqueurs dans différents endroits ont été effectuées, il est difficile de comparer les sites chromosomiques des QTL directement parce que différents matériaux et marqueurs moléculaires ont été utilisés (Zhang et al., 2014). Cependant, cette étude présente des marqueurs moléculaires qui ont identifié les positions suggérées des QTL liées à la tolérance au froid au stade des semis et de la reproduction.

Caractéristiques liées à la température et à la tolérance au froid

Dans la présente étude, au stade de la reproduction, une différence significative entre la nouvelle descendance pour différents traits évalués indiquait que la température de 15°C à la montaison pendant dix jours, était déjà capable de causer des dommages aux plantes. Ces derniers variaient selon le génotype. Il a confirmé que la température est un facteur important pour déterminer des dommages plus ou moins importants aux plantes. En outre, une étude antérieure a rapporté que les températures comprises entre 15 et 17°C sont essentielles pour sélectionner des génotypes tolérants au froid (Da Cruz et al. 2006). Pour cette raison, le choix de 15°C, pour le traitement à la montaison a été utilisé pour effectuer les évaluations de cette étude.

La durée d'exposition au froid est également importante car elle définit le degré de stress qui sera imposé. Selon Bertin et coll. (1996), les périodes plus courtes permettent la détection de génotypes plus sensibles et plus longs, favorisant les génotypes tolérants. Pour les génotypes évalués dans cette étude, un minimum de dix jours est fiable pour distinguer la tolérance pour la sensibilité, aux deux stades, en fonction de la réduction du pourcentage de caractères liés au froid comme la fertilité épillet. L'exposition des génotypes de riz aux températures 15°C pendant dix jours, à la phase de reproduction plus précisément à la montaison, a permis la distinction entre les génotypes tolérants et sensibles au froid. Cette méthode peut être utile, si des évaluations précises des parents potentiels, ainsi que la ségrégation des générations d'un programme de sélection pour la tolérance au froid aux semis et le stade de reproduction sont nécessaires.

Conditions optimales pour l'évaluation des dommages au froid

Pour une reproductibilité efficace, la variabilité dans le matériel génétique est primordiale. Bien qu'il existe plusieurs rapports décrivant différentes méthodologies de sélection des génotypes du riz pour la réaction au froid, dans des conditions de température contrôlées à différents phases, ainsi que des différentes température, le temps et les traits évalués, ce fait n'a pas été contesté. A la phase de la reproduction, Koike et al (1990) ont utilisé 12°C, au stade de microspore pour 3-5 jours et ont évalué le pourcentage de fertilité, Da Cruz et al. 2006b ont appliqué 17°C, pendant 7 jours au stade de l'anthèse pour évaluer le pourcentage de la fertilité, Suh et al (2010); Jena et al (2012) ont utilisé 17°C au stade de la montaison pendant 10 jours et évaluent le pourcentage de la fertilité. En plus de la phase pendant laquelle la plante doit être évaluée, la durée de l'exposition au froid est également importante, car elle définit le degré de contrainte qui sera imposé. Dans la présente étude, l'exposition de la descendance de riz BC₁F₂ à la température de 15°C pendant 10 jours à la montaison, a permis de distinguer les tolérants et les sensibles au froid de la nouvelle descendance, suivant les différents traits évalués ; ces températures ont présenté la moyenne de la température minimale observée au cours des 5 ans (2009-2013), dans la région de haute altitude de Madagascar. Ceci a confirmé que des conditions optimales sont nécessaires pour évaluer la tolérance au stress (da Cruz et al. 2013).

Conclusion

Pour cette recherche, le traitement avec une température 15°C pendant 10 jours est approprié pour l'évaluation et la sélection des nouvelles descendances tolérantes au froid à la phase de reproduction plus précisément à la montaison.

La détection de QTL, à travers l'utilisation de l'agrobiodiversité et de la biotechnologie en Sélection Assistée par Marqueur, pourrait constituer une ouverture dans l'amélioration variétale pour la tolérance au froid et pour le développement durable.

Remerciements

Nous remercions l'Institut international de recherche sur le riz (IRRI) et le Consortium de recherche sur le riz tempéré (TRRC) pour fournir des fonds pour cette étude.

References

- AfricaRice. (2015). Africa Rice recognized as an important partner of Madagascar. Africa Rice, from <http://africarice.blogspot.co.ke/2015/05/africarice-recognized-as-important.html>
- Andaya, V. C., and Mackill, D. J. (2003a). QTLs conferring cold tolerance at the booting stage of rice using recombinant inbred lines from a japonica and indica cross. *Theoretical and Applied Genetics*, 106(6), 1084–1090
- Andaya, V.C., Tai, T.H. (2007). Fine mapping of the qCTS4 locus associated with seedling cold tolerance in rice (*Oryza sativa L.*). *Molecular Breeding*, 20(4), 349–358
- Bertin, P., Kinet, J. M., and Bouharmont, J. (1996). Evaluation of chilling sensitivity in different rice varieties. Relationship between screening procedures applied during germination and vegetative growth. *Euphytica*, 89, 201–210.
- Da Cruz, R. P., and Milach, S.C.K. (2000). Breeding for cold tolerance in irrigated rice. *Ciencia Rural*. 30, 909–917.
- Da Cruz, R. P., Milach, S. C. K., and Federizzi, L. C. (2006b). Rice cold tolerance at the reproductive stage in a controlled environment. *Science Agriculture*, 63, 255–261.
- da Cruz, R P., Sperotto, R A., Cargnelutti, D., Adam ski, J. M., de Ferias, T. T., & Feet, J P. (2013). Avoiding damage and achieving cold tolerance in rice plants. *Food and Energy Security*, John Wiley, 2(2): 96–119
- Das, G., Rao, G. J. N. (2015). Molecular marker assisted gene stacking for biotic and abiotic stress resistance genes in an elite rice cultivar. *Journal Front Plant Science*, V6, 698
- Department of Rice Research. (2014). Annual Report 2013-2014, FOFIFA, Tsimbazaza, Antananarivo, Madagascar.
- Food and Agriculture Organization. (2015). Crop and Food Security Assessment Mission to Madagascar, 2015. Report from World Food Program,
- Gastineau, B., Gubert, F., Robilliard, A. (2010). Madagascar Challenge to the millennium goal development. IRD Editions, 335p
- Global Rice Science Partnership (GRISP). (2013). Rice almanac, 4th edition, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines
- Gunawardena, T. A., Fukai, S., and Blamey, F.P.C. (2003). Low temperature induced spikelet sterility in rice. I. Nitrogen fertilization and sensitive reproductive period. *Journal Agriculture Research*, 54, 937–946.
- InfoRice. (2015). Rice in Africa. Bulletin, form www.inter-reseaux.org
- Koseki, M., Kitazawa, N., Yonebayashi, S., Maehara, Y., Wang Z.X, Minobe, Y. (2010). Identification and fine mapping of a major quantitative trait locus originating from wild rice, controlling cold tolerance at the seedling stage. *Mol Genet Genomics*, 284(1):45–54
- Kumashiro, T. (2011). Advances in rice breeding for Africa. Africa rice center. In Jircas International Symposium, Trends of international rice research and Japanese scientific contribution – support to GRISP and CARD.
- Lou, Q., Chen, L., Sun, Z., Xing, Y., Li, J., Xu, X., et al. (2007). A major QTL associated with cold tolerance at seedling stage in rice (*Oryza sativa L.*). *Euphytica*, 158, 87–94.
- Ma, Y., Dai, x. Xu, Y., Luo, W., Zheng, X., Zeng, D., Pan, Y. (2015). COLD1 Confers Chilling Tolerance in Rice. *Cell Journal*. 160 (6), 1–1
- Mather, K.A., Molina, J.M., Flowers, J. M., Rubinstein, S., Rauh, B.L., Rauh, A.L., Caicedo, A.L., McNally, K., and. Purugganan, M.D. (2010). Migration, isolation and hybridization in island crop populations: the case of Madagascar rice. *Molecular Ecology*. 19(22), 4892–4905
- Ministry of agriculture. (2015). Mechanization Strategy of rice sector. Report document, Madagascar
- Murray, M.G., Thompson, W. F. (1980). Rapid isolation of high molecular weight plant DNA. *Nucleic Acids Research*, 8, 4321-4325
- National Statistical Institute (INSTAT). (2010). Household survey report, Antananarivo, Madagascar
- Oldeman, L.R. (1990). An agro climatic characterization of Madagascar. ISRIC Technical Paper 21, Wageningen, the Netherlands
- Pan, Y., Zhan. H., Zhang, D., Li, J., Xiong, H., Yu, J. et al. (2015). Genetic Analysis of Cold Tolerance at the Germination and Booting Stages in Rice by Association Mapping. *PLoS ONE*, 10(3)
- Raboin, L.M., Ramanantsoanirina, A., Dzido, J. L., Andriantsimialona, D., Tharreau, D., Radanielina, T., and Ahmadi, N. (2010). Upland (aerobic) rice breeding for the harsh environment of the High Plateau of Madagascar, Second Africa Rice Congress, Bamako, Mali

- Raboin, L. M., Randriambololon, A. T., Radanielina, T., Ramanantsoanirina, A., Ahmadi, N., and Dusserre, J. (2014). Upland rice varieties for smallholder farming in the cold conditions in Madagascar's tropical highlands. *Field crops research*, 169, 11 -20p
- Rahaingo, V.M., Kyotalimye, M., Thomas. Timothy, S., and Waithaka, M. (2012). East African Agriculture and Climate Change: a comprehensive analysis, Madagascar. International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington
- Sanghera, G.S., Wani, S.H., Hussain, W., Singh, N.B. (2011). Engineering cold stress tolerance in crop plants. *Current genomics*, 12 (1), 30-43.
- SAS Institute. (2000). System for information: version 9.1.3. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Suh, J., Lee, C., Lee, J., Kim, J., Kim, S., Cho, Y., Park, S., Shin, J., Kim, Y., Jena, K.K. (2012). Identification of quantitative trait loci for seedling cold tolerance using RILs derived from a cross between japonica and tropical japonica rice cultivars. *Euphytica*, 184(1), 101-108
- Wang, J., Li, H., Meng, L. (2014) User's manual of QTL IciMapping. The Quantitative Genetic Group, Institute of Crop Science, Chinese Academy of Agricultural sciences, Beijing, China, CIMMYT, Mexico.
- Wani, S. Hi., and Sah, S.K. (2014). Biotechnology and Abiotic Stress Tolerance in Rice. *Journal Rice Research*, 2, 105.
- Worldometers. (2016). from <http://www.worldometers.info/world-population/madagascar-population>
- Xu, L.M., Zhou, L., Zeng, Y.W., Wang, F.M., Zhang, H.L., Shen, S.Q., Li, Z.C. (2008). Identification and mapping of quantitative trait loci for cold tolerance at the booting stage in a japonica rice near-isogenic line. *Plant Science*, 174(3), 340-347
- Ye, H., Du, H., Tang, N., Li, X., and Xiong, L. (2009). Identification and expression profiling analysis of TIFY family genes involved in stress and phytohormone responses in rice. *Plant Molecular Biology*, 71, 291-305
- Zhang, Z.H., Qu, X.S., Wan, S., Chen, L.H., Zhu, Y.G. (2005). Comparison of QTL controlling seedling vigor under different temperature conditions using recombinant inbred lines in rice (*Oryza sativa* L.). *Anal Botanic*, 95(3), 423-429
- Zhang, Q., Chen, Q., Wan, S., Hong, Y., and Wan, Z. (2014). Rice and cold stress: methods for its evaluation and summary of cold tolerance-related quantitative trait loci. Rice Springer, from <http://www.thericejournal.com/content/7/1/24>

AGROBIODIVERSITE, AMÉLIORATION DE LA PRODUCTIVITÉ

26. Les enjeux socioéconomiques et environnementaux de l'agriculture biologique à Madagascar face à l'essor futur de l'agrobusiness

FANJANARIVO Symonette Pascaline

Centre d'Information et de Documentation Scientifique et Technique (CIDST)

I – INTRODUCTION

« L'agriculture biologique est un mode de production et de transformation respectueux de l'environnement, du bien-être animal et de la biodiversité, qui apporte des solutions face au changement climatique. L'agriculture biologique s'inscrit au cœur du développement durable. C'est un engagement pour le bien-être des générations futures ». Cette définition du Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) se rapproche des préoccupations du 21^{ème} siècle dont l'objectif 15 des Objectifs du Développement Durable (ODD) selon lequel « la vie humaine dépend autant de la Terre que des océans pour assurer notre existence et notre subsistance ».

A Madagascar, ce type d'agriculture a fait son apparition à la fin des années 1980. Les premiers produits certifiés biologiques étaient des huiles essentielles, des épices, des noix de cajou, de l'huile de coco et de palmier. Depuis, la filière suit la tendance des demandes mondiales : trois nouvelles usines de transformation de l'ananas ont vu le jour en 2015-2016 dans les environs d'Antananarivo et à Arivonimamo (région de l'Itasy), là où cette plante abonde.⁵ Avec un besoin oscillant entre 5 000 et 10 000 tonnes de fruits par an, ces usines veulent se tailler une part de marché sur les demandes croissantes de l'industrie agroalimentaire européenne. Notons que le marché mondial des produits biologiques ne connaît aucun déclin. Il est estimé à 82,6 milliards de dollars américains en 2014, et 84,8 milliards en 2015, d'après le CIRAD. Sur les 15 dernières années, il a été multiplié par cinq.⁶

Concernant la recherche sur l'agriculture biologique à Madagascar, elle est traitée dans des mémoires et des thèses, ainsi que dans des articles scientifiques. Mais dans la plupart des cas, elle est orientée sur le développement de ce type d'agriculture souvent intégré dans l'agriculture de conservation, ou lié à la

⁵ Interview auprès de Gaëtan Etancelin, président du SYndicat MAlgache de l'agriculture BIOlogique (SYMABIO)

⁶ Agence française pour le développement et la promotion de l'agriculture biologique (2016), La bio dans le monde, Les carnets de l'Agence bio Edition 2016

lutte biologique contre les insectes.⁷ Les liens avec l'agrobusiness et ses conséquences ne sont guère évoqués dans ces études. Or, l'agrobusiness, susceptible de nuire à l'agriculture biologique, est appelé à prendre un nouvel essor à Madagascar avec le projet de l'Etat malagasy de délimiter des Zones d'Investissement Agricole (ZIA). Afin de répondre à notre question de recherche centrée sur les enjeux économiques et environnementaux de l'agriculture biologique à Madagascar, nous optons pour l'approche hypothético-déductive : nous allons partir d'observations, de lectures et d'entretiens pour proposer une tentative d'explication à la question posée et aboutir ainsi aux résultats.

II - METHODOLOGIE

Trois matériels sont utilisés pour cette étude sur les enjeux socioéconomiques et environnementaux de l'agriculture biologique à Madagascar face à l'essor futur de l'agrobusiness :

1 – Un entretien sous forme d'interview avec Gaëtan Etancelin, président du SYndicat Malgache de l'Agriculture BIOlogique (SYMABIO).

Ce syndicat créé en 2011 est l'unique organisation regroupant les professionnels de l'agriculture biologique à Madagascar, à savoir les producteurs, les fournisseurs d'intrants, les transformateurs, les distributeurs, les organismes certificateurs, les exportateurs. Il a pour mission de défendre les intérêts professionnels et socioéconomiques de ses membres. Cette mission porte sur la production, la cueillette, la collecte, le négoce, la transformation, le conditionnement, la commercialisation et la certification des produits issus de l'agriculture biologique, ainsi que sur les intrants. A cet effet, le SYMABIO est un interlocuteur privilégié quand il s'agit de mener une recherche sur les enjeux socioéconomiques et environnementaux de l'agriculture biologique à Madagascar.

2 – Un entretien sous forme de courriel avec Miarisoa Raheriarajaona, chargée de certification auprès de l'organisme certificateur, ECOCERT.

Cet organisme créé en 1991 est reconnu au niveau international pour le contrôle et la certification des produits biologiques. En 1992, il a obtenu son premier agrément en France délivré par le ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation et par le ministère de l'Economie et des Finances. Il est accrédité par le Comité Français de l'ACcréditation (COFRAC) pour certifier les produits issus de l'agriculture biologique. Il est également accrédité en Europe, aux Etats-Unis et au Japon. Particulièrement à Madagascar, cet organisme joue un rôle prépondérant : il est chargé de contrôler la conformité des produits selon les exigences des pays destinataires.

3 – La collecte de données bibliographiques

Elle a pour objectif de faire la revue de littérature sur l'agriculture biologique tant dans le monde qu'à Madagascar, et de faire émerger ainsi la question de recherche et étoffer les données issus des interviews.

III – RESULTATS

De l'entretien avec le président du SYMABIO, avec ECOCERT et de la revue bibliographique, nous avons retenu les résultats suivants :

1 - En matière de cadre légal et de politique de filière

A Madagascar, l'agriculture biologique n'est régie par aucun cadre légal. Le pays ne dispose ni de normes ni de réglementation sur l'agriculture biologique. Voilà pourquoi les acteurs du secteur doivent se conformer aux normes et réglementations des pays destinataires et doivent faire certifier leurs produits par un organisme de contrôle et de certification reconnu par ces pays. Le pays n'a pas une politique ou une stratégie sectorielle dédiée à l'agriculture biologique. Et au niveau du ministère en charge de l'Agriculture, aucun service dédié n'est en place. C'est le SYMABIO qui joue le rôle d'interface entre, d'une part, les professionnels du secteur, et d'autre part, les pouvoirs publics, les interprofessions, les chambres consulaires, les organismes professionnels du secteur en amont et en aval de la filière biologique. Madagascar ne dispose pas non plus de mesures d'accompagnement pour le suivi des pesticides. Ce problème concerne tout autant l'utilisation de ces produits que la gestion des emballages lors de la période post-utilisation.

2 – Le marché des produits issus de l'agriculture biologique

⁷ Ces études témoignent de la recherche fragmentaire sur l'agriculture biologique.

- Ratnadass, A., Randriamanantsoa, R., Douzet, J. M., Rakotoalibera, M. H., Andriamasinoro, V., Rafamatanantsoa, E., & Michellon, R. (2012). Evaluation des risques liés au traitement de semences contre les attaques d'insectes terricoles sur riz pluvial à Madagascar et d'alternatives biologiques aux molécules de synthèse.
- Villenave, C., Ba, A. O., & Rabary, B. (2009). Analyse du fonctionnement biologique du sol par l'étude de la nématofaune: semis direct versus labour sur les hautes terres près d'Antsirabé (Madagascar). *Etude et gestion des sols*, 16(3/4), 369-378.
- Serpantié, G. (2009). L'agriculture de conservation à la croisée des chemins en Afrique et à Madagascar. *[VertigO] La revue électronique en sciences de l'environnement*, 9(3).
- Fabre, J. (2011). Evaluation technico-économique des effets des systèmes de culture sous couverture végétale dans les exploitations agricoles du lac Alaotra, Madagascar.

Le marché international des produits biologiques n'a connu aucun déclin sur les 15 dernières années. Les crises économiques internationales et les crises politiques nationales n'ont donc pas des impacts sur ce marché. D'après l'Agence française pour le développement et la promotion de l'agriculture biologique (Agence Bio), le marché des produits alimentaires biologiques dans le monde a été multiplié par cinq en quinze ans, atteignant 82,6 milliards de dollars américains en 2014.⁸ Les produits biologiques offrent des prix supérieurs à ceux des produits conventionnels : en 2011, ils sont 58% plus chers sur le marché de la distribution en France, d'après une enquête du périodique de la distribution alimentaire « Linéaires »⁹. En 2017, l'écart a augmenté : le panier bio en France est 79% plus cher que le panier conventionnel, selon l'étude effectuée par le magazine mensuel « UFC-Que Choisir ? » en août 2017¹⁰.

L'Amérique du Nord et l'Europe représentent près de 9/10^{ème} de la consommation mondiale de produits biologiques. L'Europe est la principale destination des produits biologiques de Madagascar et avec les écarts des prix en faveur de l'agriculture biologique, les producteurs et les exportateurs devraient se faire une marge plus importante qu'en agriculture conventionnelle. Nous pouvons aussi constater que le développement de l'agriculture biologique concerne tout autant les pays développés que les pays en développement. « En quatorze ans, les surfaces agricoles cultivées en bio et le nombre de fermes bio ont augmenté à des rythmes plus ou moins rapides suivant les zones. Les taux de croissance les plus forts ont été observés en Asie et en Afrique, zones où le développement a réellement démarré à partir des années 2000... Après une augmentation de plus de 5,3 millions ha entre 2012 et 2013 (+14,0 %), la surface mondiale bio (certifiée et en conversion) a augmenté, plus modestement, de près de 639 000 ha entre 2013 et 2014 (+1,5 %). Les surfaces ont globalement progressé dans toutes les zones. Les augmentations les plus importantes ont eu lieu en Europe (+226 123 ha), en Amérique Latine (+174 967 ha) et en Asie (+104 679 ha) ».¹¹ Le tableau ci-après indique l'évolution des exploitations et des surfaces dédiées à ce type d'agriculture.

Surfaces sous agriculture biologique et nombre d'exploitations agricoles biologiques en 2014¹²

Pays	Superficies en mode de production biologique (en ha) en 2014	Nombre d'exploitations biologiques en 2014	Surface moyenne en bio par exploitation certifiée (ha/exploitation)	Classement superficie	Classement nombre d'exploitation
Australie (2013)	17 150 000	1 707	10 047	1	69
Argentine	3 061 965	1 018	3 008	2	86
Etats-Unis	2 178 471	14 093	155	3	21
Chine	1 925 000	9 990	193	4	32
Espagne	1 663 189	30 602	54	5	11
France	1 117 549	26 466	42	8	12
Allemagne	1 047 633	23 398	45	9	15
Ethiopie (2013)	160 987	135 827	1	38	6
Madagascar	30 265	22 851	1	64	16
Côte d'Ivoire	19 548	490	40	75	97
Afrique du Sud	19 501	259	75	76	104
Ghana	15 563	1 588	10116	78	73

3 – Les problèmes de contamination

⁸ Agence française pour le développement et la promotion de l'agriculture biologique (2016), La bio dans le monde, Les carnets de l'Agence bio Edition 2016

⁹ Monnier A., Manger bio coûte encore 58% plus cher, *Linéaires*, Consulté le 27 juillet 2017, Disponible sur <http://www.lineaires.com/LA-DISTRIBUTION/Les-actus/Manger-bio-coute-encore-58-plus-cher-33705>

¹⁰ UFC-Que choisir, Fruits et légumes bio en grandes surfaces. Une consommation freinée par une offre indigente et des marges indigestes, Consulté le 2 septembre 2017, *UFC-Que choisir, Service des études*, <http://www.quechoisir.org>, Disponible sur <file:///C:/Users/CR-centre/Downloads/Produits%20bio%20en%20grandes%20surfaces.pdf>,

¹¹ Agence française pour le développement et la promotion de l'agriculture biologique (2016), La bio dans le monde, Les carnets de l'Agence bio Edition 2016

¹² Ce tableau est un extrait du tableau démontrant l'évolution des superficies cultivées sous agriculture biologique établi en 2016 par l'Agence française pour le développement et la promotion de l'agriculture biologique.

Concernant le domaine environnemental, quelques problèmes sont soulevés par le SYMABIO. Citons les moustiquaires imprégnées utilisées pour la lutte contre le paludisme. Des paysans partenaires de membres du SYMABIO les utilisent pour le séchage du curcuma et d'autres produits agricoles. Ce mode de séchage contamine les produits à cause des résidus chimiques. Le syndicat a demandé au ministère de la Santé publique de trouver des solutions alternatives aux moustiquaires imprégnées. Mais le ministère affirme que pour lutter contre le paludisme, ces matériels imprégnés sont nécessaires. Et avec le futur essor de l'agrobusiness via les Zones d'Investissement Agricole (ZIA), les contaminations croisées sont également une nouvelle et potentielle menace, selon le SYMABIO. Courant mai 2017, l'élaboration de la loi sur les ZIA a fait l'objet de consultations interrégionales organisées par le ministère en charge de l'Agriculture. La région du Vakinankaratra n'a pas attendu cette loi. Elle a lancé un appel à manifestation d'intérêts et en janvier 2017, elle a dénombré 19 investisseurs prêts à travailler sur 1 000 ha de terrain chacun.

IV – DISCUSSION

Ainsi, notre travail a permis de récolter les principaux résultats suivants :

A Madagascar, l'agriculture biologique n'est régie par aucun cadre légal et le pays ne dispose pas non plus de normes et de réglementation qui lui est propre pour ce type d'agriculture. De plus, elle n'est pas encadrée par une politique ou une stratégie sectorielle. Et au niveau du ministère en charge de l'Agriculture, l'on ne compte pas un service dédié à ce mode d'agriculture. Par ailleurs, le suivi des pesticides ne bénéficie pas de mesures d'accompagnement, notamment pour la période post-utilisation des emballages. Concernant le marché international des produits issus de l'agriculture biologique, aucun déclin n'a été enregistré sur les 15 dernières années. Il est à noter que l'Europe est la principale destination des produits biologiques en provenance de Madagascar. Sur le plan agricole, le développement de l'agriculture biologique concerne tout autant les pays développés que les pays en développement. Mais à Madagascar, les problèmes de contamination des surfaces sous mode biologique sont réels. Nous reconnaissons que notre étude ne permet pas de faire un large aperçu des enjeux socioéconomiques et environnementaux de l'agriculture biologique face à l'agrobusiness, dans la mesure où nous n'avons pas eu l'occasion d'interviewer les différentes catégories des parties prenantes du secteur.

Des résultats que nous avons obtenus, nous pouvons dire que l'absence de cadre légal et réglementaire, ainsi que de normes propres au pays, ne contribue pas à l'essor de l'agriculture biologique. Elle oblige les acteurs du secteur à se plier aux normes imposées par les importateurs. La certification par des organismes reconnus à l'international en fait partie. Elle coûte cher : le coût minimum est d'environ 2 000 000 Ar par an.¹³ Quoi qu'il en soit, il revient très cher, comparé au salaire annuel moyen dans l'emploi salarial qui est de 1 388 000 Ar s'il est de 674 000 Ar dans le secteur agricole.¹⁴ De plus, la certification doit être renouvelée tous les ans. Certes, la certification groupée est possible pour les groupements de producteurs, mais si nous comparons son coût au niveau du revenu paysan, il est évident que les paysans n'ont pas les moyens de faire certifier leurs produits. Il faut aussi signaler que le détenteur du certificat doit être une entité légale. En cas de certification groupée, c'est généralement l'exportateur qui en est le détenteur puisque, les paysans évoluent dans le secteur informel.

Le vide juridique autour du secteur biologique pose ainsi des problèmes au secteur privé concerné. Le SYMABIO rappelle que cela fait 25 ans que les acteurs du secteur, dont le pouvoir public, parlent de combler ce vide. Celui-ci pose également à Madagascar un problème d'image au niveau international, alors que les demandes en produits biologiques sont toujours en hausse selon le SYMABIO. Un cadre légal et réglementaire devrait fortement contribuer à régler cette situation. Il devrait aussi permettre à Madagascar de préserver ses terres pour qu'elles ne soient souillées par les pesticides et insecticides. En attendant, le SYMABIO participe à des manifestations internationales dédiées à l'agriculture biologique. L'objectif est double: améliorer la visibilité et l'image du pays, et faire certifier à terme un ou des territoires, comme au Rwanda, qui est en train d'adopter cette approche. Le syndicat estime qu'il serait très bénéfique d'adapter l'approche rwandaise à Madagascar, c'est-à-dire reconnaître sur le plan légal des territoires comme biologiques et les préserver des produits et intrants chimiques. Car il faut signaler que Madagascar est périodiquement sujet à des invasions acridiennes traitées avec des insecticides. Les contaminations provoquées par un tel traitement risquent d'affecter les surfaces sous agriculture biologique et d'occasionner des pertes pour les producteurs et les exportateurs.

Sinon, le Rwanda a un dispositif de gestion de l'utilisation des engrains chimiques et de leurs emballages. Des importateurs et des distributeurs légaux sont identifiés et chargés de former les paysans et de récupérer ces emballages après utilisation. En fait, tout est réglementé et sectorisé grâce à un pilotage GPS: chaque kilogramme d'engrais utilisé est localisé, dans la mesure où le paysan fournit aux distributeurs les informations nécessaires (superficie à amender, calendrier d'utilisation...). Ce dispositif a des objectifs multiples :

¹³ Selon l'interview par courriel effectuée auprès de Miarisoa Raheriarajaona, chargée de certification auprès de l'ECOCERT

¹⁴ Institut National de la Statistique (INSTAT) (2010), Enquête Période auprès des Ménages (EPM 2010)

- Obtenir des données sur l'utilisation des engrains, le volume acheté par les paysans... A partir de ces données, les autorités disposent d'outils pour élaborer et/ou améliorer les politiques sectorielles relatives à l'agriculture, pour prendre des décisions en matière agricole
- Préserver les zones qui peuvent être plus tard sectorisées en superficies sous agriculture biologique.

Cette approche rwandaise, si elle est adaptée à Madagascar, devrait permettre de résoudre les problèmes de contamination réels et potentiels et de préserver ainsi les zones sous agriculture biologique. Mais il serait indiqué de créer, au sein du ministère en charge de l'Agriculture, un service dédié à l'agriculture biologique. Il est appelé à jouer le rôle d'interface entre tous les acteurs du secteur et faire avancer les causes de l'agriculture biologique incluant la mise en place d'un cadre légal de l'élaboration et de la mise en œuvre d'une politique ou à défaut d'une stratégie sectorielle. Pour le moment, la marge commerciale confortable qui devrait revenir aux producteurs et aux exportateurs de Madagascar est rognée par le coût élevé de la certification, par les différents problèmes issus de l'absence du cadre légal et de la stratégie sectorielle. Or, l'agriculture biologique devrait soutenir le développement de l'agriculture familiale contractuelle à Madagascar. Celle-ci est source de revenus stables. Quant à l'agriculture familiale, elle est dominante dans le secteur agricole mais est marquée par l'occupation d'une petite surface (0,87 ha par exploitation),¹⁵ par un faible rendement et donc par des faibles revenus. Grâce à l'encadrement technique et financier des exportateurs en produits biologiques et aux contrats qu'ils passent avec les producteurs, l'agriculture familiale devrait se développer.

Sinon, l'agriculture biologique présente d'importants enjeux environnementaux : elle préserve l'humus et donc la fertilisation du sol. A terme, le sol préservé donne des bons rendements mais il faut faire preuve de patience : à Madagascar, il faut en moyenne 10 ans pour mettre en place un projet d'agriculture biologique, contre 3 ans en Ouganda, d'après le SYMABIO. Ces délais sont nécessaires pour organiser les paysans producteurs. Leur durée dépend de la politique agricole adoptée par chaque pays. Il est toutefois à signaler que l'organisation paysanne est le cœur de l'agriculture biologique. Par ailleurs, ce type d'agriculture endigue l'érosion du sol. Il prévient l'ensablement et l'envasement des superficies agricoles en aval. A Madagascar, ce phénomène est très courant et compromet le développement de l'agriculture en général et de la riziculture en particulier. Les grandes plaines rizicoles du lac Alaotra et de Marovoay en sont concernées.

V – CONCLUSION

Ainsi, nous pouvons constater qu'à Madagascar, l'agriculture biologique, malgré les différents problèmes auxquels elle fait face, présente des enjeux socioéconomiques et environnementaux. Elle peut contribuer à développer l'agriculture familiale et pour des revenus plus rémunérateurs que l'agriculture conventionnelle. Elle joue également un rôle important dans la préservation du sol et prévient ainsi les terres agricoles en aval de l'ensablement et de l'envasement.

Mais ce type d'agriculture fait face à des risques et menaces réels et potentiels issus de l'absence de cadre légal et réglementaire ainsi que d'une politique ou d'une stratégie sectorielle. Ce sont autant de sources de difficultés pour les acteurs du secteur, lesquelles pourraient s'aggraver avec le futur essor de l'agrobusiness. C'est dans ce sens que nous formulons les recommandations ci-après :

- La création d'un service dédié au sein du ministère en charge de l'Agriculture devrait militer pour la cause de l'agriculture biologique et devrait mettre fin au vide juridique entourant ce secteur. En collaboration avec les autres acteurs du secteur, ce service devrait aussi aider le ministère à mieux considérer l'agriculture biologique à travers l'élaboration d'une politique ou d'une stratégie sectorielle.
- Le futur essor de l'agrobusiness devrait s'accompagner d'un cadre légal et d'une stratégie sectorielle en faveur du développement de ce type d'agriculture et d'autres secteurs dont l'agriculture biologique. En effet, c'est une voie pour aider le pays à relever de nombreux défis. Citons pour l'agrobusiness, la sécurité alimentaire et l'essor de l'industrie agroalimentaire et de filières comme celle de l'agro-carburant... Et pour l'agriculture biologique, les défis résident dans le développement de l'agriculture familiale contractuelle, la préservation du sol, de l'environnement et de la santé humaine.

VI – BIBLIOGRAPHIE

- Agence française pour le développement et la promotion de l'agriculture biologique (2016), La bio dans le monde, Les carnets de l'Agence bio Edition 2016
- Banque mondiale (2008), Relancer l'agriculture
- Fabre, J. (2011). Evaluation technico-économique des effets des systèmes de culture sous couverture végétale dans les exploitations agricoles du lac Alaotra, Madagascar.

¹⁵ Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche (2004-2005), Recensement agricole 2004-2005

- FIBL, IFOAM (2016), The world of organic agriculture, Statistics and emerging trends, Frick and Bonn
- Institut National de la Statistique (INSTAT) (2010), Enquête Période auprès des Ménages (EPM 2010)
- Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche (2005), Recensement agricole 2004-2005
- Ministère de l'Agriculture, Ministère des Ressources halieutiques et de la Pêche, Ministère de l'Elevage (2015), Programme sectoriel Agriculture-Elevage-Pêche
- Ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche scientifique (2015), Plan directeur de la recherche sur l'environnement lié au changement climatique 2015-2019
- Ratnadass, A., Randriamanantsoa, R., Douzet, J. M., Rakotoalibera, M. H., Andriamasinoro, V., Rafamatanantsoa, E., & Michellon, R. (2012). Evaluation des risques liés au traitement de semences contre les attaques d'insectes terricoles sur riz pluvial à Madagascar et d'alternatives biologiques aux molécules de synthèse.
- Serpenté G. (2009) L' « agriculture de conservation » à la croisée des chemins (Afrique, Madagascar), [VertigO] La revue électronique en sciences de l'environnement, Vol. 9, N°3
- Villenave, C., Ba, A. O., & Rabary, B. (2009). Analyse du fonctionnement biologique du sol par l'étude de la nématofaune: semis direct versus labour sur les hautes terres près d'Antsirabé (Madagascar). Etude et gestion des sols, 16(3/4), 369-378.

27. Agro-biodiversité dans les exploitations agricoles familiales du Moyen Ouest de Vakinankaratra : des paysans en avance sur la recherche et le développement agricole durable ?

RAHARISON Tahina Solofoniaina

GSDM, Professionnels de l'Agro-écologie - Madagascar ; DP SPAD (Dispositif d'enseignement et de recherche en Partenariat - Système de Production d'Altitude et Durabilité) ; UMR MOISA (Marchés, Organisations, Institutions et Stratégies d'Acteurs) / Montpellier SUPAGRO.

- Autfray Patrice ; UR AIDA/CIRAD, DP SPAD Madagascar
- RAZAFIMAHATRATRA Mamy ; FOFIFA, DP SPAD Madagascar; UMR MOISA/Montpellier SupAgro
- RAKOTOFIRINGA Hery Zo ; DP SPAD Madagascar
- BELIERES Jean-François ; UMR ART-Dev (Acteurs, Ressources et Territoires dans le Développement) / CIRAD, FOFIFA, DP SPAD Madagascar
- Paulo SALGADO ; UMR SELMET (Systèmes d'Elevage Méditerranéens et Tropicaux) / CIRAD, DP SPAD Madagascar

Résumé

À Madagascar, l'agriculture, essentiellement familiale « traditionnelle », est perçue comme peu productive et ne serait pas durable, en raison de pratiques qualifiées de « minières ». Mais, si nous nous référions à l'agro-biodiversité, une des composantes de l'agroécologie, n'y-a-t-il pas dans ces pratiques traditionnelles, une certaine modernité, sur laquelle la recherche pourrait s'appuyer pour améliorer la productivité agricole et ainsi contribuer aux enjeux de développement du pays ?

Des données de deux enquêtes spécifiques auprès d'exploitations agricoles de la région de Vakinankaratra ont été collectées pour décrire les pratiques agricoles actuelles de l'agriculture familiale, en matière d'agro-biodiversité. Si les résultats ont mis en évidence la faible diffusion des techniques agricoles améliorées, les pratiques actuelles réservent une place importante à l'agro-biodiversité aux différentes échelles: parcelle, exploitation agricole, territoire. Cette diversité s'inscrit dans des stratégies anti-risques, mais aussi dans des savoirs et savoir-faire qui rejoignent l'agroécologie, sur lesquels pourraient s'appuyer les actions de recherche et de développement pour construire de nouveaux systèmes plus durables, au travers d'une intensification écologique.

Mots clés : agriculture familiale, pratiques agricoles, agro-biodiversité, intensification écologique

1- Introduction ET JUSTIFICATION

Le modèle de développement agricole le plus largement utilisé ces dernières années, repose sur une intensification dite « conventionnelle », étroitement liée à la recherche de productivité (Tirel, 1987), et basée sur une artificialisation du milieu, un recours important aux intrants de synthèse, aux variétés et races améliorées (Pretty et al. 2011). Il se traduit souvent par une spécialisation de la production et un « appauvrissement » de la biodiversité cultivée au niveau de l'exploitation agricole (EA), de l'agroécosystème et donc du territoire (Kleijn et al. 2009 ; Reidsma et al., 2006). Ce modèle est aujourd'hui critiqué et d'autres voies d'intensification sont proposées, à l'exemple de l'agroécologie qui

repose notamment sur une meilleure « utilisation » des processus écologiques (Bonny, 2010 ; Griffon, 2013).

L'agriculture à Madagascar est décrite comme « traditionnelle, peu intensive entraînant de faibles rendements » (Ministère de l'Agriculture, 2015). Malgré des politiques agricoles volontaristes de type « révolution verte » (Raharison, 2014), les techniques agricoles améliorées sont peu diffusées. En plus d'être peu productive, elle ne serait pas durable, en raison de pratiques dites « minières » (Taonda et al., 1995) qui épuisent les ressources naturelles.

Cependant, rares sont les études qui analysent, avec une approche systémique, les modes de fonctionnement de cette agriculture, essentiellement familiale (Sourisseau et al., 2014), et qui mettent en perspective leur productivité et leur durabilité avec d'autres modèles d'intensification possibles. Quelles sont les pratiques paysannes actuelles et comment les apprécier avec un référentiel d'intensification agro-écologique ? Quelle place laissent-elles à l'agro-biodiversité qui est une composante primaire des agroécosystèmes et une source de services écosystémiques valorisée dans les pratiques agro-écologiques (MEA 2005). N'y-a-t-il pas, dans ces pratiques traditionnelles, une certaine modernité qui pourrait être « valorisée » et utilisée comme un levier pour la mise au point et la diffusion de nouveaux modèles techniques qui améliorent la productivité agricole et ainsi contribuent aux enjeux de développement du pays ?

2- OBJECTIFS

L'objectif de cette communication est de revisiter les pratiques agricoles actuelles de l'agriculture familiale à l'aune des nouveaux modèles d'intensification et, en particulier, de la place de l'agro-biodiversité dans les systèmes d'exploitation et de mettre en relation ces pratiques et les performances agricoles.

3- Matériel et méthodes

Les résultats présentés ici sont issus des traitements de deux enquêtes menées dans le cadre du dispositif en partenariat Système de Production d'Altitude et Durabilité (dP SPAD, <https://www.dp-spad.org/>).

- La première a porté sur un échantillon représentatif de 240 exploitations agricoles (EA) de 4 communes du Moyen Ouest de Vakinankaratra. Elle a été réalisée en 2014/2015 avec l'appui financier du GSDM et du projet STRADIV. Elle a permis de collecter des informations précises et détaillées, quantitatives et qualitatives, sur les caractéristiques structurelles, les pratiques agricoles et les performances, jusqu'au revenu de l'EA. Ces données représentatives, au moins pour les huit fokontany enquêtés, permettent de caractériser, les pratiques agricoles et de les analyser avec le prisme de l'agroécologie et plus particulièrement de l'agro-biodiversité.
- Le deuxième est une enquête approfondie auprès de 24 EA de la région du Vakinankaratra qui a permis de retracer les trajectoires d'intensification en prenant en compte l'ensemble du système productif (les systèmes de culture et d'élevage), en lien avec les autres activités. Les EA ont été retenues de manière à disposer de cas contrastés pour représenter un peu de la diversité des systèmes de production de la région. Les informations collectées permettent d'analyser l'évolution des pratiques au regard des types d'intensification. Ces travaux ont été réalisés en 2105 dans le cadre du programme ProIntensAfrica financé par l'UE.

L'analyse de ces données empiriques, avec des statistiques descriptives, ont permis d'apprécier l'importance de l'agro-biodiversité dans les systèmes d'exploitation notamment, à travers les pratiques d'associations culturales, du nombre d'espèces cultivées ou élevées, des types d'intrants utilisés et du niveau d'intégration des activités d'agriculture et d'élevage.

4- RESULTATS

4.1 Des techniques « améliorées » peu répandues

Les résultats des enquêtes ont montré une faible diffusion des techniques améliorées de l'intensification conventionnelle (voir notamment <http://donnees.banquemoniale.org/>). Dans le Moyen Ouest, une EA sur quatre (Tableau 7) a utilisé des engrains de synthèse achetés et épandus en moyenne 36,6 kg par an, soit, ramené à la superficie cultivée de l'EA, une dose de 17,7 kg/ha par an. Pour l'ensemble des EA, la dose moyenne était seulement de 5,2 kg/ha. 6% des parcelles ont reçu de l'engrais pour un peu moins de 7% de la superficie et presque exclusivement les cultures de riz pluvial, de maïs et de maraîchage.

Les productions végétales ont fait l'objet principalement d'épandage de fumure organique (FO) qui est une pratique très répandue dans la région (80% des EA), et il y autant d'EA qui achètent de la fumure organique (23%) que d'engrais de synthèse.

Le recours aux produits phytosanitaires pour les cultures annuelles était plus important, avec 40% des EA qui en utilisent, mais les quantités sont faibles, avec moins de 10 000 Ar dépensés par EA (CV de 162%), et essentiellement consacrés à l'achat d'insecticides ou de fongicides pour traiter les semences.

Le recours au marché, pour les semences, était plus fréquent, avec 59% des EA qui ont acheté des semences ou boutures, mais selon nos données les semences de variétés améliorées ne représenteraient que 1% des semences achetées.

Les matériels agricoles les plus utilisés étaient de type manuel. Parmi les outils « non-traditionnels », la sarcluseuse manuelle connaît une bonne diffusion, puisque plus d'une exploitation sur trois en est équipée (35%), alors que pulvérisateurs et batteuses à pédale étaient rares, avec respectivement 4% et 2% des EA équipées. La traction animale était largement répandue avec 53% des EA qui disposent d'au moins un outil de ce type (Tableau 7) ; 50% avaient au moins une charrue et 34% au moins une charrette. La possession de matériels ou équipements motorisés était rare (seulement une EA sur dix) et aucune EA n'était équipée d'un tracteur ou d'un motoculteur.

Les autres techniques d'intensification plus écologiques comme le Système de Riziculture Intensive (SRI) et le Semis sous Couverture Végétale (SCV) restent peu pratiquées avec respectivement 3,5% des EA et 2% des superficies en riz de bas-fonds pour le SRI et 2,5% des EA et 1,5% de la superficie cultivée en pluvial pour les SCV.

4.2 Des systèmes de production bio-diversifiés

4.2.1 Agro-biodiversité à l'échelle de la parcelle

L'association de cultures consiste à la mise en place en simultanée de deux espèces ou plus, sur la même surface, pendant une période significative de leur cycle de croissance (Willey, 1979 cité par INRA, 2012). Elle est très répandue dans le Moyen Ouest puisque 78% des EA ont au moins une parcelle cultivée en association et au total ce sont 22% des parcelles et 27% de la superficie cultivée qui sont concernées (en sachant que le riz de bas-fonds représente 28% de la superficie annuelle et qu'il est cultivé en culture pure).

Les EA qui n'ont pas de parcelles avec association culturale ont une superficie cultivée moyenne légèrement plus petite (156 ares CV de 81%) que celles qui en ont (174 ares CV de 74%). Mais les EA qui ont de fort pourcentage de la superficie hors rizières, en association ont aussi une superficie moyenne plus faible (152 ares CV 74%). Dans les EA qui pratiquent, en moyenne 33% de la superficie cultivée sont mis en valeur avec des cultures associées.

Au total, 44 associations différentes ont été recensées durant l'enquête (

Figure 15), montrant une grande diversité d'espèces à l'échelle des parcelles. Le maïs est la plante la plus utilisée dans les associations : il est présent sur 89% de la superficie des parcelles cultivées en association. L'association « riz + maïs » est la plus fréquente avec 40% de la superficie des parcelles cultivées en association, vient ensuite l'association « maïs + arachide » avec 27% des superficies. Si nous regroupons les légumineuses, 56% de la superficie en association comporte au moins une légumineuse et l'association « maïs + légumineuse » est, au final, la plus fréquente, avec 48% de la superficie. Enfin, le manioc est aussi utilisé sur 14% de la superficie des parcelles en association et l'association la plus fréquente est « maïs + manioc » sur 6%.

Les données, collectées au niveau des parcelles, permettent de comparer la productivité, selon la culture pratiquée¹⁶ (

Figure 16). Le riz de bas fond dégage un produit brut et une marge brute (respectivement environ 2,0 et 1,6 millions Ar¹⁷/ha) en moyenne nettement plus élevés que toutes les autres cultures. Les charges sont faibles, avec seulement 20% du produit brut, et constituées essentiellement par l'achat de travail (73% de charges)¹⁸. Pour les parcelles avec du riz pluvial. Les produits bruts sont à peu près les mêmes, mais les associations dégagent plus de marge brute car les charges sont plus faibles. Le maïs et le manioc, quand ils sont associés, dégagent largement plus de produit brut et de marge brute qu'en culture pure. Ainsi, parmi les cultures autres que riz de bas-fonds et cultures maraîchères, les parcelles avec des cultures associées dégagent des produits bruts et surtout des marges brutes moyens plus élevés qu'en culture pure.

4.2.2 Agro-biodiversité à l'échelle de l'exploitation

L'assoulement est la répartition des cultures de l'année entre les parcelles de l'exploitation agricole. Il exprime le niveau d'agro-biodiversité du système de culture. L'enquête du Moyen Ouest a permis d'apprécier l'assoulement des exploitations en 2014. Les résultats sont exprimés, en se référant à la superficie physique, mais aussi à la superficie économique¹⁹ pour tenir compte des associations culturales (MAEP, 2007).

La superficie moyenne annuelle cultivée par EA en 2014 est de 170 ares, alors que la superficie économique est de 219 ares. La répartition, selon les différentes cultures (

Figure 17) montre que le riz occupe une place importante avec 42% de la superficie physique (28% riz de bas-fonds et 14% riz pluvial) et 37% de la superficie économique. Mais les autres cultures ne sont pas marginales avec plus de 50% de la superficie physique et plus de 60% de la superficie économique. Parmi ces cultures, les quatre principales sont le maïs, le manioc, l'arachide et le pois de terre. En moyenne une EA a plus de cinq cultures annuelles différentes (moyenne de 5,47, CV de 33%, maximum de 15 cultures et médiane de cinq cultures). Si nous y ajoutons les cultures pérennes (canne à sucre, fruitiers, etc.), la moyenne passe à six espèces.

Les assoulements sont constitués pour 55% des EA (et 60% de la superficie cultivée) d'au moins quatre types différents de cultures (

Tableau 8). Les EA qui ont deux ou trois cultures seulement ne représentent que 18% des EA et seulement 10% de la superficie totale cultivée ; ce sont en général de petites EA. Ainsi, les EA de cette zone ont des systèmes de cultures en pluvial diversifiés avec pour la majorité d'entre elles des rotations entre céréales, légumineuses et tubercules. À ces cultures s'ajoutent les cultures maraîchères et fruitières qui occupent peu de place mais qui sont présentes dans le paysage.

Les enquêtes sur les trajectoires d'intensification agricole ont montré que la majorité des EA a augmenté le nombre de cultures pratiquées (Figure 18) entre l'année d'installation (variant de 1975 à 2009 pour les 24 EA enquêtées) et l'année d'enquête (2015). Les EA qui ont peu ou pas augmenté sont celles qui avaient dès le départ une diversification importante et celles qui sont restées très limitées par les facteurs de production et plus particulièrement le foncier.

L'agro biodiversité dans les EA s'apprécie aussi en termes d'élevage. Huit espèces animales ont été inventoriées avec trois espèces très largement répandues : 87% des EA ont élevé au moins une poule ou un poulet en 2014, 79% un porc, 56% un bovin. La pisciculture n'est pas négligeable avec 18% des EA qui ont élevé des poissons. Quelques exploitations (9%) n'avaient aucun animal à la date de

¹⁶ Les données disponibles ne permettent pas de prendre en compte les précédents culturaux et donc d'apprécier les effets des rotations de cultures.

¹⁷ 1 euro = 3 144Ar en mars 2015 (année de l'enquête)

¹⁸ Dans ce calcul, le travail familial n'a pas été pris en compte, seul le travail extérieur rémunéré ou l'entraide.

¹⁹ La superficie physique est la superficie géographique réelle de la parcelle. La superficie économique est la surface physique comptée autant de fois qu'il y a association de cultures ou succession de cultures dans l'année. Dans le cas d'une association, la superficie de la parcelle est affectée à chacune des cultures, et donc comptée autant de fois qu'il y a de cultures différentes.

l'inventaire de fin 2014, mais cette situation était conjoncturelle et seulement moins de 1% des EA n'ont élevé aucun animal durant l'année, 38% ont élevé deux espèces et 46% trois espèces ou plus (

Figure 19).

L'analyse de la trajectoire d'intensification agricole (

Figure 20) montre que toutes les EA ont tenté de diversifier l'élevage. Une seule EA n'élevait aucun animal en 2015. Cette exploitation est la plus petite (3 ares de surface SAU) et a pratiqué l'élevage à plusieurs reprises. Dans l'échantillon enquêté, onze exploitations (46%) possédaient au moins un bovin à l'installation et seule trois (13%) n'ont pas de bovin en 2015. Six exploitations avaient au moins un porc à leur installation contre 15 en 2015. Dix-sept exploitations ont, à un moment donné, élevé des porcs malgré les risques élevées de maladies, et notamment la peste porcine africaine (PPA), qui peuvent décimer tout le cheptel. L'élevage de volailles concerne toutes les exploitations, au moins à un moment donné de leur trajectoire. Quant aux nombres d'espèces élevées (

Figure 20), dès l'installation, la plus grande partie des EA a plusieurs espèces et 15 EA ont augmenté le nombre d'espèces au sein de leur exploitation (jusqu'à un maximum de sept espèces animales pour deux EA).

4.2.3 Agro-biodiversité à l'échelle du territoire

Seules les données collectées auprès des EA, sont utilisées ici pour analyser l'agro-biodiversité au niveau du territoire. Dans la zone du Moyen Ouest enquêtée, quelques cultures dominent en nombre de parcelles, ce sont comme nous l'avons vu le riz, le maïs, le manioc, l'arachide et le pois de terre. Comme les parcelles des EA sont éparpillées et de petite taille (30 ares en moyenne CV de 87%), la diversité à l'échelle territoriale est importante.

Certaines pratiques agricoles renforcent la biodiversité « non planifiée » et amélioreraient le fonctionnement de l'écosystème (Jackson et al. 2007). C'est le cas de la jachère ou de la possession d'un étang et ceci, même si les jachères sont de courte durée et les étangs irrégulièrement entretenus. Dans le territoire, 30% des EA ont une jachère ou un étang et 13% avec les deux à la fois. Avec une surface qui représente 15% de la superficie cultivée annuellement, les jachères ne sont pas négligeables dans le paysage, contrairement aux étangs qui sont en général de très petite taille et ne représentent que 0,4% de la superficie cultivée, ce qui ne renseigne en rien sur leur contribution réelle à la biodiversité.

Au total ce sont 40 espèces annuelles ou pérennes qui ont été inventoriées ; la

Figure 21 présente la liste et leur importance (par rapport au nombre de parcelles) sur le territoire. Par rapport aux unités de paysage (

Tableau 9), c'est sur tanety (70% de la superficie cultivée) qu'il y a le plus de diversité avec 22 espèces annuelles cultivées (sur un total de 26 dans le paysage) et 14 cultures pérennes. Sur les baiboho (seulement 5% de la superficie cultivée), 11 espèces annuelles ont été recensées et 14 pérennes. Dans les bas-fonds, à la saison des pluies, les rizières sont cultivées uniquement en riz ; la diversité (16 cultures inventoriées) est liée au maraîchage de contre saison, pourtant relativement rare dans la zone.

La diversification des cultures n'est pas un frein à la mise en marché des produits. Les résultats d'enquête montrent que globalement au niveau du territoire, 43% de la valeur des productions végétales de l'année sont commercialisées (Tableau 10) et notamment 85% des cultures maraîchères, 75% des légumineuses et 45% des fruits. Ainsi, l'agro-biodiversité joue un rôle important dans l'accès au marché des exploitations agricoles et dans la dynamique économique du territoire. Au-delà de la valeur des productions mises sur le marché, le nombre d'espèces commercialisées (quel que soit le produit) est un indicateur de la diversité des filières de commercialisation au niveau du territoire, et donc du potentiel de diversification économique. Les exploitations agricoles ont commercialisé au total des produits issus de 42 espèces animales ou végétales. Et une EA a commercialisé en moyenne des produits de 6 espèces différentes (moyenne de 5,88, CV de 59%, minimum 0 et maximum 17).

4.3 Un indicateur construit du niveau d'agro biodiversité dans les EA

Un indicateur de biodiversité a été établi afin de noter le niveau de biodiversité à l'échelle des EA en se basant sur quelques critères : i) le nombre d'espèces végétales cultivées ; ii) le nombre d'espèces animales élevées ; iii) le pourcentage en superficie de cultures associées par rapport à la superficie totale ôtée de la superficie en riz de bas-fond ; iv) le nombre de produits animaux et végétaux commercialisés ; v) l'existence de jachère ou étang, ou les deux en même temps.

Le système de notation (Tableau 11) permet une évaluation et comparaison indicative de l'agro-biodiversité. Trois niveaux d'agro biodiversité dans les EA ont été calculés à partir de la moyenne des notes (Tableau 12). Les EA les plus riches en agro-biodiversité donnent les résultats les plus élevés en marge brute agricole, en revenu agricole et en revenu agricole par Unité de Travail Annuel familial. Toutefois, ce sont aussi les EA les plus dotées en ressources foncières (SAU plus élevée).

Si nous ramenons les notes moyennes au niveau du territoire d'enquête, une légère variabilité est notée pour chaque commune (

Figure 22). Les notes moyennes en lien avec le nombre d'espèces animales sont quasiment les mêmes (avec des moyennes avoisinant 2). La variabilité est plus importante sur les notes en lien avec la part de surface de cultures associées, qui sont plus basses que la moyenne globale dans les communes de Fidirana et Ankazomiriotra (qui ont des superficies moyennes SAU plus grandes : 2,17 ha et 2,43 ha, respectivement) et inversement plus élevées à Inanantonana et Vinany avec des EA qui ont des SAU moyenne disponibles plus petites (1,73 ha et 1,64 ha, respectivement).

5- Discussion

5.1 L'agro-biodiversité : un choix pertinent pour les EA ?

Les pratiques actuelles, d'une grande majorité des exploitations agricoles du Moyen Ouest, préservent un niveau élevé d'agro-biodiversité. Les EA qui sont spécialisées (c'est-à-dire ici avec peu d'agro biodiversité)

sont, en fait, celles qui ont très peu de facteurs de production et en particulier de foncier et qui ne peuvent pas diversifier leurs activités. Les EA qui ont les meilleures notes d'agro-biodiversité sont celles qui ont les meilleures performances, mais elles sont aussi nettement mieux dotées en facteurs de production. Pour expliquer ces résultats, nous pouvons rappeler les travaux de Altieri (1995) qui constatait que dans les agroécosystèmes diversifiés, l'interaction entre les cultures ainsi qu'avec les animaux engendre une synergie bénéfique qui permet de gérer la fertilité du sol, la lutte contre les nuisibles, ainsi que la productivité.

Les associations de plantes cultivées visent à tirer le meilleur parti possible du milieu, à l'exemple des associations comprenant des légumineuses qui permettent une meilleure nutrition azotée des autres plantes. En plus des associations de cultures, la diversité d'espèces cultivées (cinq cultures différentes en moyenne pour une EA) procurent diverses utilisations à l'échelle des EA à la fois pour l'autoconsommation, pour la vente procurant de revenus, pour l'autoproduction de semences ainsi que d'autres utilisations (Tableau 4).

L'élevage de zébus constitue un cas de forte intégration agriculture-élevage à l'échelle d'un système de production. Les zébus de trait assurent la traction animale et ils sont très valorisés dans la zone enquêtée puisque 53% des EA en possèdent. Ensuite, la fertilisation organique tient une place importante pour la gestion de la fertilité des sols des systèmes de culture en sachant que la fertilisation minérale reste très peu utilisée. Les enquêtes sur les trajectoires d'intensification ont montré que si certaines exploitations ont une stratégie de développer les bœufs de traits destinés à la production de fumier et au renouvellement de la traction animale (dont l'importance est perçue dans la productivité agricole), d'autres se sont investis dans l'élevage de vaches laitières et ce sont celles qui dégagent les plus fortes marges brutes pour l'élevage et aussi pour l'ensemble des activités agricoles.

Une des conclusions de l'analyse des trajectoires est que, dans la région de Vakinankaratra, l'intensification agricole rime avec diversification. Il s'agit ainsi d'une stratégie permettant d'optimiser l'utilisation des petites surfaces, pour les cas d'association de cultures, de minimiser la prise de risque liée à la spécialisation, de subvenir à leurs besoins d'autosubsistance et d'augmenter la productivité dans les contextes de petites agricultures familiales (Rakotoarisoa et al., 2016). Ainsi, nous pouvons émettre l'hypothèse selon laquelle, au-delà des stratégies anti-risques, le recours aux pratiques de type agro-écologiques est la manifestation d'un réel savoir et savoir-faire agronomique des exploitants agricoles de la région.

De plus, au-delà de l'agro-biodiversité « planifiée²⁰ », le faible recours à des intrants de synthèse et en particulier à des pesticides et herbicides est un élément qui favorise la biodiversité environnante, qui pourrait bénéficier à l'agriculture en régulant les fonctions des écosystèmes (Jackson et al. 2007).

5.2 Des politiques publiques fortement orientées vers l'intensification conventionnelle

« Madagascar en 2025, s'appuie sur une production Agricole compétitive et durable, intégrant des exploitations familiales et des unités de transformation modernisées pour assurer la sécurité alimentaire et conquérir les marchés d'exportation », telle est la vision actuelle des politiques publiques à Madagascar au travers son Plan National d'Investissement Agricole 2016-2020, dans le cadre de son Programme Sectoriel Agriculture Elevage Pêche (MINAGRI, MINEL, MRHP, 2015). Afin de parvenir à cette vision, le PSAEP propose différents programmes et des actions bien définis où en plus de l'amélioration de l'environnement économique, institutionnel et réglementaire (foncier, financement agricole, accès aux services, formations, etc.), des actions liées directement à l'intensification agricole sont affichées. Les actions affichées tendent clairement vers l'intensification conventionnelle et résumées dans le paragraphe du PSAEP/PNIAEP 2016-2020 ci-après : « La Révolution verte appliquée par Madagascar depuis quelques années sera redynamisée. Les intrants de base (semences, engrains, aliments, matériels et équipements) doivent être de qualité aussi bien pour l'agriculture que pour l'élevage et la pêche. L'utilisation des petits matériels Agricoles est à développer ». En aucun cas, on parle de renforcement de la biodiversité et valorisation des services écosystémiques produites afin d'améliorer la productivité agricole.

Or, les résultats des enquêtes confirment la réalité observée à l'échelle nationale sur les difficultés à développer les approches conventionnelles d'intensification, et notamment pour les plus petites exploitations. Les résultats montrent également que les pratiques actuelles réservent une place importante à la biodiversité, à différentes échelles (parcelle, EA, territoire), notamment au travers des associations de cultures, des diversifications des espèces cultivées et de l'intégration agriculture-élevage que presque toutes les EA pratiquent (au moins de manière conjoncturelle).

²⁰ "Agrobiodiversity is considered to encompass a broader definition, to include the full diversity of organisms living in agricultural landscapes, including biota for which function, in the human utilitarian point of view, is still unknown. Under this definition, planned agrobiodiversity is the biodiversity of the crops and livestock chosen by the farmer, while associated agrobiodiversity refers to the biota, e.g., soil microbes and fauna, weeds, herbivores, carnivores etc. colonizing the agroecosystem and surviving according to the local management and environment." (Vandermeer & Perfecto, 1995)

6- CONCLUSION

Les résultats de cette analyse plaident pour une reconnaissance plus grande, par les développeurs et les chercheurs, des savoirs et savoir-faire des agriculteurs malgaches et pour une meilleure prise en compte des pratiques actuelles pour construire de nouveaux systèmes plus performants. Ces résultats permettent également de s'interroger sur le ou les modèles d'agriculture à promouvoir à travers les politiques publiques. Recherche et développement ne devraient-ils pas s'appuyer plus sur les logiques paysannes déjà orientées vers des pratiques dites agro-écologiques pour construire de nouveaux systèmes encore plus durables au travers d'une intensification écologique ?

Nous pouvons citer, comme exemple, l'accompagnement des pratiques déjà acquises et développées valorisant l'agro-biodiversité, en améliorant les associations avec des variétés plus adaptées ou plus complémentaires, ou en intégrant dans ces systèmes dits « traditionnels » d'autres espèces dont certaines pourraient produire des services écosystémiques (plantes de service).

A notre avis, les efforts de diffusion de pratiques innovantes seraient plus efficaces et plus efficientes si elles s'inscrivent dans les logiques et les stratégies des agriculteurs, en valorisant leurs savoirs et savoir-faire, en intégrant davantage des réflexions communes avec les acteurs au niveau d'un territoire donné dans des démarches participatives mobilisant réellement les EA des zones concernées.

7- Bibliographie

- Altieri M.A., 1995. Agroecology: creating the synergisms for a sustainable agriculture. United Nations Development Programme Guidebook Series. New York, UNDP Publisher, 87 p
- Banque Mondiale, 2016. Agriculture et développement rural à Madagascar - Background Papers. Banque Mondiale. Antananarivo Mai 2016. 301 p. <http://documents.banquemonde.org/curated/fr/711841491218973857/pdf/113954-WP-FRENCH-PUBLIC-Abstract-sent.pdf>
- Bonny S., 2010. L'intensification écologique de l'agriculture: voies et défis. In ISDA 2010, 11 - p. Cirad-Inra-SupAgro. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00522107/>.
- EPP PADR, et APB Consulting. 2009. Changements structurels des économies rurales dans la mondialisation ; Programme RuralStruc - Phase II.
- Griffon M., 2013. Qu'est-ce que l'agriculture écologiquement intensive? Editions Quae. France: CIRAD, IFREMER, INRA, IRSTEA.
- Jackson L.E., Pascual U., Hodgkin T., 2007. Utilizing and conserving agrobiodiversity in agricultural landscapes, Agriculture, Ecosystems & Environment, 121, 3, 196-210.
- Kleijn D., Kohler F., Báldi A., et al. (2009). On the relationship between farmland biodiversity and land-use intensity in Europe. Proceedings of Biological Sciences/The Royal Society, n. 276, pp. 903-909.
- MAP, 2007. Madagascar Action Plan 2007-2012. Document de Stratégie pour la Réduction de la Pauvreté. République de Madagascar, 112 p.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005. Ecosystems and human well-being: synthesis, World Resources Institute, Washington DC.
- MINAGRI, MINEL, MRHP, 2015. Programme sectoriel agriculture, élevage et pêche. Plan national d'investissement agricole PSAEP/PNIAEP 2016-2020. Antananarivo Juillet 2015. 74 p.
- PSAEP/PNIAEP, 2015. Programme Sectoriel Agriculture Elevage Pêche / Plan National d'Investissement Agricole 2016-2020. Ministère de l'Agriculture, Ministère des Ressources Halieutiques et de la Pêche, Ministère de l'Elevage.
- Pretty J., Toulmin C., et Williams S., 2011. Sustainable intensification: increasing productivity in African food and agricultural systems. Londres, Royaume Unis: Earthscan Publications.
- Raharison T. S. 2014. « Politiques publiques de développement à Madagascar et durabilité de l'agriculture et des exploitations agricoles. Etude de cas dans le Moyen Ouest ». Mémoire de Master 2 agriculture, Alimentation et Développement Durable. Montpellier: SUPAGRO.
- Raharison T. S., Randriamihanta T., Razafimahatratra M., 2016. L'intensification agricole dans les politiques publiques à Madagascar et au Vakinankaratra. Chapitre du rapport de synthèse : Intensification agricole à Madagascar : politiques publiques et trajectoires d'exploitations agricoles du vakinankaratra sous la coordination de Rakotoarisoa J., Bélieres J.-F. et Salgado P., Initiative ProIntensAfrica, pp 7-38 p.
- Rakotoarisoa J., Bélieres J.-F. et Salgado P., 2016. Rapport de synthèse : Intensification agricole à Madagascar : politiques publiques et trajectoires d'exploitations agricoles du vakinankaratra sous la coordination de, Initiative ProIntensAfrica, pp 138 p.
- Reidsma P., Tekelenburg T., Van Den Berg M., Alkemade R., 2006. Impacts of land- use change on biodiversity: an assessment of agricultural biodiversity in the European Union. Agriculture, Ecosystems and Environment, n. 114, pp. 86-102.
- Sourisseau J.-M., Tsimisanda H. M., Bélieres J.-F., Elyah A., Bosc P. M. et Razafimahatratra H. M., 2014. Les agricultures familiales à Madagascar : un atout pour le développement durable. CIRAD/FOFIFA. Antananarivo Décembre 2014. 40 p. <http://www.cirad.mg/aiafmada/>

- Taonda S. J.-B., Bertrand R., Dickey J., Morel J.-L., Sanon K., 1995. Dégradation du sol en agriculture minière au Burkina Faso. Cahiers Agriculture 4, pp 363-369.
- Tirel J.-C., 1987. Valeurs et limites des notions d'intensification dans l'analyse de l'évolution des systèmes de production. Comptes rendus de l'Académie de l'Agriculture de France 73 (8), pp 83-95.
- Vandermeer J., Perfecto I., 1995. Breakfast of Biodiversity: The truth about Rainforest Destruction, Foodfast Books, Oakland, p. 185

Tableaux et figures

Tableau 7 : Part des EA qui ont recours à certaines pratiques d'intensification conventionnelle

EA qui utilisent	En % du total EA
Engrais de synthèse	24%
Produits phytosanitaires	40%
Semences achetées	59%
dont semences améliorées	1%
Traction animale	53%
Equipements motorisés*	10%
dont motoculteur, tracteur	0%

* Décoiqueuse, groupe électrogène, camions, voiture, moto.

Figure 15 : Les 44 associations culturelles recensées au niveau des parcelles



Figure 16 : Décomposition du produit brut des principales cultures pures et associées

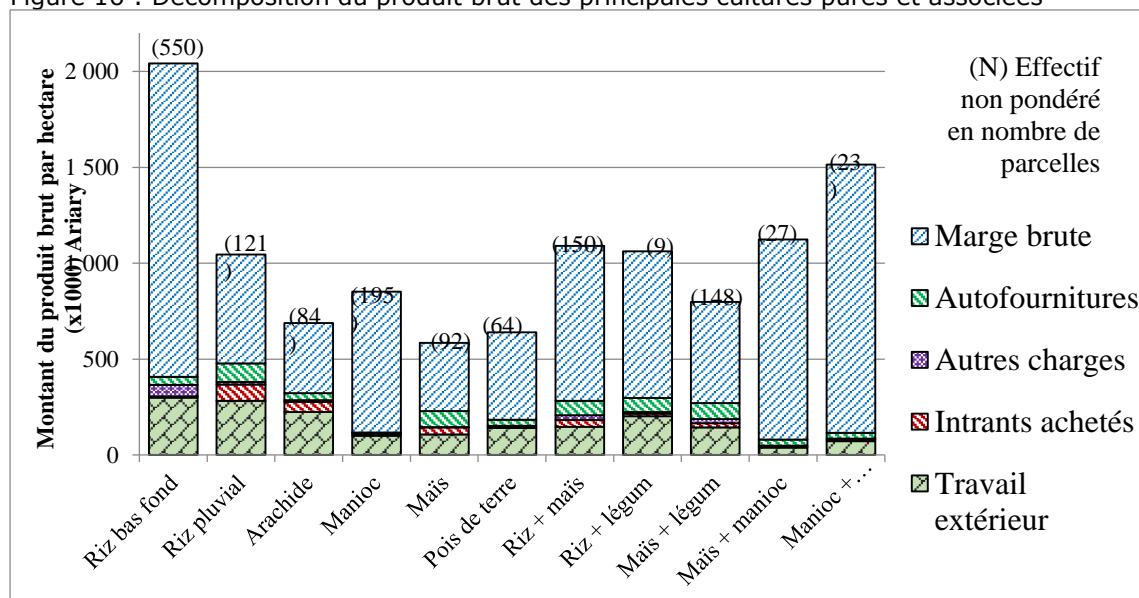


Figure 17 : Importance des différentes cultures selon le type de superficie cultivée

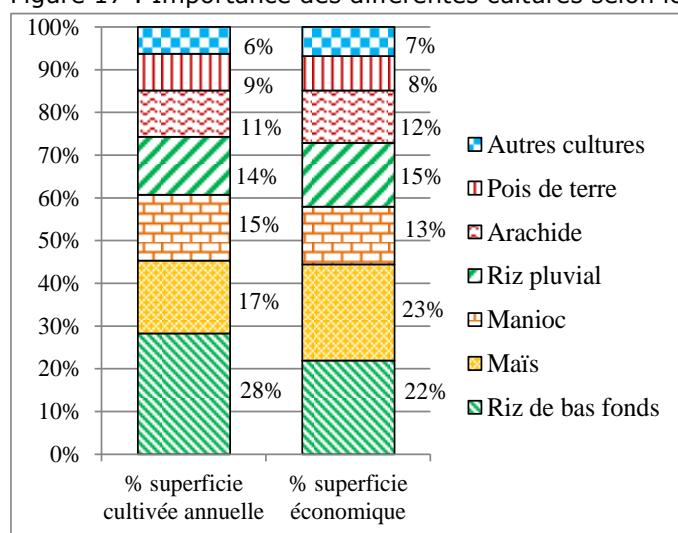


Tableau 8 : Importance des différents assolements

R*	M*	L*	T*	% Superficie	% des EA	Sup cultivée moyenne	% Riz BF	% Riz Pluvial	% Maïs	% L*	% T*	% Marachage	% Plte couv-erture
1	1	1	1	60%	55%	188	28%	13%	19%	21%	18%	1,7%	0,4%
1	1	1	0	19%	18%	179	29%	17%	22%	32%	0%	0,1%	0,0%
1	0	1	1	10%	8%	214	21%	9%	0%	44%	24%	1,1%	0,2%
1	1	0	1	7%	11%	112	33%	18%	19%	0%	28%	1,8%	0,3%
1	0	0	1	3%	7%	69	32%	14%	0%	0%	51%	2,8%	0,0%

R*=Riz, M*=Maïs, L*=Légumineuse, T*=Tubercule

Figure 18 : Nombre d'espèces végétales pratiquées par les EA en année d'installation comparé à l'année 2015

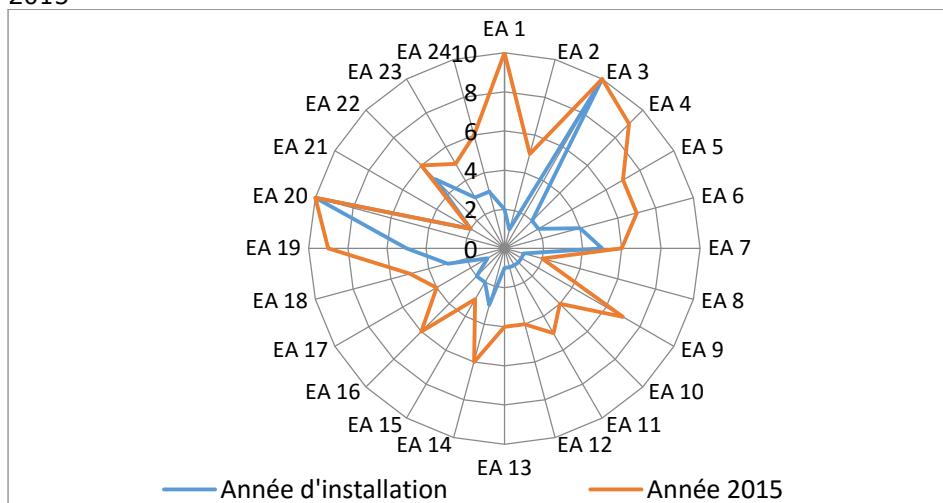


Figure 19 : Répartition des EA selon le nombre d'espèces animales élevées en 2014

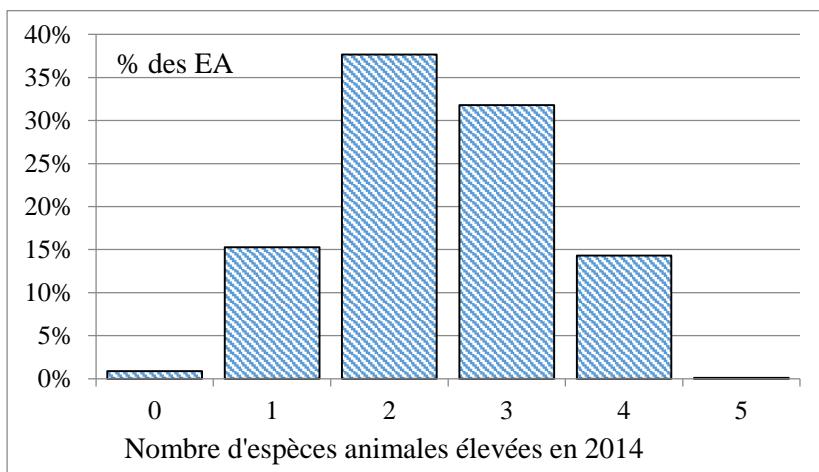


Figure 20 : Nombre d'espèces animales pratiquées par les EA en année d'installation comparé à l'année 2015

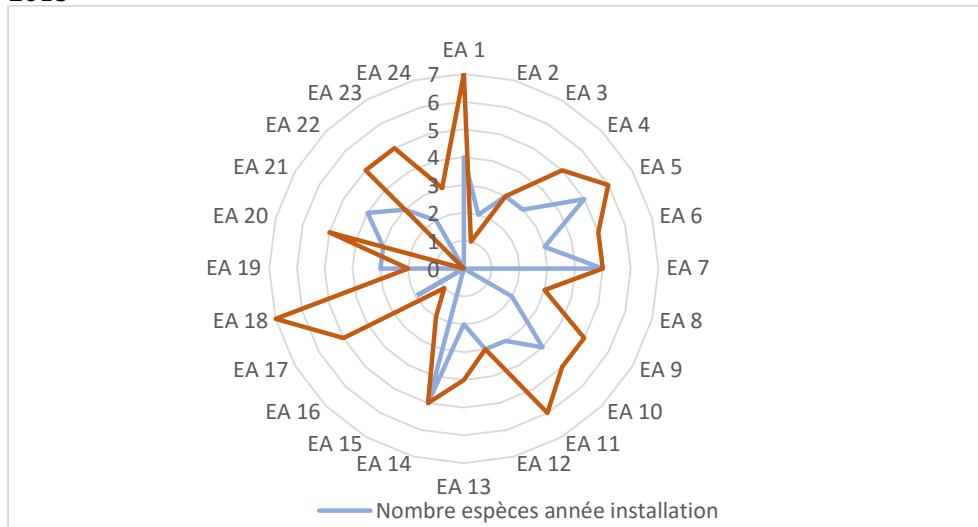


Figure 21 : Les espèces cultivées dans le territoire (% des parcelles pour les cultures annuelles et % des EA pour les arbres fruitiers)

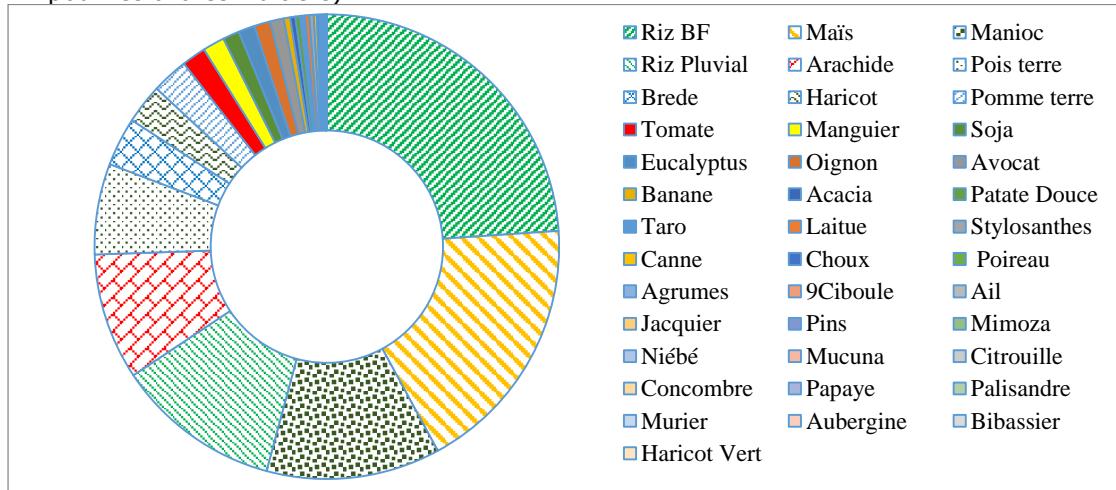


Tableau 9 : Espèces agricoles cultivées présentes par unité de paysage

Unité de paysage	Tanety	Baiboho	Bas-fonds
Morpho-pédologie	Sols de collines, généralement pauvres (de type ferrallitique)	Sols plus riches (colluvion de bas de pente ou sols alluvionnaires autour des rivières)	Vallées encaissées, terres inondables souvent fertiles
Types de culture	Pluviales	Pluviales	Irrigué ou inondées
Répartition moyenne selon échantillon	70%	5%	25%
Nombre d'espèces annuelles (au total 26 espèces inventoriées)	22	11	16
Espèces pérennes (total 14 espèces inventoriées)	14 (moins denses et éparsillées)	14 (plus denses, souvent regroupées)	-
Espèces totales (40 au total)	36	25	16

Tableau 10 : Utilisation de la production (en % de la valeur totale)

Types d'utilisation	Riz	Maïs	Légumineuses	Tubercules	Maraîchage	Fruits	Total
Autoconsommation	60%	35%	14%	39%	15%	54%	47%
Gardé pour semences	4%	4%	7%	0%	0%	0%	3%

Paiement charges en nature	3%	0%	0%	0%	0%	0%	2%
Intra-consommation	0%	15%	5%	18%	0%	0%	4%
Vente	33%	45%	74%	43%	84%	45%	43%
Autres	1%	0%	0%	0%	0%	0%	1%

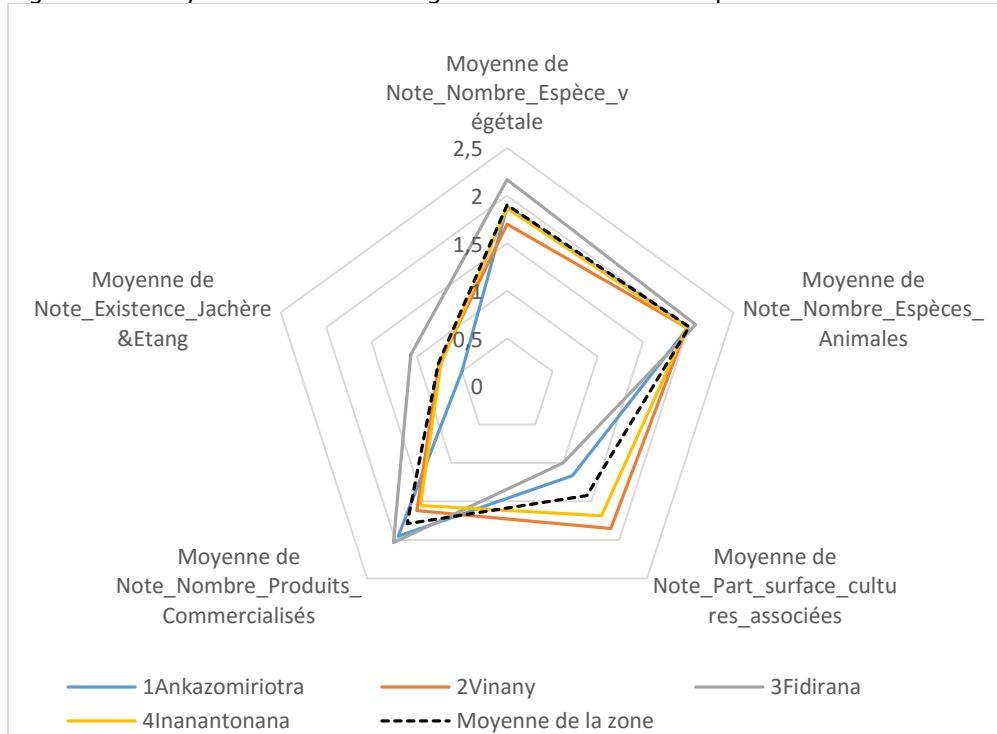
Tableau 11 : Système de notation sur les indicateurs retenus d'agro-biodiversité

	Note			
Indice	0	1	2	3
Nombre d'espèces végétales	<3	3 et 4	5 à 7	>7
Nombre d'espèces animales	0	1	2 ou 3	4 et +
% superficie cultures associées / (superficie cultivée - superficie Riz Bas-fonds)	0	1 - 50%	50 - 80%	>80%
Nombre de produits commercialisés (animaux et cultures)	0	1-4	5-8	>8
Existence de Jachère ou Etang (ou jachère + étang)	0	1		2

Tableau 12 : Performances agricoles selon le niveau d'agro-biodiversité

	Classe de Note Moyenne (des EA)			
	<= 1,00	1,01 - 2,00	2,01+	Total
	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Marge brute agricole	1 767 975	2 434 838	4 749 388	2 616 454
Marge nette agricole	1 504 017	2 150 589	4 261 015	2 309 453
Revenu agricole par actif familial agricole	528 784	769 619	1 516 023	823 680
Surface en SAU	121	201	319	202

Figure 22 : Moyenne des notes d'agro-biodiversité des EA par Commune



28. Impacts des agrosystèmes sur la restauration de la biodiversité des champignons mycorhiziens à arbuscules dans un champ de culture de maïs *Zea mays L.*, variété Plata infesté de plante parasite *Striga asiatica* (L.) Kuntze

RAZAFINDRASOA Mbolatiana Alinà, RASOAMAMPIONONA B., RAZAFINDRAIBE C., RAVELONJANAHARY N.H., RANDIMBISON M.J., RAVELONANOSY N.T., VELOMBOLA S.M., RAKOTOARISOA N.V.

Unité Biotechnologie et Amélioration des plantes (UBAP), Mention : Biologie et Ecologie Végétales, Faculté des Sciences-Université d'Antananarivo.

Résumé

La pratique agricole traditionnelle sur les Hautes Terres de Madagascar, avec labour et sans restitution des résidus de culture, appauvrit le sol en matière organique et en champignon mycorhizien à arbuscules (CMA). Ces champignons symbiotiques sont reconnus pour l'amélioration de la nutrition hydrominérale, la stimulation de croissance et sur la protection des plantes hôtes aux différents stress. Ainsi, l'objectif de ce travail est d'identifier des agrosystèmes qui restaurent les CMA, pour atténuer les dégâts causés par la plante parasite *Striga asiatica* sur un champ de maïs de variété améliorée Plata afin d'augmenter la production. Les semences du maïs améliorées ont été utilisées sur des parcelles infestées de *S. asiatica*.

Quatre systèmes de culture ont été testés à la station du FOFIFA Kianjasoa : l'apport de fumier avec zézika volkanika ZEVO+F, de fumier avec l'engrais chimique NPK+F, le sous couvert végétal mort de *Stylosanthes* sp. (SCVm) et le TEMOIN.

Les résultats ont montré que le taux de mycorhization racinaire du maïs le plus élevé de l'ordre de 16,23% a été observé sur le système SCVm, suivi de ZEVO+F, de l'ordre de 8,8% et de 4,1% sur NPK+F. Ces valeurs ont été améliorées, par rapport au TEMOIN qui est de 2,2%. Le nombre de spores des CMA dans 100g de sol sec suit aussi cet ordre de succession respectivement de 64, 34 et 28 significativement supérieur à celui du TEMOIN qui est égal à 15. Les morphotypes les plus diversifiés se trouvent dans le SCVm. Les trois systèmes de culture ZEVO+F, SCVm et NPK+F augmentent significativement le rendement en grains de maïs respectivement de 6,23t/ha, 4,38t/ha et 4,12t/ha, par rapport au TEMOIN qui est de 1,68t/ha. Le SCVm a réduit significativement le nombre de plants de *Striga asiatica* émergés par parcelle à un plant contre cinq, dans le TEMOIN.

L'application de SCVm semble restaurer la diversité mycorhizienne, réduire l'émergence de la plante parasite *Striga asiatica* et multiplier le rendement en grains de maïs de 2,5 fois.

Mots clés : Champignon mycorhizien à arbuscule CMA, *Zea mays*, ZEVO+Fumier, NPK+Fumier, SCVm, *Striga asiatica*.

1. Introduction

A Madagascar, la culture du maïs occupe la troisième place, en superficie (252 857 ha) (MAEP, 2011), après le riz et le manioc. La production nationale totale est de l'ordre de 318 000 tonnes de grains sec de maïs en 2003 (MAEP, 2011). Les grandes zones de culture à Madagascar, produisant plus de 97% de la production totale, se concentrent dans le Moyen-Ouest, les Hauts-Plateaux et le Sud-Ouest (MAEP, 2004). Cette production varie d'une région à l'autre, 20 000t, pour Tuléar et Mahajanga et 30 000t, pour Itasy et Bongolava (MAEP, 2011).

Différents facteurs interviennent pour la faible production de maïs à Madagascar, dont l'attaque de la plante parasite *Striga asiatica*, surtout dans la région du Moyen Ouest du pays (zone favorable à sa croissance et à son développement). Cette zone est la zone la plus productrice de maïs à Madagascar et qui présente un grand problème dans la culture face à ce parasite ([Http1 : www.omafra.gov](http://www.omafra.gov)). Les dégâts causés par ce parasite varient de 75 à 100%, selon le degré d'infestation du sol, les variétés de semences utilisées et la pauvreté du sol (Andrianaivo, 1998).

La lutte contre ce fléau est très difficile, la propagation est rapide car une plante peut produire une multitude et de minuscules graines libérées au sol et dont leur longévité peut durer jusqu'à 20 ans. Dans ce travail, la valorisation de la biodiversité des champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) est appliquée pour réduire la virulence de cette plante parasite.

Les CMA ont des effets bénéfiques sur la stimulation de la croissance et du développement des plantes (Harley, 1959 & Smith et Read, 1997). Ces CMA tiennent des rôles très importants dans l'amélioration de la nutrition minérale en phosphore (Bielecki, 1973; Smith et Read, 1997) et en azote de la plante (Azcón et al. 2001 et, Hawkins et George, 2001) et de l'eau (Marulanda et al., 2003), donc améliore la production agricole.

Dans la nature, les plantes sont soumises à des agressions des bactéries, des champignons, des nématodes, des insectes et des maladies fongiques. L'intérêt des plantes mycorhizées est leur résistance

aux maladies, aux attaques de champignons pathogènes et à l'exposition à des toxines du sol (Fitter, 1991; Moser et Haselwandter, 1983 ; Schiepp et al. 1987). Les plantes agressées par un agent pathogène réagissent, en produisant des substances antibiotiques contre ces organismes (Fortin et al. 2008). L'intérêt des plantes mycorhizées est également leur tolérance aux différents stress: hydrique (Marulanda et al. 2003 ; Augé, 2004), à la température extrême, aux métaux lourds (Whitfield et al., 2004) et à la salinité (Sannazzaro et al., 2006). De plus, la formation des macro-agrégats par les hyphes mycéliens améliorent la stabilité écologique du milieu et structurale du sol (Fortin et al. 2008 ; Miller et Jastrow, 1992).

Pourtant, les sols des Hautes Terres et Moyen-Ouest de Madagascar possèdent de faible potentiel mycorhizogène voire dépourvus de ces champignons symbiotiques (Rasoamampionona, 2008). Le système de culture traditionnel de maïs, le labour sans restitution des résidus de cultures diminuent la teneur en matière organique et minérale, au niveau du sol qui s'appauvrit en CMA.

Cela est différent des parcelles cultivées, bien entretenues avec apports de fumier, d'engrais ou de la matière organique, comme les cultures légumières de poireaux, des petits pois, d'ignames, de la pomme de terre et du maïs qui sont mycorhizées (Rasoamampionona, 2012).

La question qui se pose est : « Comment faire pour restaurer ces champignons mycorhiziens à arbuscules dans notre sol cultivé afin d'atténuer les dégâts causés par *Striga asiatica* pour pouvoir augmenter la production de maïs dans notre île? »

La présente étude va contribuer à l'évaluation de l'impact de la pratique d'un tel système de culture sur la restauration des CMA, sur l'attaque de *Striga asiatica*, ainsi que sur l'amélioration de la production de maïs. Elle permettra d'identifier les systèmes de culture appropriés, favorisant à la fois la restauration des CMA, la réduction de l'émergence de *S. asiatica* et l'augmentation de la production de maïs.

2. Matériels et méthodes :

2.1. Site d'expérimentation

La culture a été menée à la station FOFIFA à Kianjasoa. Ce site se trouve à 170km au Sud-Ouest d'Antananarivo, sur la Route National 1, dans la commune de Mahasolo, région de Bongolava. Il se situe entre les longitudes 46° 22' 23.5'' Est et les latitudes 19° 03' 18'' Sud avec une altitude de 878 km. Le climat est de type tropical sec du Moyen-Ouest avec une température minimale de 17°C et température maximale de 34°C (Données climatiques Kianjasoa, 2010). Le sol est de type ferrallitique.

2.2 Matériels végétaux

Les matériaux végétaux utilisés sont les grains de maïs améliorés, de la variété Plata, de la cinquième génération (M5), après irradiation des semences et les graines de *Striga asiatica*.

Il y a aussi la plante de service constituée par les résidus de *Stylosanthes* sp. (FABACEAE) utilisés comme couverture morte.

2.3. Différents types de fertilisants utilisés

Trois types de fertilisants ont été considérés : le mélange fumier et le produit volcanique ZEVO ou « Zezika volkanika » (Z+F) et le mélange fumier et fertilisant chimique NPK (NPK+F).

2.4 Dispositif expérimental

a) Traitements

Le dispositif expérimental a été divisé en quatre parcelles, représentant les quatre différents systèmes de culture : (i) la parcelle témoin, sans apport de fertilisant ni de couverture, (ii) la parcelle avec couverture morte de *Stylosanthes* sp. (SCVm), (iii) la parcelle avec apport de fertilisant Z+F et (iv) la parcelle avec apport de fertilisant NPK +F.

Chaque parcelle est subdivisée en trois sous parcelles de (10 x 10) m² avec trois répétitions chacune.

b) Préparation du champ de culture

La préparation du champ de culture comprend un labour, suivi d'un émottage et de pulvérisage au tracteur, puis un désherbage manuel. Le planage et la mise en parcelle viennent ensuite ainsi que la mise en poquets.

c) Protocoles de semis

Pour la culture témoin, après avoir introduit les graines de *S. asiatica* dans chaque poquet, ces derniers ont été couverts par un tas de sol, d'une épaisseur d'environ 8 cm, ensuite un grain de maïs a été semé avant de le recouvrir de sol. Il y a des traitements particuliers suivant les systèmes de culture. Pour le SCVm, il faut recouvrir le sol par les résidus de *Stylosanthes* sp. à environ 10cm d'épaisseur après semis. Pour celui du Z+F, après introduction de *S. asiatica*, un tas de sol a recouvert ces graines, puis le Z+F

a été ajouté ; la dose d'apport de ZEVO est de 2t/ha soit 75g/poquet et de fumier 5t/ha soit 192g/poquet, ensuite tout cela est mélangé et recouvert encore par un tas de sol, enfin un grain de maïs par poquet a été semé, avant de le recouvrir avec du sol. La même démarche est reprise pour le système de culture NPK+F, mais la différence est la dose d'apport de NPK qui est de 60kg/ha soit 2,3g/poquet et de fumier de l'ordre de 5t/ha soit 192g/poquet.

d) Suivi et entretien

Le suivi a été fait tous les 15 jours et le désherbage manuel est fait également tous les mois, avant la floraison, sauf que les plants de *S. asiatica* n'ont pas été enlevés. La pollinisation est aussi faite manuellement pour conserver la pureté et l'homogénéité de la variété.

e) Paramètres étudiés

Le nombre de plants de *Striga* émergés a été compté par parcelle durant la phase végétative. Pendant la récolte, le rendement en grains de maïs a été évalué. Des échantillons des racines de maïs et de sol rhizosphérique ont été collectés par traitement, pour mettre en évidence les CMA au laboratoire.

Les racines ont été éclaircies à l'hydroxyde de potassium KOH 10% et colorées à la fuchsine acide (0,05%), selon le protocole de Kormanik et McGraw (1982). La quantification de CMA a été réalisée par la méthode de Trouvelot et al. (1986).

Au niveau du sol, l'extraction et le dénombrement de spores sont faits selon la technique de Gerdemann et Nicolson, (1963).

Les données obtenues ont été traitées par analyse de variance (ANOVA), utilisant le logiciel R version 3.0.1.1.

3. Résultats et discussions

Concernant l'émergence de plants de *Striga asiatica* par parcelle, le système de culture Z+F présente un nombre plus élevé (64) de *S. asiatica* émergés que celui du témoin qui est de 17, suivi de NPK+F qui est moins élevé (10) que celui du témoin (17). Le système de couverture végétale morte de *Stylosanthes* sp. ne présente qu'un (1) seul plant de *S. asiatica* émergé contre 17 pour le témoin (Figure 1).

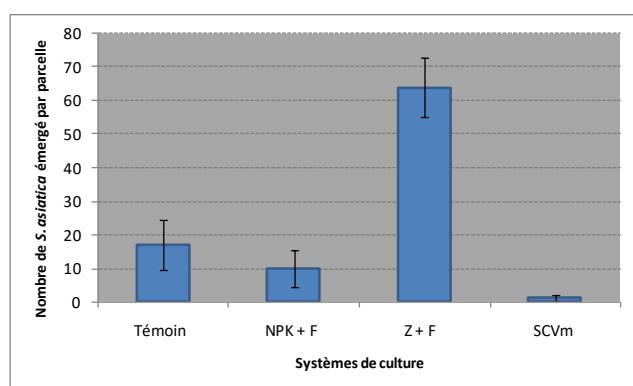


Figure 1 : Nombre moyen de plants de *S. asiatica* émergés par système de culture

Quant aux taux de mycorhization, le SCVm présente un taux élevé de l'ordre de 16,2%, suivi de Z+F qui est de 8,8%, puis NPK+F 4,1% et enfin le témoin avec 2,2% (Figure 2). La différence est significative entre les quatre systèmes de culture.

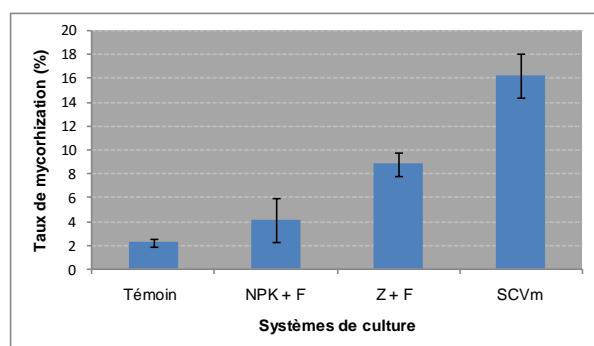


Figure 2 : Taux de mycorhization dans les différents systèmes de culture

Au niveau des racines, les CMA se présentent sous forme de vésicules reliées par des hyphes (Photo 1). Dans le sol, il y a différents morphotypes de spores de CMA (Photo 2).

Le tableau 1 nous montre les caractéristiques des spores dans les quatre systèmes de cultures. Les couleurs varient entre blanche, marron et noir. Leurs formes sont presque arrondies et quelques-uns sont plus ou moins ovales. Le SCVm renferme plusieurs morphotypes de spores

La densité de spores est différente d'un système à l'autre. Cette différence est hautement significative sur le système SCVm qui est de 64 contre 15 pour le témoin dans 100g de sol sec.

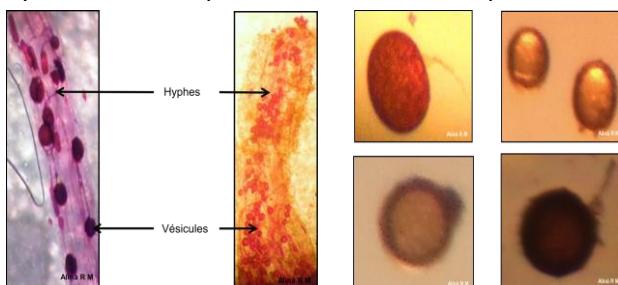


Photo 1: Racines de la variété de maïs Plata mycorhizées dans SCVm colorées à la fuchsine acide, observées au microscope (x40)

Photo 2 : Diversité de spores dans les différents systèmes de culture de maïs observée sous loupe binoculaire ($\times 45$)

Tableau 1 : Diversité et densité de spores dans les différents systèmes de culture de maïs

	Forme	Couleur	Paroi	Hyphe suspenseur	Densité dans 100g de sol
Témoin	± ovale	marron	opaque	absent	15
	arrondie	blanche	translucide	absent	
NPK + F	arrondie	marron	opaque	absent	28
	arrondie	blanche	translucide	absent	
Z + F	arrondie	blanche	translucide	absent	34
	± ovale	marron	opaque	absent	

NPK+F : mélange d'engrais chimique + fumier ; **Z+F :** mélange de zezika volkanika ZEVO+fumier ; **SCVm :** Système sous Couverture Végétale morte.

Pour le rendement en grains de maïs, les systèmes de culture Z+F, SCVm et NPK+F présentent respectivement un rendement élevé en grains de maïs de $6,23 \pm 1,95$ t/ha, $4,38 \pm 0,57$ t/ha et $4,12 \pm 1,01$ t/ha contre $1,68 \pm 0,72$ t/ha pour le témoin.

Ce qui nous permet de dire que le système de culture Z+F est 3,7 fois plus élevé que celui du témoin alors que NPK+F et SCVm sont 2,5 fois plus élevé que celui du témoin. (Figure 3).

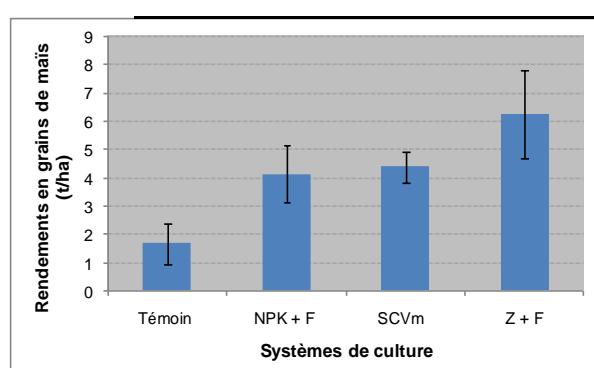


Figure 3 : Rendements en grains de maïs dans les différents systèmes de culture

❖ Influence des systèmes de culture sur l'émergence de *Striga asiatica*

Le nombre de plants de *S. asiatica* émergés est plus abondant sur le système de culture Z+F. Ceci peut être dû à la présence d'un ou des éléments minéral stimulateur(s) de la germination de *S. asiatica* dans Zevo mais grâce à la quantité d'éléments nutritifs apportées, le parasité n'a pas pu attaquer fortement, d'où le rendement élevé avec ZEVO.

Le nombre peu abondant de *Striga* émergés sur NPK+F pourrait être dû à la quantité de produits chimiques apportée. Par contre, sur le système sous couverture végétale morte ou SCVm, nos résultats ont montré que l'émergence de *Striga* est très peu et presque absent, celle-ci est due à l'ombrage qui favorise l'humidité quasi-permanente au niveau du sol et le maintien de la température presque constante au niveau du sol. Ces résultats sont conformes à celui de Husson et al en 2008.

❖ Influence des systèmes de culture sur la mycorhization et le rendement en grains de maïs

Nos résultats ont montré que l'amélioration du taux de mycorhization à 16,2% pour SCVm et de la diversité de spores influe sur l'augmentation de la production en grains de maïs de 4,38t/ha pour SCVm contre 1,68t/ha pour le témoin, résultat identique à celui de Rasoamampionona en 2012.

En plus, le taux de mycorhization supérieur à 10%, cas de SCVm (16,2%) a déjà un effet positif sur les rendements des plantes de la famille de POACEAE, 4,38t/ha pour SCVm, 2,5 fois plus que le témoin qui est de 1,68t/ha, résultats conformes à celui de Rabefiraisana en 2011. La décomposition de la couverture végétale morte de *Stylosanthes* sp. pourrait donc enrichir les sols en matière organique et en éléments nutritifs surtout lors de la deuxième année de culture comme la FAO a indiqué (1987). Les systèmes de culture avec apport de Z+F et NPK+F ont aussi augmenté considérablement la production en grains de maïs respectivement de 6,23t/ha et 4,12t/ha par rapport au témoin qui est de 1,68t/ha. Ces résultats confirment ceux de Covaleda (2007) et Foka (2001) qui ont travaillé sur Z+F. Les produits volcaniques et les fertilisants chimiques mélangés avec le fumier ont apporté des éléments nutritifs pour les plantes et les microorganismes du sol et ont renforcé leur résistance au stress abiotique comme le parasite *S. asiatica*. Malgré l'abondance de plants de *S. asiatica* émergés dans Z+F, ce système a présenté le rendement le plus élevé en grains de maïs. Ceci pourrait être dû à la dose de Z+F apportée ou bien au retard de l'émergence de *S. asiatica*, grâce aux conditions environnementales humides. Il est important de noter que les semences de maïs utilisées sont améliorées, tolérantes à *S. asiatica*.

4. Conclusion

L'utilisation de système de culture sous couverture végétale morte ou SCVm a permis d'améliorer la mycorhization au niveau des racines à 16,2% contre 2,2% pour le témoin. Le sol de ce système a contenu aussi un nombre élevé de spores (64/100g de sol), diversifiées par rapport au témoin (15/100g de sol). Le rendement en grains de maïs a augmenté significativement à 4,38t/ha par rapport au témoin (1,68t/ha). Le système de culture sous couverture végétale morte ou SCVm a réduit considérablement l'émergence de *S. asiatica*, qui n'a qu'un (1) seul par parcelle contre 17 dans la parcelle témoin. L'ombrage presque permanent apporté par la couverture morte maintient l'humidité du sol favorisant l'inhibition de la germination de graines de *S. asiatica*.

Le système de culture Z+F a présenté un rendement significativement élevé en grains de maïs, par rapport aux autres systèmes de culture utilisés, 6,23t/ha contre 1,68t/ha pour la culture témoin, donc il est un moyen adéquat pour augmenter le rendement en grains de maïs. Mais ce système a favorisé l'émergence de *S. asiatica* (64 /parcelle) contre 17 dans la parcelle témoin.

Le système de culture NPK+F a augmenté aussi le rendement en grains de maïs (4,12t/ha) par rapport au témoin (1,68t/ha).

Les trois systèmes utilisés dans ce travail ont permis d'augmenter le rendement en grains de maïs, le taux de mycorhization et le nombre de spores de CMA et de réduire le nombre de plants de *S. asiatica* émergé sauf dans le traitement Z+F. Les SCVm ont favorisé la restauration de la biodiversité des champignons mycorhiziens à arbuscules et l'augmentation du rendement en grains de maïs.

Comme perspectives, il est envisageable de faire l'analyse biologique et physico-chimique du sol dans les différents systèmes de culture afin de savoir les éléments minéraux et les microorganismes qui entrent en interaction avec le sol. Il est conseillé également d'identifier et de multiplier les spores capables d'améliorer le rendement de la plante et de réduire l'attaque de *S. asiatica*, L'étude moléculaire des morphotypes de spores trouvées dans le sol sera nécessaire pour l'identification des espèces de mycorhizes à arbuscules capables de réduire l'attaque de *S. asiatica*.

Remerciements

Nous remercions l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA), pour son appui en matériels et consommables. Nos reconnaissances vont également à la direction générale du FOFIFA et au Centre Régional de Recherche du Moyen Ouest (CRRMO) à Kianjasoa pour leur collaboration et la réalisation de ce travail de recherche dans leur site. Nous n'avons pas oublié de remercier l'équipe du Centre National de Recherches Industrielle et Technologique (CNRIT) qui nous a fourni gratuitement l'engrais volcanique « zezika volkanika » ZEVO et leur collaboration durant l'installation.

Bibliographie :

- Andrianaivo, A.P., Kachelriess, S., Kroschel,J., et Zehrer, W., 1998. Biologie et gestion de *Striga* à Madagascar, FOFIFA, DPV, GTZ, 65p.
- Augé, R.M., 2004. Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations. Canadian Journal of Soil Science, 84:373-381.
- Azcón, R., Ruiz-Lozano, J.M, Rodriguez, R., 2001. Differential contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to plant nitrate uptake (^{15}N) under increasing N supply to the soil. Canadian Journal of Botany, 79:1175-1180.
- Bielecki, R.L., 1973. Phosphate pools, phosphate transport and phosphate availability. Annual Review of Plant Physiology, 24:225-252.
- Covaleda, S., Gallardo, J.F., Garcia-Oliva, F., Prat Christian, Bravo, M., Kirchman, H., 2007. Carbon distribution on soil particle-size fractions along an altitudinal gradient in the transmexican volcanic belt. S.l. : s.n., 2p. multigr. International Symposium on Organic Matter Dynamics in Agro-Ecosystems, Poitiers (FRA), pp 16-19.
- FAO, 1987. Agronomie du maïs - Amélioration et production des maïs, du sorgho et du mil. Rome, 2: 159-163.
- Fitter, A.H., 1991. Implication for functioning under natural conditions. Experientia 47(1991) 350-355.
- Foka Towa, R., 2001. Chemical characterization of volcanic breccias from fong-tongo as a potential soil amender; comparison with volcanic ash from Foumbot and marl from kompina.-Mem. Maitrise, Univ. Dschang, 73p.
- Fortin, J.A., Plenchette C, Piche, Y., 2008. Les mycorhizes la nouvelle révolution verte, édition Multi Mondes.
- Gerdemann, J.W. et Nicolson, T.H., 1963. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Trans. Br.mycol.soc.46: 235-244p.
- Harley, J.L., 1959. The Biology of Mycorrhizas. Leonard Hill; London, U.K.
- Hawkins, H.J., George, E., 2001. Reduced ^{15}N -nitrogen transport through arbuscular mycorrhizal hyphae to *Triticum aestivum* L. supplied with ammonium vs nitrate nutrition. Annals of Botany, 87:303-311.
- Husson, O., Michellon, R., Charpentier, H., Razanamparany, C., Moussa, N., Naudin, K., Razafintsalama, H., Rakotoarinivo, C., Andrianaivo, A. P., Rakotondramanana, et Seguy, L., 2008. Le contrôle de *Striga* par les systèmes SCV (Semis direct sous Couverture Végétale permanente). Manuel pratique du semis direct à Madagascar, Vol 1, 20p.
- Kormanik, P.P., McGraw, A.C., 1982. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizae in plant roots. In: Schenk N.C. (ed) Methods and principles of mycorrhizal research. American Phytopathology Society, St Paul, Minnesota, USA: 37-45.
- MAEP, 2004. Filières de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche, et Actions du Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche. Fiche 108, page 10
- MAEP, 2011. Filières de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche, et Actions du Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche.
- Marulanda, A., R., Azcon, J.M., Ruiz-Lozano,. 2003. Contribution of six arbuscular mycorrhizal fungal isolates to water uptake by *Lactuca sativa* plants under drought stress. Physiologia Plantarum, 119:526-533.
- Miller, R.M., Jastrow, J.D., 1992. The role of mycorrhizal fungi in soil conservation. In Mycorrhizae in Sustainable Agriculture. Special Publication 54, Madison ASA.

- Moser, M, Haselwandter, K., 1983. Ecophysiology of mycorrhizal symbiosis, in: Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, vol. 12, pp. 392-421. Eds O. L. Lange. P. S. Nobel, C. B. Osmond and H. Ziegler. Springer, Berlin-Heidelberg-NewYork.
- Rabefiraisana, H. J., 2011. *Evaluation du taux de mycorhization des plantes médicinales et aromatiques de Madagascar*
- Rasoamampionona, B., Rabeharisoa, L., Andrianjaka, A., Duponnois, R., Plenchette, C., 2008. Arbuscular Mycorrhizae in Malagasy Cropping Systems. Biological Agriculture Horticulture, Vol. 25 : 327-337.
- Rasoamampionona, B., 2012. Champignons mycorhiziens à arbuscules et systèmes de culture sur "tanety" des Hautes Terres et des jachères forestières de Madagascar. Thèse de Doctorat, Université d'Antananarivo, spécialité Biologie Végétale.
- Sannazzaro, A.I., Ruiz, O.A., Albertó, E.O., Menéndez, A.B., 2006. Alleviation of salt stress in *Lotus glaber* by *Glomus intraradices*. Plant Soil 285:279-287.
- Smith, S.E., Read, D.J., 1997. Mycorrhizal Symbiosis. 2nd edition. San Diego, London: Academic Press, 605.
- Schtiepp, H., Dehn, B., Sticher, H., 1987. Interaktionen zwis-chen VA-Mykorrhiza und Schwermetallbelastungen. Angew. Bot. 61 85-96.
- Trouvelot, A., Kough, J.L., Gianinazzi-Pearson, V., 1986. Mesure du taux de mycorhization VA d'un système radiculaire. Recherche et méthode d'estimation ayant une signification fonctionnelle. Dans : Aspects physiologiques et génétiques des mycorhizes, Dijon, 1985. INRA (éd.), 217-221.
- Whitfield, L., Richards, A.J., Rimmer, D.L., 2004. Effects of mycorrhizal colonisation on *Thymus polytrichus* from heavy-metal contaminated sites in northern England. Mycorrhiza, 14:47-54.

29. Durabilité de la culture fruitière dans le système agroforestier traditionnel de l'Est malgache

RANDRIANANDRASANA Domoina Judith Pascale¹, RAKOTOMAVO Andriamparany².

¹Doctorante au sein de l'Institut Supérieur de Sciences, Environnement et Développement Durable – ISSEDD - +261 33 79 540 35 (judithpascale@gmail.com)

²Maître de Conférences à l'Institut Supérieur de Sciences, Environnement et Développement Durable - ISSEDD - Université de Toamasina ; +261 33 11 693 47 (andri.savaivo@blueline.mg)

Résumé

Faisant partie des systèmes agroforestiers traditionnels de la Région Est malgache, la culture fruitière est une pratique agricole omniprésente chez les ménages de la Commune Rurale de Mahavelona Foulpointe. Elle est souvent pratiquée par habitude, sans que le ménage ne soit conscient des services socio-économiques et écologiques qu'elle procure. Cet article a pour objet de mettre en évidence la place tenue par la culture fruitière dans la vie des ménages de Foulpointe. L'objectif étant d'étudier ses fonctions sociale, économique et écologique dans le système agroforestier traditionnel de la zone. Il part de l'hypothèse selon laquelle la culture fruitière serait une pratique agro-socio-écologique durable.

Des enquêtes formelles couplées avec des rencontres en *focus groups* ont été effectuées, respectivement auprès de 57 ménages et des acteurs issus de diverses catégories socio-professionnelles de la Commune de Mahavelona Foulpointe. Ces investigations ont été suivies d'observations directes sur terrain, lesquelles ont été couplées avec des inventaires floristico- forestiers au niveau des parcelles agroforestières (*Tanimboly*). Des transects comprenant des placeaux de 10 m x 10 m ont été utilisés pour inventorier les diverses espèces cultivées et les services écosystémiques qu'elles procurent. Les données issues des investigations ont par la suite été traitées au moyen des tests statistiques afin de vérifier leur corrélation avec les sous-hypothèses émises.

Grâce à la vente et à la consommation des fruits, la culture fruitière supporte plus de 50% des besoins budgétaires des ménages exploitants de Mahavelona. Sur le plan social, elle assure un rôle socio-foncier, intégrant le processus de délimitation parcellaire et d'appropriation légitime des terres. Les fruits de la famille des Annonaceae sont des produits phytopharmaceutiques reconnus. Ecologiquement, les arbres fruitiers favorisent la création d'un microclimat favorable au développement des autres espèces de rente, comme le caféier et le vanillier. Les matières organiques issues du système agroforestier contribuent au maintien de la fertilité et à la stabilité des sols.

Pratiquée depuis longtemps par des générations successives, la culture fruitière peut être qualifiée d'activité rentable, sur le plan économique. Telle que pratiquée actuellement, elle ne dégrade généralement pas et peut même contribuer à la conservation de l'agroécosystème. Des améliorations techniques, suivies de renforcement de capacités, s'avèrent toutefois indispensables pour que cette pratique trouve réellement sa place dans le processus de développement durable de la zone.

Mots clés : Culture fruitière, Est malgache, développement durable, Mahavelona Foulpointe, Agroforesterie traditionnelle

1. Introduction

Le monde rural malgache subit des contraintes multiples et généralisées. Encore en quête d'une sécurité alimentaire et d'un revenu durable, les paysans voient leurs possibilités toujours limitées. En effet, selon le Document de Stratégie de Réduction de la Pauvreté (2002), 70% des Malgaches se trouvent en dessous du seuil de pauvreté en 2000. Outre les aléas climatiques, la dégradation des ressources naturelles, l'accroissement démographique galopant, l'insuffisance en matière d'infrastructure, les difficultés au niveau du système de production et de la commercialisation constituent des obstacles à surmonter (Rakotomanandraso, 2004). Faisant partie des systèmes agroforestiers traditionnels de la Région Est malgache, la culture fruitière est une pratique agricole omniprésente chez les ménages de la Commune Rurale de Mahavelona Foulpointe. Elle est souvent pratiquée par habitude, sans même une prise de conscience des services socio-économiques et écologiques qu'elle procure. Caractérisée par un système de cultures composé principalement d'arbres et/ou avec éventuellement des cultures annuelles ou pluriannuelles (Penot et al. 2015), l'agroforesterie, connue localement, sous le nom de « *tanimboly* », constitue une pratique ancienne, alternative à la situation décrite précédemment.

Cet article a pour objet de mettre en évidence la place tenue par la culture fruitière dans la vie des ménages de Foulpointe. Son objectif est d'étudier ses fonctions sociale, économique et écologique dans le système agroforestier traditionnel de la zone. Il part de l'hypothèse selon laquelle la culture fruitière serait une pratique agro-socio-écologique durable.

2. Matériels et méthodes

L'étude a été réalisée dans trois localités (Fokontany) de la Commune Rurale de Mahavelona Foulpointe, à savoir Foulpointe, Antaratasy et Marofarihy (figure 1). Il s'agit d'une zone littorale appartenant à l'écorégion Est (Région Atsinanana) de Madagascar où règne un climat tropical chaud et humide, favorable au développement de divers fruits tropicaux.

Des enquêtes formelles avec questionnaire ont été réalisées auprès de 57 ménages agriculteurs des trois Fokontany, ainsi qu'auprès de 10 commerçants de fruits du marché communal de Foulpointe. Les questions posées ont été axées sur les modalités de gestion des parcelles et de la production fruitière des enquêtés. Il a également été question de l'importance de l'écosystème agroforestier dans le développement socio-économique et écologique, selon les exploitants. Les interviews menées auprès des autorités locales traditionnelles et administratives (Maire de la Commune de Mahavelona Foulpointe, Chefs des trois Fokontany, Président des Chefs traditionnels ou *Tangalamena*), ont permis d'obtenir de plus amples informations sur les aspects socio-fonciers et ceux relatifs au développement local.

Pour connaître la composition floristique et les caractéristiques dendrométriques des principaux arbres d'un *tanimboly*, des travaux d'inventaire floristico-forestier ont été réalisés à l'aide de 3 transects de 100 mètres, subdivisés en des petits placeaux de 10 m x 10 m, répartis dans les 3 Fokontany d'Antaratasy, Foulpointe et Marofarihy. Les observations directes réalisées au niveau du sol ont permis de noter les aspects qualitatifs physiques de ce dernier, en termes d'humidité, de texture, d'enracinement, d'activités biologiques et de structure.

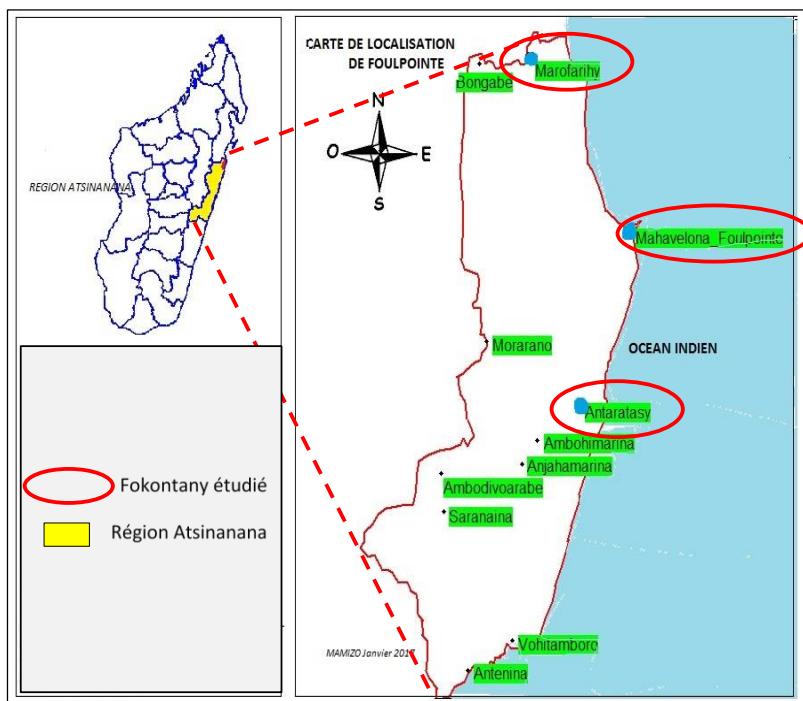


Figure 1 : Carte de localisation de la zone d'études 0 _____ 5 km

Les données issues des investigations ont, par la suite, été traitées au moyen des tests statistiques afin de vérifier leur corrélation avec les sous-hypothèses émises.

3. Résultats

Les parcelles agroforestières constituent une importante unité de production pour les paysans de Mahavelona. Localisées généralement à proximité des zones d'habitation, leur superficie ne dépasse pas 0,5 ha par ménage. Elles procurent des services socio-économiques et écologiques importants.

3.1. Un agroécosystème riche en diversité agricole

Environ onze types d'arbres fruitiers peuvent être rencontrés au niveau d'une parcelle agroforestière ménagère. D'une superficie moyenne de 0,5 ha, une parcelle comprend une vingtaine de pieds de litchi, une trentaine de cocotiers et une cinquantaine de pieds d'ananas à l'hectare (Tableau 1). En outre, elle pourrait être constituée d'une association de fruitiers, à base de jacquiers (4,6 pieds/ha), de papayers (2,6 pieds/ha), de manguiers (15,6 pieds/ha) et d'avocatiers (4 pieds/ha). Des agrumes telles qu'orangers et citronniers (16 pieds/ha), ainsi que des fruitiers de corossol (11,4 pieds/ha) et de pomme cannelle (7 pieds/ha) peuvent également renforcer la composition du système agroforestier traditionnel, lequel intègre en son sein des cultures vivrières telles que maïs, manioc et fruits à pain.

Tableau 1 : Nombre de pieds de fruitier rencontrés au niveau d'une parcelle agroforestière de 0,5 ha appartenant à un ménage

	Litchi	Coco	Banane	Jacque	Papaye	Ananas	Corossol	Mangue	Avocat	Agrume	Pomme cannelle
Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maximum	40	40	5	4	2	40	16	30	2	12	5
Moyenne	10,9	15,0	2,3	2,3	1,3	25,0	5,7	7,8	2,0	8,0	3,5

D'une manière globale, les fruitiers annuels, tels que les bananiers, les cocotiers et les jacquiers sont omniprésents dans plus de 75% des parcelles, objet d'investigation, tandis que l'ananas, les orangers et les fruitiers appartenant à la famille des Annonaceae sont observables sur site, pour 30 à 65% des cas. Moins de 10% des agriculteurs de la Commune de Foulpointe pratiquent les cultures de rente (girofle, vanille, café) en association avec les fruitiers supra-décris.

3.2. Une source de revenus importante

Le système agroforestier traditionnel procure des avantages économiques non négligeables pour le ménage pratiquant. En effet, les enquêtes réalisées dans la Commune Rurale de Foulpointe montrent que plus de 50% des revenus mensuels d'un ménage sont générés par la vente de fruits, notamment durant les saisons pendant lesquelles ils sont abondants. En diversifiant les fruits cultivés par parcelle, les ménages arrivent à répartir dans l'année les gains monétaires issus de leur vente, vu que le système agroforestier adopté inclut en son sein cultures pérennes et spéculations saisonnières. L'étude réalisée à Foulpointe montre que, grâce à la vente des fruits issus des champs agroforestiers, une recette mensuelle de l'ordre de 100'000 à 250'000 Ariary par ménage est enregistrée chez les agriculteurs. Ce gain est lié, entre autres, à la faiblesse du coût de la main d'œuvre familiale, ainsi que la continuité de la production dans le temps, grâce à la pratique de l'association culturale.

3.3. Un rôle socio-foncier indéniable

Plantés à proximité ou aux alentours immédiats des zones d'habitation, les fruitiers, notamment les gros arbres tels que les manguiers ou encore les bananiers sont également utilisés pour des fins de délimitation ou d'appropriation des terres. Dans le village d'Ampandrombazaha (Fokontany de Foulpointe), 9 ménages enquêtés sur 10 ne sont pas propriétaires des parcelles qu'ils cultivent. Ils utilisent ainsi les arbres de cocotier et de litchi pour délimiter lesdites parcelles, et ce, dans le but de marquer leur présence d'une part, et afin de les apprécier légitimement, d'autre part. Cette stratégie constitue une démarche socio-foncière prochaine dans le processus d'appropriation légale des parcelles objet d'aménagement.

3.4. Des produits phytopharmaceutiques disponibles

Les Annonaceae constituent une famille de plante importante dans la médecine traditionnelle tropicale. Le genre *Annona* est fréquemment employé en médecine populaire (Bonneau 2015). Les fruits de la famille des Annonacées s'adaptent aux conditions écologiques de Mahavelona Foulpointe où les « tanimboly » regorgent spécialement de corossol (*Annonamuricata*) et de pomme cannelle (*Annonasquamosa*). 80 % des ménages enquêtés ont attesté avoir utilisé les décoctions de feuilles de corossol, en tisane relaxante ou en somnifère.

3.5. Une zone écologiquement viable, favorable au développement d'autres cultures

Grâce à l'ombrage apporté par les arbres et arbustes inclus dans le système agroforestier traditionnel, le sol conserve son humidité, tout en bénéficiant des bienfaits de la chute des feuilles. 0,5 à 3 kg de litière fraîche/m² peuvent être récoltés en surface, avec une épaisseur de 5 à 25 cm, constituant un stock de matières organiques non négligeable pour le sol. La structure de ce dernier, notamment pour les sites présentant plus de biomasses en surface, est poreuse, moins compacte et grumeleuse dans les 20 premiers centimètres du sol. La microfaune du sol est plus abondante sous parcelle agroforestière si on se réfère à celle contenue dans le sol des cultures vivrières d'à côté. L'enracinement des plantes y est significatif, permettant une bonne aération et une bonne porosité du sol. La création d'un microclimat spécifique sous l'effet des arbres fruitiers n'est pas seulement constatée lors des travaux de terrain mais confirmée par 72,5% des agriculteurs enquêtés. En effet, près des trois quarts des paysans confirment le développement favorable des cultures associées sous arbres fruitiers.

4. Discussions

La diversité floristique, évoquée par la présente étude, reflète les pratiques agroforestières traditionnelles de l'Est malgache, lesquelles ont déjà été décrites par plusieurs auteurs, dont Rakotomavo et al. (2017) et Moor (1998). 37 à 69% du revenu global des ménages proviennent des produits issus du *tanimboly*, selon l'étude réalisée par Moor (1998) dans la zone de Beforona, une localité de l'Est située à l'intérieur des terres. Selon Rakotomavo et al. (2017), l'avantage économique de la culture fruitière serait beaucoup plus consécutif si on se réfère au cas des ménages de Vavatenina, une localité située au nord de Foulpointe, où la fruiticulture est associée aux cultures de rente (café, vanille, girofle). Ces agriculteurs gagnent 760'000 à 2-3 millions Ariary / an, produits alimentaires vivriers en sus.

L'utilisation de végétaux ligneux intégrés aux systèmes de production agricole ouvre de larges perspectives en matière de conservation des eaux et des sols. Elle procure des services écosystémiques non marchands et pourtant très intéressants dans la durée comme l'absence d'érosion sur les pentes, l'augmentation de la fertilité des sols sous couvert forestier (Penot et al. 2015).

Conclusion

La culture fruitière pratiquée dans la Commune Rurale de Foulpointe reflète une agroforesterie traditionnelle aux fonctions multiples (Rakotomavo et al. 2017). Cette multifonctionnalité agro-écosystémique se traduit par une légitimation socio-foncière via valorisation de l'espace, une recherche de profit économique via vente des fruits, une limitation des risques socio-économiques via répartition de ces derniers sur plusieurs spéculations (Rakotomavo et al., 2017), ainsi que par la gestion conservatoire des eaux, des sols et de la biomasse via association culturale et zéro labour (Roose, 1994 ; 2007). Vue sous cet angle, la culture fruitière de la zone répond au principe de durabilité tant évoqué en matière de

développement rural. Toutefois, des améliorations techniques et sociales s'avèrent indispensables, si l'on veut veiller à cette durabilité. Il s'agit, entre autres, de bien assurer la rentabilité économique, l'acceptation sociale et la viabilité écologique de la filière, en veillant aux différents éléments constitutifs de la chaîne de valeurs du système. La régularisation des aspects fonciers, tout comme la maîtrise des circuits de commercialisation et l'amélioration des techniques culturales, tenant compte du changement climatique, ainsi que l'amélioration des conditions de transformation et de stockage des produits, font partie des pistes de réflexion durables pour la culture fruitière de la zone.

Références bibliographiques

- Bonneau, N., 2015, Acetogenines d'Annonaceae et parkinsonismes atypiques : de la bio disponibilité de l'annonacine à l'exposition alimentaire. *Chimie analytique*. Université Paris-Saclay, Français. INNT : 2015SACLS271
- Penot, E. et Feintrenie, L, 2015. Agroforesterie, agroforêts et sociétés. UMR INNOVATION/UMR BESEF, Cirad, 15 p.
- Pinard, F., 2007. Sur les chemins des cafiers, Études rurales. Éditions de l'EHESS, 19 p.
- Rakotomavo, A. et Felack, S., 2017. Sécurisation alimentaire via agroforesterie traditionnelle: une pratique multifonctionnelle prometteuse. *in Actes du Symposium International « Sécurité alimentaire et agrobiodiversité dans les pays de l'Océan Indien - Madagascar et Comores », ISSEDD 25-27 mai 2016*. Ed. Dipartimento di ScienzeAgrarie, Forestali e Alimentari, Grugliasco (TO), Italie. mai 2017.ISBN: 978-88-99108-09-0.
- Rakotomanandraino B., 2004. L'intégration de la culture fruitière pour améliorer le système agroforestier traditionnel (tanimboly) de la région de Beforona. ESSA, Mémoire d'ingénierat, 123 p.
- Roose, E., 1994. Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). *Bulletin pédologique de la FAO n° 70*. Département du Développement Durable - Service des sols - ressources, aménagement et conservation - Division de la mise en valeur des terres et des eaux, FAO.
- Roose, E., 1994. Restauration de la productivité des sols tropicaux. *Actes des JSIRAUH, Hanoi, 6-9 novembre 2007*

30. Apport du système de riziculture améliorée à la conservation de la biodiversité de l'Aire Protégée Complexe Mahavavy-Kinkony

TSIAVAHANANAHARY Tsaralaza Jorlin¹, ANDRIAMASIMANANA Rado², RAVONIARISOA Isabella³, RAMAHAVITA Marie Larissa³, RAMAMONJISOA Juliano Benito⁴, RANDRIANJAFY Vololomboahangy¹ ANDRIAMANANTENA Zolalaina¹

1. Ecole Doctorale sur les Ecosystème Naturels (EDEN) Université de Mahajanga
2. Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo (ESPA), Université d'Antananarivo
3. Asity Madagascar, Aire Protégée Complexe Mahavavy-Kinkony (AP CMK), Mitsinjo
4. Coordonnateur du Centre de Services Agricoles (CSA) dans le District de Mitsinjo

RESUME

Dans le cadre de la gestion de l'AP CMK, l'intégration des activités de développement rural dans la conservation des ressources naturelles est très favorisée pour assurer l'amélioration du niveau de vie de la population locale et la pérennité de la Biodiversité. Cependant, le changement climatique actuel est l'un des facteurs déterminant la réalisation de quelques activités de développement dans le site d'intervention. Malgré tout, l'adoption d'une nouvelle stratégie sur la technique rizicole, est réalisée pour améliorer les besoins quotidiens des communautés locales. En effet, l'objectif de cette présentation est de faire apparaître la diminution de rythme de la dégradation de l'écosystème à travers une nouvelle stratégie agricole qui doit permettre à la communauté autochtone de subvenir à leurs besoins économiques et sociaux sans compromettre l'avenir de la biodiversité de l'AP CMK. Par souci de conservation, des contrôles et surveillances des forêts, puis un suivi écologique sont réalisés. Des missions de sensibilisation et de vulgarisation ont été effectuées auprès des paysans. Des formations théoriques et pratiques sont menées. Ces formations pratiques s'effectuent avec l'accompagnement et suivi durant la réalisation de toutes les activités de développement, en particulier durant le cycle végétatif du riz. Des semences certifiées, des matériels tels que la charrue, la herse et la sarclouse ainsi que des barrages de rétention pour riziculture ont été dotés aux paysans bénéficiaires, afin de les motiver à adopter ces nouvelles techniques. Selon le diagnostic de chaque zone cible, les interventions ont été menées au niveau des organisations paysannes. Ainsi, plus de 75 % des communautés locales ont actuellement pris conscience de la valeur, de l'importance et des bienfaits de la biodiversité. Une nette amélioration de la situation socio-économique de la population a été constatée, avec une récolte allant jusqu'à deux fois

plus qu'avec le système traditionnel. Les pressions influent considérablement sur la biodiversité, à savoir le tarissement des lacs et des marais, le défrichement, la pratique de « tavy » et le feu de brousse. Grâce à la gestion participative de communautés conscientisées sur l'utilisation des ressources naturelles, l'exploitation se fait actuellement d'une manière rationnelle.

Mots-clés : Aire protégée, Conservation, pérennité, population locale, développement, riziculture améliorée.

I. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Il est largement reconnu que le riz et cultivé à Madagascar et est la base de l'alimentation, d'où il est considéré comme outil politique, stratégique, économique et social. Mais vue la croissance démographique actuelle avec une augmentation rapide du nombre des habitants, les crises alimentaires, économiques et financières restent encore très répandues dans cette île. Tout ceci est renforcé par des problèmes environnementaux, tels que la dégradation des sols, la déforestation et le changement climatique (irrégularité des pluies, sécheresse, perte progressive de terrains par élévation du niveau de la mer)

L'Aire Protégée Complexe Zones Humides Mahavavy-Kinkony se trouve dans le district de Mitsinjo et est caractérisée par une multitude d'écosystèmes: terrestres, lacustres et marins. Les principales activités de la population locale sont basées sur la pêche continentale, l'élevage et l'agriculture surtout la filière riz. Les techniques traditionnelles de production comme le repiquage en folle «Ketsa-saritaka», et/ou pluviale « ketsa manara-drano» et le repiquage sur brûlis (tavy) ont été encore très rependue. Les recours aux techniques de cultures novatrices sont primordiaux, pour améliorer la productivité et la production rizicole, comme le Système de Riziculture Améliorée (SRA). L'objectif est de faire apparaître la diminution de rythme de la dégradation de l'écosystème, à travers cette nouvelle stratégie agricole. Cependant, la prise en conscience des paysans sur la valeur, l'importance et les bienfaits de la biodiversité doivent être pris en considération.

II. MATERIELS ET METHODES

II.1. Présentation du Système de Riziculture Amélioré (SRA)

La pratique de cette technique dans l'AP CMK tient une place importante et rend plus efficace le mode de gestion durable des ressources naturelles renouvelables et la conservation de la biodiversité par le non accroissement de surfaces cultivées, tout en garantissant une productivité élevée répondant aux besoins économiques des communautés locales.

II.2. Objectifs de la pratique SRA

Il s'agit d'une part, d'augmenter la productivité pour permettre la croissance économique, à travers le repiquage des jeunes plants, d'autre part, de valoriser et de conserver les ressources naturelles renouvelable grâce à la diminution de l'exploitation irrationnelle.

II.3. Les avantages du Système de riziculture Améliorée (SRA)

Il est prévu d'avoir une sécurité alimentaire, au vu de l'augmentation des rendements de paddy, passant d'une t / ha à 5,5 t/ha. Une adaptation des riziculteurs du CMK aux séquences sèches qui deviennent de plus en plus longues est nécessaire. Ensuite, l'eau d'irrigation doit être économisée, à travers la réduction des besoins en eau de 25 à 50%. Les dépenses sont réduites, avec une quantité de semences moindre, de l'ordre de 80 à 90%, et avec l'utilisation d'engrais de 30 à 40%.

L'apport d'engrais azotés, limité ou nul, les périodes d'immersion du riz, réduites, et surtout la protection de l'environnement (un environnement «convivial»: économie de l'eau, emploi de compost et engrains organique), devraient limiter les émissions N₂O.

II.4. Approche

Il s'agit d'une planification de travail pour pouvoir organiser les activités de développement proposées :

- La sensibilisation et la vulgarisation qui permettent d'informer les communautés locales des bienfaits de la technique SRA et de les inciter à conserver les ressources naturelles en le pratiquant. Ainsi, les objectifs spécifiques de cette sensibilisation sont (i) d'impliquer les communautés locales à prendre leurs responsabilités dans la protection de l'environnement, (ii) d'identifier l'interdépendance entre l'environnement et l'agriculture et de convaincre les paysans à adopter la pratique de la technique SRA, afin d'améliorer leurs revenus, mais aussi de leur procurer un cadre de vie meilleur. Des formations théoriques suivies de pratiques ont été faites, pour que les paysans apprennent facilement la nouvelle technique rizicole et le compostage, pour avoir des engrains biologiques. Ensuite, des formations pratiques sont effectuées, avec accompagnement et suivi sur terrain particulièrement durant le cycle végétatif du riz. Du point de vue de conservation, des formations sur la pratique de contrôle et de surveillance des forêts, et de suivi écologique sont dispensées, au niveau des communautés locales participatives, telles que les VOI (Vondron'Olona Ifotony ou Communauté de base locale), les VNA (Vaomieran'Ny Ala ou Agents de forêt).

II.5. Stratégie de la mise en œuvre (Approche de gestion)

La stratégie consiste à impliquer directement les communautés locales, par la dotation de semences certifiées, de matériels agricoles tels que charrue, herse, sarclouse et la construction de barrage de rétention pour la riziculture. Des visites d'échanges à Marovoay, Ambositra ont été réalisées. *

En outre, des sources de revenus constantes et pérennes, tels que l'artisanat, le «tourisme rural », la pratique de l'élevage, la fabrication et vente de foyer améliorés sont développés, en vue de diminuer la fabrication de charbon de bois.



Figure n°1 : Dotation des matériels agricoles et d'infrastructure pour la riziculture

III. RESULTATS

III.1 Impacts socio-économiques

Actuellement, le succès de la pratique du nouveau système rizicole rend les organisations paysannes plus actives et motivées. 16 associations en moyenne de 60 ménages membres, sont bénéficiaires des appuis matériels et techniques, et sont réparties aux alentours de la forêt Tsimbikibo, le grand lac Kinkony et l'arrière mangrove des zones côtières. Une nette amélioration du niveau de vie des organisations paysannes concernées est constatée, avec un rendement plus de deux fois de celui du système traditionnel. Le rendement varie entre 04 ,5 et 5.5 t/Ha, selon la fertilité du sol des zones cibles.



Figure n°2 : La réussite de SRA dans l'AP CMK (cliché de Tsiavahananahary, 2016)

III.2. Apports du SRA dans la conservation

La réalisation de toutes les activités de développement maintient l'efficacité de la gestion de l'AP CMK parce que des communautés locales ont pris conscience de la valeur de la biodiversité dans leur mode de vie:

- Plus de 75% des communautés sont devenues plus actives aux activités de conservation.
- 15 transferts de gestion et 15 réglementations locales ou « Dina », pour les ressources naturelles ont été instaurés
- Reboisements sur les terrains défrichés, 48 ha (2011-2016)
- Restauration et plantation de Raphia (15 ha) : Source d'eau et des fibres pour l'artisanat,
- Réalisation communautaire des pare-feux : 108 km/ans
- Diminution des feux réguliers dans les zones périphériques de l'AP,
- Suivi et contrôle communautaires des espèces cibles de conservation.
- Diminution à 68 % de la transformation des lacs et marais en riziculture
- Diminution, voire disparition la pratique de « Tavy » ou riziculture sur brûlis
- Stabilisation des habitats naturels des espèces animales.

III.3. Les indicateurs de la réussite de la conservation

Les indicateurs de la réussite de la conservation ont été identifiés :

- Augmentation en effectif des espèces endémiques menacées, comme l'oiseau d'eau *Amaurornis olivieri* (EN) de 10 à 59 individus en 14ans (2002-2016).
- Classification de la zone comme 4^{ème} site de reproduction de Héron crabier blanc de Madagascar ou *Ardeola idae* (identifié en 2015) après le lac Tsarasaotra, Lac Ravelobe, et à Tsimbazaza, c'est une espèce endémique régionale et menacé.
- Abondance des colonies des oiseaux migrateurs.
- Des potentialités touristiques, à travers les paysages des habitats naturels et la richesse ornithologique. Des évènements culturels et touristiques ont été organisés chaque année dans ce complexe zones humides Mahavavy-Kinkony.

La photo suivante nous montre deux évènements réalisés dans l'AP CMK (Figure n°3) :



Figure n°3 : Safari des oiseaux de Mahajanga (les 02 à gauche) et le Festival Vorofaly (à droite)

IV. DISCUSSIONS

Le développement de la pratique du système de riziculture améliorée (SRA) dans l'AP CMK permet de garantir une meilleure cohabitation de la conservation de la biodiversité et le développement rural. Grâce à la gestion participative de communautés conscientisées sur l'utilisation des ressources naturelles, l'exploitation se fait actuellement d'une manière rationnelle.

V. PERSPECTIVES

- Inciter les paysans à respecter le calendrier cultural : ajuster la date de semis pour ne pas retarder les récoltes et recommencer en même temps la culture contre saison.
- Sensibiliser les paysans à utiliser l'engrais biologique.
- Pour la conservation, encourager les paysans à pratiquer le reboisement afin d'éviter la dégradation du sol et reboiser les terrains défrichés.

VI. CONCLUSION

Le SRA est une stratégie qui permet à la communauté autochtone de subvenir à leurs besoins économiques et sociaux, sans compromettre l'avenir de la biodiversité de l'AP CMK.

La pratique de ces techniques de riziculture novatrices (SRA) dans l'AP CMK est une contribution à la lutte pour la réduction de la pauvreté, dans les défis agricoles pour la sécurité alimentaire par l'augmentation de la productivité, tout en agissant positivement sur l'Environnement. Le district de Mitsinjo a des potentiels pour redevenir à court terme une zone de production de riz de la région Boeny.

VII. BIBLIOGRAPHIE

- Asity Madagascar, 2013. Plan d'Aménagement et de Gestion du Complexe Mahavavy Kinkony. Asity Madagascar, MEF, MMZ & GIZ
- Brice Dupin, 2011. Analyse des conditions d'adoption paysanne de diverses techniques agro-écologiques à partir des expériences de coopération d'AVSF
- Malala B.et Tsiavananahary .T.J. 2016, Rapport final de la réalisation de SRA dans l'AP CMK, Projet NABU/ASITY Madagascar, 48 pages
- Rabenandrasana M. (2004). Évaluatin écologique et identification des sites potentiels pour la conservation de la biodiversité des zones humides du complexe Mahavavy/Kinkony

Ramahavita M. L. et Tsivahananahary .T.J. 2017, Rapport final sur l'évolution de la pratique de SRA dans l'AP CMK, Projet NABU/ASITY Madagascar, 54 pages.

Ravoniarisoa I , 2017 Rapport final de la réalisation de SRA dans l'AP CMK, Projet ASITY Madagascar MRPA/FAPBM/Helmesley, 52pages

31. Effets de la technique de la greffe anglaise du manioc de variété sauvage M. glaziovii sur des variétés locales de M. esculenta sur le contrôle de la MVAM et la récolte dans la région d'Itasy

RAKOTONDRADONA Rémi¹, RAZAFIARIMANGA Zara Nomentsoa²

¹Ecole Normale Supérieure, ²Biochimie Faculté des Sciences

Résumé

Dans le but d'augmenter le rendement et la production de manioc, l'AGRISUD a proposé l'utilisation du système Mukibat. Cette technique a été vulgarisée dans la région d'Itasy, plus précisément dans le village d'Antanetibe Antsampandrano. Trois variétés locales de M. esculenta (Ratsan'Akoho, Masakevoka et Madarasy) ont été utilisées en qualité de porte-greffes et une variété sauvage de M. glaziovii, comme greffon. Les variétés de M. esculenta ont été obtenues du FOFIFA. L'essai a été conduit sur un terrain labouré manuellement en utilisant une "angady". Les boutures greffées et pré-enracinées dans des pots en plastique de 15 cm de long ont été transplantées dans un trou de 50 x 50 x 50 cm. Le dispositif expérimental était constitué de quatre blocs comportant chacun, 6 traitements (parcelles élémentaires) randomisés.

Concernant la croissance et développement des plantes de manioc, les résultats montrent que le taux de reprise des boutures a été d'environ 100% une semaine après la transplantation, tandis que le taux de résistance des greffons à la cassure due au coup de vent, à partir du troisième mois après la transplantation, a été de 50%. La taille des 3 cultivars trois mois après la transplantation des boutures n'a montré aucune différence significative. Mais, quatre mois après la transplantation des boutures, sur les plants des traitements témoins, on a enregistré respectivement 21,25 ; 42 et 45 feuilles/plant sur Ratsan'Akoho, Masakevoka et Madarasy. Par contre, après 4 mois de croissance les Ratsan'Akoho greffé, Masakevoka greffé et Madarasy greffé ont formé respectivement en moyenne 36 ; 49,75 et 55 feuilles/plant. Il y a une différence significative ($P < 0,05$) entre le nombre de feuilles formées sur les cultivars de M. esculenta non-greffés et les cultivars M. esculenta, greffés avec M. glaziovii.

Selon une appréciation visuelle des symptômes de la maladie de la mosaïque virale sur les plants de manioc, l'infection a augmenté de manière linéaire sur tous les traitements, en fonction du mois de croissance, à l'exception des traitements greffés où le degré d'infection a été constant et égal à zéro pendant les deux premiers mois de croissance des greffons.

Quant aux caractéristiques de la récolte, le nombre moyen de tubercules formés par plant et leur longueur moyenne ont varié selon les cultivars. Mais, l'analyse de variance menée sur ces caractéristiques n'a pas montré une différence très significative entre les traitements greffés et non greffés des différents cultivars. Les plants greffés ont formé de gros tubercules, avec un diamètre variant de $15,1 \pm 0,1$ à $15,6 \pm 0,2$ cm, par rapport aux témoins dont le diamètre moyen des tubercules variait de $10,0 \pm 0,2$ à $11,1 \pm 0,2$ cm, montrant ainsi une différence significative ($P < 0,05$). La vulgarisation de la technique de la greffe à l'anglaise de M. glaziovii sur les cultivars de M. esculenta auprès des paysans entraînerait une augmentation de la production des tubercules de manioc et pourrait par conséquent contribuer à la lutte contre la malnutrition des paysans malgaches.

Mots clés : Madagascar, Agrisud, alimentation durable, manioc, greffage, virus, récolte.

Introduction

Le manioc (Manihot esculenta Crantz) est une plante à tubercules principalement utilisée dans l'alimentation humaine et dans l'alimentation du bétail en Afrique. Il occupe la cinquième production végétale la plus consommée mondialement, après le blé, le riz, le maïs et la pomme de terre et la deuxième source calorifique de la population, après le riz, à Madagascar.

Malgré les facultés d'adaptation du manioc à diverses conditions pédoclimatiques, les maladies et les ravageurs constituent les principales causes de baisse de rendement de cette culture (IITA, 2000). Depuis près de deux décennies, la mosaïque virale africaine du manioc (MVAM) menace la production du manioc et la sécurité alimentaire des populations de l'Afrique tropicale (Bock & Harrison, 1985). En 1988 et 1989, l'IITA (International Institute of Tropical Agriculture) fait état d'attaques de nouvelles lignées du virus de la MVAM, au centre-nord de l'Ouganda. En 1997, des études menées par l'IITA ont estimé qu'en Ouganda, les pertes dues à la mosaïque du manioc pouvaient atteindre 720.000 tonnes par an soit 60% de la production totale au cours de cette année (Fews, 1998). Au Kenya, l'IITA estime que la MVAM cause

des pertes en tubercules d'environ 160.000 tonnes chaque année, représentant près de 30% de la production totale (Fews, 1998).

Quelle méthode doit-on utiliser pour réduire ou éliminer au maximum cette cause de la baisse du rendement du manioc ? Au mois de juin 2011, le programme de promotion des revenus ruraux (PPRR), en collaboration avec l'Union européenne, à travers le programme d'appui à la résilience des crises alimentaires à Madagascar (Parecam) a formé des milliers de paysans dans la technique de greffage de manioc dont le plant peut atteindre 3 m de hauteur et produire des tubercules de 90 kg dans les régions Atsinanana et Analanjirofo (Raharisoa, 2011). Pourtant à Madagascar, la vulgarisation de cette technique de greffage de manioc prend du temps pour s'étendre dans toutes les régions productrices, alors qu'elle permet assez bien contrôler la maladie et d'améliorer la production. En 2012, un accord cadre entre deux ONG, l'AGRISUD International (Agriculture Solidarité Urgence Développement) et la Région Aquitaine ont formalisé un partenariat pour 2013-2016 en matière de professionnalisation de l'agriculture dans la région d'Itasy. Plus précisément, ceci consiste en la formation et la vulgarisation de la technique du greffage du manioc dans le village d'Antanetibe-Antsampandrano, localisé à 100 km à l'Ouest d'Antananarivo sur la RN 1 en allant vers Tsiroanomandidy. Le présent travail s'est proposé de faire le suivi et l'évaluation de cette méthode de propagation végétative sur l'effet de greffage de M. glaziovii, sur des cultivars locaux de M. esculenta sur la sévérité de la maladie et l'augmentation de la production en tubercules.

Matériel végétal et méthode

Trois variétés locales de M. esculenta (Ratsan'Akoho, Masakevoka et Madarasy) ont été utilisées en qualité de porte-greffe et une variété sauvage de M. glaziovii, comme greffon. Ces variétés de M. esculenta ont été obtenues du FOFIFA (Centre de Recherche pour le Développement Rural). Ces cultivars ont été choisis, en raison de leur susceptibilité à la mosaïque du tabac et de leur grande culture par les paysans malgaches. Des tiges de l'espèce sauvage ont été prélevées sur des jeunes tiges saines de M. glaziovii de la forêt d'Antanetibe Antsampandrano. La technique de greffage utilisée est la greffe anglaise améliorée ; les tiges des greffons et des porte-greffes sont de 20 cm de long et 1,5 à 2 cm de diamètre ; les extrémités foliaires des porte-greffes et les extrémités radiculaires des greffons ont été fendues au niveau central de la tige sur une longueur de 2 cm et la moitié de la tige fendue est enlevée par une coupure transversale de la tige ; ces fentes et coupures ont été réalisées, à l'aide d'une scie à métaux tranchante et désinfectée avec de l'alcool éthylique à 90° et leur assemblage va constituer les zones de soudure de la greffe ; le point de soudure a été ensuite ligaturé par une gaine en plastique stérile. Des boutures greffées et non greffées de ces cultivars seront, par la suite, plantées (3 nœuds du porte-greffe enfoncés dans le substrat) dans des gaines en plastique de 15 cm de large et 20 cm de long contenant un substrat composé de 1/3 de sable, 1/3 de terre et 1/3 de compost dans une pépinière pendant 15 jours. Les plants sont arrosés régulièrement et les gourmands apparaissant au niveau du porte-greffe sont supprimés. Après la formation de cinq feuilles sur les greffons, les greffes sont bonnes à être transplantées dans un champ préalablement labouré manuellement en utilisant une bêche.

Dispositif expérimental au champ et mesures

Le dispositif expérimental était constitué de quatre blocs de Fisher, comportant chacun, 6 traitements randomisés et les témoins par des plants non-greffés de chaque variété. La parcelle élémentaire mesurait 6 m de long et 3 m de large et comportait 6 plantes. Chaque parcelle élémentaire était séparée d'une allée de 1 m et chaque bloc, d'une allée de 2 m. Toutes les boutures greffées ont été transplantées le même jour du 1^{er} août 2014, dans une fosse 50 x 50 x 50 cm avec une inclinaison de 45°.

Les données concernant le nombre des feuilles par plant et la sévérité d'attaque par la MVAM sur les cultivars de M. esculenta, avant et après le greffage, ont été collectées à partir du 30^{ème} jour après la transplantation au champ. Le degré de sévérité de la maladie a été prélevé tous les mois pendant 4 mois alors que le nombre de feuilles par plant seulement à la fin du 4^{ème} mois. L'étude de la sévérité de la MVAM a été déterminée suivant un diagnostic visuel des symptômes présents sur les feuilles des cultivars. Ce sont des tâches irrégulières de couleur jaune, vert-clair ou blanche, accompagnées par des déformations des feuilles et d'un rabougrissement de la plante. La détermination du degré de l'infection se fait par la combinaison du système de Stankévich et Rakotondradona attribuant une note allant de 0% à 100% pour chaque plante observée (Ouzounov I.S., 1988 et Rakotondradona & Line, 1984).

A la fin du cycle végétatif, aux environs de 12 mois après la transplantation des boutures greffées, les composants de la production en tubercules ont été déterminés, à savoir leur nombre, leur longueur et leur grosseur. La longueur des tubercules a été mesurée à l'aide d'un mètre ruban gradué au millimètre près, en allant de la base jusqu'au bout opposé. Quant à la mesure de la grosseur des tubercules, un pied à coulisse de modèle Ulrich de 20 cm de long et une précision de 1 mm a été utilisé.

Les données recueillies ont été soumises à une analyse de variance ANOVA en utilisant le logiciel S.A.S. Comme source de variation des résultats, il y a les blocs, les variétés de manioc et le traitement par le greffage.

Résultats

Développement foliaire

Quatre mois après la transplantation des boutures, la phase du développement foliaire est supposé d'avoir atteint sa valeur maximale. Selon le tableau I, sur les plants témoins qui sont des cultivars non greffés, on a obtenu respectivement une moyenne de 21,25 ; 42 et 45,3 de feuilles par plant sur Ratsan'Akoho, Masakevoka et Madarasy. Cependant, après ces quatre mois de croissance, les greffons de *M. glaziovii* sur les porte-greffes Ratsan'Akoho, Masakevoka et Madarasy avaient formé respectivement une moyenne de 36 ; 49,75 et 55 de feuilles par plant. Il y a une différence significative ($P < 0,05$) entre le nombre de feuilles formées sur les greffons de *M. glaziovii* et les cultivars non greffés de *M. esculenta* ; le nombre des feuilles des greffons a donc augmenté de l'ordre de 30%.

Tableau XIII. Nombre moyen des feuilles par plant 4 mois après la transplantation des boutures de manioc

Témoin et Traitement	1 mois	2 mois	3 mois	4 mois	Moyenne des feuilles par plante
Ratsan'Akoho	5 a	15 a	20 a	45 a	21,25 a
Ratsan'Akoho greffé	5 a	19 a	45 b	75 b	36 b
Masakevoka	7 a	21 a	42 b	98 bc	42 b
Masakevoka greffé	7 a	28 b	61 c	103 bc	49,75 c
Madarasy	7 a	27 b	53 b	99 bc	45,3 bc
Madarasy greffé	7 a	38 c	60 c	115 d	55 d

Sévérité de la mosaïque virale

Les données du tableau II présentent la sévérité de la MVAM sur les plants greffés et les plants non greffés selon un diagnostic visuel des symptômes de la maladie. L'infection s'est propagée de façon progressive sur tous les traitements en fonction du mois, sauf pour les plants greffés où le degré d'infection était nulle pendant les deux premiers mois de croissance des greffons. L'intensité d'infection sur les témoins Ratsan'Akoho, Masakevoka et Madarasy ont été respectivement de 54,1 % ; 49,4 % et 22,2 %, tandis que quatre mois après le greffage, les greffons de *M. glaziovii* dans les traitements greffés de Ratsan'Akoho, Masakevoka et Madarasy ont développé en moyenne une faible sévérité de la maladie respectivement de 8,8%; 6,7 % et 3,4 %. La diminution de la sévérité de l'infection au niveau des greffons est de l'ordre de 80 %.

Tableau XIV. Sévérité de la mosaïque virale des cultivars de manioc greffés ou non-greffés

Témoin et Traitement	1 mois	2 mois	3 mois	4 mois	Moyenne du pourcentage d'infection
Ratsan'Akoho	40,25	46,25	62,5	67,5	54,1
Ratsan'Akoho greffé	0	0	12,5	22,5	8,8
Masakevoka	38,75	45	53,75	60	49,4
Masakevoka greffé	0	0	5	15	6,7
Madarasy	0	20	32,5	36,25	22,2
Madarasy greffé	0	0	6,25	7,5	3,4

Production de tubercules

Le nombre moyen de tubercules formés par plant a varié selon les cultivars, mais l'utilisation du cultigène sauvage en qualité de greffon n'a engendré aucune augmentation de ce nombre selon le tableau III. La longueur des tubercules a varié selon les cultivars mais pas avec les traitements. Cette longueur a diminué chez les plants greffés, comparativement aux plants non-greffés de la variété Masakevoka, mais les différences ont été peu significatives. Quant au diamètre des tubercules, d'après le tableau III, tous les plants greffés ont formé de gros tubercules avec un diamètre allant de $14,7 \pm 0,6$ à $15,4 \pm 0,4$ cm par rapport aux témoins dont le diamètre moyen des tubercules variait de $10,6 \pm 0,6$ à $11,4 \pm 0,4$ cm, montrant ainsi une différence significative ($P < 0,05$).

Tableau XVI. Mesure des caractéristiques de la production de tubercules à la fin du cycle végétatif

Témoin ou Traitement	Nombre du tubercule	Longueur du tubercule (cm)	Diamètre du tubercule (cm)
Ratsan'Akoho	$4 \pm 0,5$ a	$32,3 \pm 0,5$ b	$10,6 \pm 0,6$ a
Ratsan'Akoho greffé	$4,5 \pm 0,5$ a	$32,4 \pm 0,3$ b	$14,8 \pm 0,4$ b

Masakevoka	$6 \pm 0,5$	b	$39,9 \pm 0,7$	c	$11,4 \pm 0,3$	a
Masakevoka greffé	$6,5 \pm 0,5$	b	$39,6 \pm 0,5$	c	$15,4 \pm 0,4$	b
Madarasy	$8,8 \pm 0,4$	c	$30,7 \pm 0,3$	a	$10,7 \pm 0,4$	a
Madarasy greffé	$8,5 \pm 0,5$	c	$30,7 \pm 0,4$	a	$14,7 \pm 0,6$	b

Discussion

Le développement foliaire des plants transplantés dans les champs laisse à supposer que les conditions atmosphériques étaient favorables à la croissance des plants de manioc lors de l'expérimentation. Le nombre élevé des feuilles sur les greffons des cultivars greffés et le faible taux de sévérité de la mosaïque virale va favoriser le phénomène de photosynthèse et l'accumulation de l'amidon au niveau des tubercules d'où l'augmentation de la production. Cette hausse de la production de manioc enregistrée à Atsinanana et Analanjirofo est probablement liée à la haute tolérance des greffons à la MVAM (Raharisoa, 2011). En outre, il a été démontré par plusieurs auteurs que les caractéristiques génétiques de M. glaziovii favorisent son développement végétatif rapide et sa résistance aux contraintes environnementales; de telles caractéristiques peuvent aussi être transmises aux plants greffés. Les greffons de M. glaziovii ont été plus résistants à la MVAM, avec une réduction d'environ 80 % de l'infection, ce qui explique le choix de cette espèce comme greffon spécifique de la greffe du manioc, confirmant ainsi les résultats des chercheurs antérieurs (Dizes, 1977, Ambang et al. 2006 et Raharisoa, 2011).

Conclusion

A la fin de cette étude, il faut retenir que la mosaïque virale africaine est une maladie épidémique et endémique dans les zones de production de manioc en Afrique et à Madagascar. La technique du greffage de M. glaziovii qui a augmenté le rendement en tubercules peut servir de méthode alternative à l'hybridation en vue de produire des variétés résistantes à la MVAM.

Remerciements

Nos remerciements les plus chaleureux sont adressés à l'endroit des étudiants Capeniens de l'année 2014-2015 de l'ENS de l'Université d'Antananarivo et à tous les OG et ONG qui ont pleinement participé à la réalisation de ce travail.

Références bibliographiques

- Abdullahi I., Atiri G. Winter S. et Thottapilly G. 2003. Molecular characterization of whitefly Bemisia tabaci populations infesting cassava. Bulletin of Entomological Research, 93,97-106.
- Ambang Z., Amougou A., Ndongo B., Nantia J. et Ongono Y.S.B. 2006. Tolérance de quelques cultivars de manioc et de l'espèce sauvage à la mosaique africaine et à la cercosporiose du manioc. Tropicultura 25, 3, 140-145.
- Bock K.R. & Harrison B.D. 1985. African cassava mosaic virus pp 337-345 in Plumb R.T.& Tresh J.M. (Eds), Plant virus epidemiology, Oxford : Blackwell scientific publication.
- Dizes J. 1977. Essai de greffage de M. glaziovii sur M. esculenta. ORSTOM, 10p.
- Fews 1998. La mosaïque du manioc menace la sécurité alimentaire en Afrique de l'Est. Rapport spécial. 4, 11-15.
- International Institute of Tropical Agriculture report (IITA). 1980. Grafting wild cassava M. glaziovii with cultivars of M. esculenta for control against major diseases and pests. IITA Edition, Ibadan,10p.
- International Institute of Tropical Agriculture report (IITA). 2000. The assessment of cassava pests and diseases in Kinshasa and Bas Congo. IITA Edition, Ibadan, 56 p.
- International Institute of Tropical Agriculture report. 2000. The assessment of cassava pests and diseases in Kinshasa and Bas Congo. IITA Edition, Ibadan,56p.
- Ouzounov I.S. 1988. Les maladies du manioc. Phytopathologie tropicale.
- Raharisoa M. 2011. (<http://www.lexpressmada.com/4944/at...>).
- Rakotondradona R. and Line R.F. 1984. Control of stripe rust and leaf rust of wheat with seed treatments and effects of treatments on the host. Plant Disease 68 : 112 – 117.

32. Amélioration de la croissance et de la production chez la pomme de terre (*Solanum tuberosum*), le haricot (*Phaseolus vulgaris*) et le petsay (*Brassica campestris*) cultivés sur un sol ferrugineux amendé au biochar

Joachin Sata RAKOTOASIMBOLA, Dr Aro Vonjy RAMAROSANDRATANA, Dr Rodolphe RASOLOARIVONY

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

INTRODUCTION

Pour Madagascar, la sécurité alimentaire est loin d'être acquise, malgré une superficie de terres cultivables estimée à 36 millions d'hectares (INSTAT, 2011). Les grandes plaines et les bas-fonds sont occupés par la riziculture irriguée, tandis que les immenses superficies de « tanety » demeurent sous-exploitées. L'une des multiples raisons à cette situation est la faible fertilité du sol de « tanety » qui demande un amendement supplémentaire. Cependant, le contexte socio-économique actuel ne permet pas un accès facile aux intrants agricoles, y compris les engrains chimiques pour la majorité des paysans (Randrianarisoa, 2003). L'utilisation d'engrais biologique sous forme de compost, associé ou non, au biochar en tant qu'amendement du sol pourrait constituer une alternative pour pallier à ces problèmes. En effet, d'un côté, l'association d'engrais et de biochar améliore fortement la productivité des plantes cultivées (Steiner et al. 2007). De l'autre côté, les intrants nécessaires pour préparer du compost et du biochar sont abondants dans les zones rurales, mais restent sous-utilisées à cause d'une pratique agricole traditionnelle difficile à changer, et d'une absence d'expérimentations *in situ* démontrant de la faisabilité et de l'efficacité.

Notre hypothèse stipule que l'amendement d'un sol pauvre de « tanety » avec du biochar d'eucalyptus permettrait d'améliorer la production végétale. L'objectif est de tester les effets des sous-produits des meules artisanales de charbon d'eucalyptus en association avec des composts fabriqués à partir de boue de toilette en culture maraîchère de contre saison.

MATERIELS ET METHODES

L'objectif de ce travail est de tester les effets du biochar, seul ou combiné au compost, sur la croissance, le développement de trois espèces modèles cultivées sur un sol ferrallitique de tanety : la pomme de terre, le haricot, et le petsay.

II.1. Site d'expérimentation

Les expérimentations aux champs ont été effectuées à Andandemy (latitude 19°04'04.3'', longitude 047°49'18.0'', altitude 1623m), dans le district de Manjakandriana à environ 70km à l'Est d'Antananarivo.

II.2. Matériel végétal

Les semences de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) appartiennent à la variété « Meva ». Elles ont été achetées au grand marché d'Anosibe à Antananarivo auprès de paysans producteurs venant de la région Vakinankaratra. Le calibre des tubercules est de 3.2 ± 0.6 cm.

Les graines de « petsay » (*Brassica campestris*L.) ont été fournies par le CTHA (Centre Technique Horticole d'Antananarivo -Nanisana, Antananarivo) et les graines de haricots (*Phaseolus vulgaris*L.) de la variété « Ranjonombry » (lot GPS phi) sont produits par le CMS (Centre Multiplicateur de Semences - Sakay) et obtenus auprès du FOFIFA (Ambatobe, Antananarivo).

II.3. Préparation du sol et des intrants

Le champ d'expérimentation est un terrain aménagé en jardin potager qui a été subdivisé en 30 parcelles élémentaires, de dimension 2,5x3m. Le sol est de type ferrallitique relativement homogène. Le « topsoil » a été dégagé complètement lors du terrassement et le terrain correspond au sol se trouvant à environ un mètre de profondeur.

Le biochar a été préparé à partir de rebuts des meules de charbon, laissés à l'abandon depuis plus de 6 mois. Le charbon est fabriqué à partir de tiges et branches prélevés sur des taillis d'*Eucalyptus robusta*. Des morceaux de charbon de taille non commerciale (≤ 2 cm), laissés à l'air libre, ont été récupérés, pilés au mortier, puis tamisés (maille de 2mm) pour obtenir une poudre fine.

Le compost et le vermicompost ont été fournis par la société LooWatt (Antsalovana – Antananarivo). Brièvement, du digestat pasteurisé issu de traitement de la boue d'épuration a été mélangé avec de la paille de riz dans une proportion 2/1 (p/p). L'ensemble a été retourné tous les 7 jours, pendant un mois au bout duquel le compost est obtenu. Pour le vermicompost, du ver *Eisenia foetida* S. adulte appelé « Menabota » a été rajouté au compost dans une proportion 1/10 (v/v). L'ensemble est laissé à l'ombre pendant deux mois supplémentaires.

II.4. Dispositif expérimental et mise en culture

Le champ de culture a été subdivisé en 30 parcelles élémentaires correspondant aux 6 traitements suivants : Témoin, Sol+Biochar, Sol+Compost, Sol+Vermicompost, Sol+Biochar+Compost, Sol+Biochar+Vermicompost. Chaque traitement comporte aussi 5 parcelles correspondant chacune à une répétition. La préparation du substrat a été basée sur un apport d'azote de 125kg.ha^{-1} proche des quantités utilisées en culture maraîchère. En ce qui concerne le biochar, nous avons opté pour un taux de 20t.ha^{-1} . Après avoir pesé ces intrants, le compost et le charbon ont été mélangés au préalable, avant d'ajouter le mélange obtenu au sol de manière homogène. Avant la mise en culture, chaque parcelle est nivélée, pour faciliter l'installation des tuyaux du système goutte-à-goutte.

Les cultures des trois légumes, haricot, « petsay » et pomme de terre, ont été conduites de manière associée dans chaque parcelle élémentaire. Après la mise en culture, un paillage avec du « bozaka » (graminées) a été effectué pour limiter l'évapotranspiration du sol. L'arrosage a été effectué tous les 2 jours grâce à un système de goutte-à-goutte qui dispense 37.5l d'eau par parcelle soit un débit de 13.8ml par seconde par parcelle. Le désherbage a été effectué de temps en temps, selon l'apparition des adventices. Pour lutter contre les parasites et les insectes nuisibles, un produit à base de neem (*Azadirachta indica A. Juss.*), appelé Neemser® (Servalesa, Valence) destiné à l'agriculture biologique a été appliqué après le premier mois de culture. La pulvérisation a été effectuée, à raison de 300ml/ha une fois par semaine pendant 3 semaines.

RESULTATS

a. Pomme de terre

Pour la pomme de terre, le cycle de développement peut être subdivisé en 3 phases : la phase végétative de 0 à 60j, la phase reproductive de 60 à 75j et la phase de maturation des tubercules de 75 à 115j. La récolte des tubercules a été effectuée au 115ème jour de culture. La sénescence des organes aériens indique la maturité des tubercules.

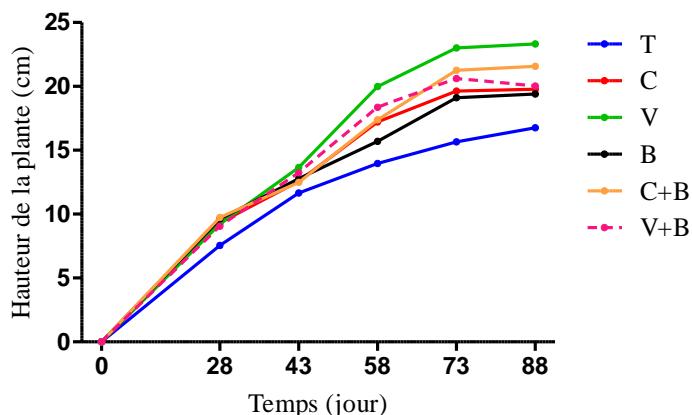


Figure 1: Evolution de la hauteur des plants de pomme de terre en fonction des combinaisons de biochar et de composts ($n = 52$). T : témoin, B : biochar, C : compost, V : vermicompost, C+B : compost+biochar, V+B : vermicompost+biochar.

b. Haricot

Afin de suivre la croissance et le développement des plants de haricot, la hauteur et le nombre de feuilles par individu ont été suivis tous les 10 jours, pendant 71 jours. Le cycle de développement du haricot peut être subdivisé en trois phases : la phase de germination de 0 au 10ème jour, la phase végétative du 10 au 30ème jour et la phase de reproduction, caractérisée par l'apparition de boutons floraux et la maturation des graines du 30 au 70ème jour.

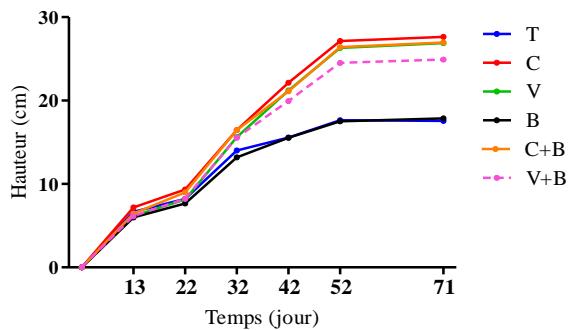


Figure 2: Evolution de la hauteur des plants de haricot en fonction des combinaisons de biochar et de composts (n=52). T : témoin, B : biochar, C : compost, V : vermicompost, C+B : compost+biochar, V+B : vermicompost+biochar

c. "Petsay"

Le suivi des plants de « petsay » est un peu particulier car c'est un légume qui est généralement récolté avant la floraison. Le paramètre qui définit la qualité de la récolte à ce stade est la circonference du verticille de feuilles à mi-hauteur. Pour suivre la croissance des plants de Petsay, la hauteur a été mesurée tous les 10 jours durant 70 jours.

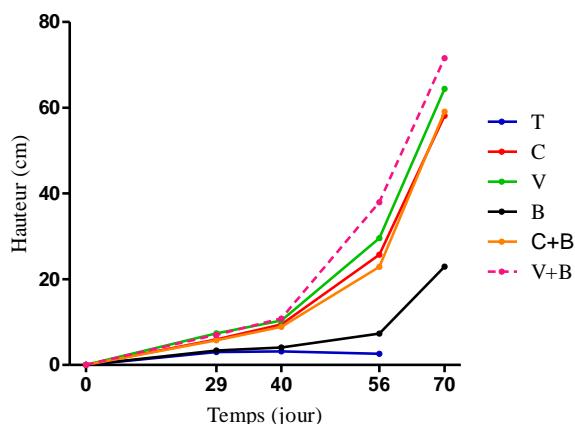


Figure 3: Evolution de la hauteur des plants de « petsay » en fonction des combinaisons de biochar et de composts (n=52). T : témoin, B : biochar, C : compost, V : vermicompost, C+B : compost+biochar, V+B : vermicompost+biochar.

CONCLUSION

La croissance de ces trois espèces a été améliorée considérablement, suite aux apports d'engrais organiques et ceux de biochar. Notre hypothèse de travail, qui stipulait que l'amendement d'un sol pauvre par du biochar d'eucalyptus, permettrait d'améliorer la croissance et la production végétale, est alors vérifiée.

REFERENCES

- INSTAT (2011) Enquête Périodique auprès des Ménages 2010. EPM- 2010 Rapport Principal. INSTAT. Antananarivo, Août 2011. 374p.
- Randrianarisoa, J.-C. (2003) Utilisation et accessibilité des engrains chimiques. In : Agriculture, pauvreté rurale et politiques économiques à Madagascar. Minten, B., Randrianarisoa, J.-C., et Randrianarison, L. (eds.). Zero un édition, Antananarivo. pp4-7.
- Steiner, C, Teixeira, W.G., Lehmann, J., Nehls, T., Vasconcelos de Macêdo, J.L., Blum WEH, et Zech, W. (2007) Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. *Plant and Soil* 291: 275-290.

33. Validation d'un produit phytosanitaire biologique contre les maladies de la pomme de terre

HARINARIVO Hoby Lalatiana¹, Christian RABEMANANTSOA¹, Charles ANDRIANJARA¹, Mondher EI JAZIRI².

(1) Institut Malgache de Recherches Appliquées (IMRA), Madagascar ; (2) Université Libre de Bruxelles, Belgique.

Contexte

Madagascar est, depuis toujours, un pays à forte vocation agricole. En effet, plus de 80% de la population Malagasy vivent encore en milieu rural et subsistent grâce aux secteurs et domaines de l'agriculture [LEIPZIG, 1996]. Son agriculture fournit une part importante de son produit intérieur brut (PIB) et de ses exportations (INSTAT, 2010).

La pomme de terre ou «ovy» fut introduite à Madagascar au XIXe siècle par des missionnaires français. Elle fut cultivée dans la région de Mantasoa, avant de s'étendre à la région d'Antananarivo, puis du Vakinankaratra [CITE et al. 2001]. Dans les régions productrices, elle constitue un aliment de substitution au riz notamment, en période de soudure et elle constitue aussi une source de revenu non négligeable pour les paysans producteurs. En effet, la pomme de terre se place en quatrième position derrière le riz, le manioc et la patate douce.

La province d'Antananarivo est la principale région productrice de pomme de terre, avec 258 860 tonnes en 2000, soit 90% de la production nationale; la région du Vakinankaratra (Antanifotsy, Antsirabe, Faratsihy, Betafo) à elle seule enregistre 73% de ce volume provincial [CITE et al. 2001].

D'après les données de l'INSTAT en 2004, la superficie de terres cultivées en pomme de terre a augmenté, soit de 49 410 ha en 2001 à 50 280 ha en 2004. Par contre la production a baissé au cours de ces années de 294.810 tonnes en 2001 contre 246.370 tonnes en 2004. Cette baisse a encore été plus significative pour l'année 2005 à 2009 de 271.004 tonnes à 222.248 tonnes [INSTAT, 2004 et 2010].

En 2003, il y avait une demande faite par l'Ile Maurice, de fournir 12 000 tonnes de pomme de terre et cette demande n'a pas été honorée par Madagascar ; et en 2009, la dégradation de la culture et de la production de la pomme de terre a été de plus en plus avancée.

Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette diminution de la production, tels que les maladies et les ennemis de cette culture. De nombreuses maladies peuvent être observées chez la pomme de terre. Celles causées par des champignons, des bactéries et des virus présentent des dégâts importants, tant sur les cultures que sur les tubercules en [JEAN et al. 2000]. Actuellement, il y a beaucoup de fongicides chimiques commercialisés et appliqués pour traiter les maladies fongiques de la pomme de terre. La plupart d'entre eux sont à base de soufre ou de cuivre, tels que la bouillie bordelaise, la bouillie sulfocalcique et le dithane. Ce dernier est très utilisé par les agriculteurs malgaches. De même, pour les maladies virales, des insecticides contre les vecteurs de virus sont déjà présents. Par contre, il n'y a pas de méthode de lutte chimique spécifique efficace contre les dégâts causés par les bactéries [LAMBION, 2007; LATOUR et al. 2008; FAO, 2008; LAREN, 2011].

Objectif de la recherche

Face à ce dégât causé par les maladies de la pomme de terre, l'IMRA a concentré ses efforts sur la recherche fondamentale concernant la phytopathologie de la pomme de terre. Un projet de recherche soutenu financièrement par le gouvernement Belge a fonctionné de 2009 à 2014, ayant comme objectifs d'identifier les germes responsables des maladies, d'une part et de rechercher des moyens de lutte biologiques contre les maladies afin de les vulgariser auprès des paysans, d'autre part.

Approches

Pour atteindre ces objectifs fixés, la première approche adoptée a été de réaliser des enquêtes sur terrains. Des descentes ont été menées dans les régions d'Analambana, d'Itasy et de Vakinankaratra pour inventorier les symptômes des maladies, les décrire puis les ramener au laboratoire pour des études scientifiques. Des enquêtes ethnobotaniques concernant les moyens de lutte ont été aussi effectuées. Les recettes traditionnelles malagasy dont les paysans utilisent, pour remédier aux maladies ont été inventoriées et elles ont fait l'objet des évaluations scientifiques et optimisations.

Au laboratoire, des isolements et pré-identifications des germes, à partir des échantillons présentant des symptômes, ont été effectués ; puis la technique de Postulat de Koch a été réalisé pour confirmer qui sont les germes responsables de la ou des maladies. Cette technique est basée sur le principe d'une relation de causes à effets ; les souches pré-identifiées ont été inoculées sur des plantes apparemment saines et la (ou les) souche(s) qui a (ou qui ont) fait apparaître les symptômes trouvés sur terrain sont celles qui sont responsables de la maladie en question. Les germes responsables ont été ensuite identifiés.

Concernant les recettes traditionnelles malagasy, 10 parmi les 45 répertoriées ont fait l'objet des études phytochimiques, pharmacognosiques et microbiologiques. Les études ont été basées sur la recherche des activités antimicrobiennes de ces 10 recettes traditionnelles malagasy vis-à-vis des germes responsables des maladies identifiées. Des tests de diffusion sur gélose (Gestion Locale Sécurisée, test sur milieu solide) et de microdillution (test sur milieu liquide) ont été réalisés.

Après les études *in vitro*, des études micro agronomiques ont été menées à l'IMRA avec une surface de 1000 m². Trois recettes parmi les 10 testées, qui ont montré une efficacité *in vitro*, ont fait l'objet des études micro agronomiques. L'expérimentation a été réalisée, selon les dispositifs en bloc de Fischer, dont un en prophylactique et un en curatif. Les recettes ont été testées sur 2 variétés de pomme de terre. Pour le mode prophylactique, les plants de pomme de terre ont été pulvérisés avec les recettes à partir du 7^{ème} jour, après la levée, sans attendre aucune apparition des symptômes. La pulvérisation s'effectuait une fois par semaine et a duré 6 semaines. Quant au mode curatif, seulement les plants qui ont montré des symptômes phytopathologiques qui ont été pulvérisés 2 fois par semaine. Le dithane a été utilisé en tant que témoin positif pour les 2 dispositifs.

En 2015, une recette montrant une efficacité sur terrain parmi les 3 testées a fait l'objet d'une étude multicentrique sur la RN 7 et à Antananarivo. Une petite enquête a été menée pour savoir si la pathologie de la pomme de terre a encore été une réalité. Elle a permis de constater que les dégâts causés par les maladies sont devenus de plus en plus catastrophiques et beaucoup de paysans ont abandonné la culture de pomme de terre. L'équipe de l'IMRA a établi un contrat avec deux groupements de paysans de la Route Nationale 7 et un groupement à Itaosy Antananarivo, pour l'essai du produit. Le produit qui a été efficace à l'IMRA, a été testé avec 4 variétés de pomme de terre (Meva fotsy, Meva mena, Bandy akama et Diamondra), selon les deux dispositifs expérimentaux (prophylactique et curatif). Il a été testé avec une surface de 500 à 1000m².

Résultats obtenus

Les enquêtes sur les inventaires sur terrain, en 2010, a permis de décrire plusieurs symptômes qui sont généralisés en tâche marron ou brune et en flétrissement, avec ou sans jaunissement des feuilles. Chez les paysans, ces symptômes sont communément appelés «lagaly» ou gale pour les tâches et « mandazo », pour le flétrissement.

Quarante-cinq formulations paysannes ont été répertoriées, via les enquêtes ethnobotaniques pour les recettes traditionnelles malgaches. 10, parmi ces 45 recettes ont été sélectionnées, suite à des critères de choix basés sur leur utilisation, sur la disponibilité des ingrédients et aussi sur le fait que certains ingrédients sont utilisés pour plusieurs recettes.

Les isolements, les pré-identifications confirmés par la technique de Postulat de Koch a permis d'identifier les germes responsables des maladies. Une fiche technique de la maladie a déjà été élaborée. Parmi ces germes responsables de maladies, il y a surtout les genres *Ralstonia solanacearum*, *Pectobacterium* qui sont surtout responsables des flétrissements, appelés « mandazo » par les paysans et les genres *Phytophthora infestans* et *Alternaria solani* qui sont surtout responsables des tâches ou gales appelées « lagaly » par les paysans.

Les tests d'activités microbiennes effectuées ont montré que 3 recettes parmi les 10 testées ont présenté une efficacité vis-à-vis des germes responsables des maladies.

Ces 3 recettes ont montré une large zone d'inhibition pour les techniques de diffusion sur gélose (allant de 12 à 16 mm) et des taux d'inhibition de croissance bactériennes autour de (100%) pour la technique de microdillution (82 à 112% même si la recette a été diluée à 1/8 v/v).

Sur le champ micro agronomique de l'IMRA, l'étude a montré que seulement une recette parmi les 3 actives *in vitro* a présenté une efficacité après les essais avec 2 variétés de pomme de terre (Meva fotsy et Diamondra). Cette recette efficace à l'IMRA a fait l'objet des études multicentriques et que l'on l'a dénommé « produit phytosanitaire biologique ».

Pendant les essais multicentriques effectués, les résultats obtenus avec les 3 groupements de paysans (2 sur la RN7 et 1, à Itaosy Antananarivo) ont présenté une efficacité certaine du produit quand il a été testé avec 4 variétés de pomme de terre (Meva fotsy, Diamondra, Meva mena et Bandy akama). Les tubercules malades ont été comptés et d'après les études statistiques, les moyennes de nombre de tubercules malades a été à moins de 5 tubercules quand le produit a été appliqué en mode préventif et entre 5 à 12 quand il a été appliqué en mode curatif. Par contre, avec le dithane, 13 tubercules malades ont été enregistrés quand il a été appliqué en mode préventif et 16 quand il a été appliqué en mode curatif. Ces résultats ont prouvé que le produit biologique a été encore plus efficace que le dithane, surtout quand il est appliqué en mode préventif. Le dithane est l'antifongique chimique couramment utilisé par les paysans malagasy ; il est à base de mancozèbe, ce qui est cancérogène et pour les manipulateurs et pour les consommateurs. Le produit biologique a aussi montré une efficacité et sur les maladies bactériennes et sur les maladies fongiques.

Il est à noter qu'avec les groupements de paysans que l'IMRA a travaillé, non seulement le produit phytosanitaire a été biologique mais l'amendement a été aussi biologique ; aucun intrant chimique n'a été apporté aux cultures de la plantation jusqu'à la récolte. En bref, la culture a été biologique.

Conclusion

L'IMRA a travaillé sur la pathologie de la pomme de terre depuis 2009. Au début, c'était une recherche fondamentale concernant les maladies et concernant la lutte biologique. Les maladies sont inventoriées et un produit phytosanitaire biologique a été formulé parmi les 45 recettes traditionnelles malagasy inventoriées. Le produit a été plus efficace que le dithane et il a montré une efficacité certaine sur les maladies bactériennes et fongiques. La culture de pomme de terre est « bio ».

Le projet en cours de cette année 2017 est intitulé : « Mise en échelle de la recherche sur l'utilisation d'un produit phytosanitaire « bio » sur la production de pomme de terre ». Il est financé par le FRDA Vakinankaratra et le travail est mené sur 3 axes routiers (Betafo, Manandona, Andranomanelatra Est).

Références bibliographiques

- 1- CITE- FOFIFA-SCAC-Minagri- UPDR. 2001. Diagnostic approfondi de la filière pomme de terre à Madagascar. Synthèse et recommandations. 9 pages.
- 2- FAO. 2008. Lutte raisonnée contre les ravageurs et les maladies de la pomme de terre. Année internationale de la pomme de terre.2 pages.
- 3- INSTAT. 2004. Statistique agricole. Annuaire 2004. pp. 7, 8, 28, 80.
- 4- INSTAT. 2010. Situation économique du 1er Janvier 2010. Pp. 14.
- 5- JEAN C. et al. 2000. Maladies, insectes nuisibles et utiles de la pomme de terre. Institut de Recherche et de Développement en Agroenvironnement, Sainte-Foy Québec. Pp. 9-27.
- 6- J. Kahumba, T. Rasamiravaka, P. N. Okusa, A. Bakari, L. Bizumukama, J.B. Kalonji, M. Kiendrebeogo, C. Rabemanantsoa, M. El Jaziri, E. M. Williamson, and P. Duez. Traditional African medicine: from ancestral knowledge to a modern integrated future, Science S61-63, 2015
- 7- LAMBION J. Janvier 2007. Protection phytosanitaire en culture de pomme de terre biologique. Fiche 2: Lutte contre les ravageurs. Pp. 35-38.
- 8- LAREN D. 17/03/2011. BPI06-320- Incidence du virus Y de la pomme de terre (PVY O et PVY N : O) sur les cultivars de la pomme de terre et la lutte par vaporisation d'huile. Agriculture et Agroalimentaire Canada. Pp. 2.
- 9- LATOUR X. et al. Juillet-Aout 2008. Lutte contre les maladies bactériennes de la pomme de terre dues aux *Pectobacterium spp.* (*Erwinia carotovora*). Cahiers Agricultures vol.17. pp. 355-360.
- 10- LEIPZIG. 1996. Madagascar : Rapport de pays pour la conférence technique internationale de la FAO sur les ressources phytogénétiques. Pp. 6.
- 11- UNITED NATIONS. 2007. Lists of diseases and pests. Economic commission for Europe. Pp. 3-12.

SOL, FERTILITÉ

34. Perception paysanne de la fertilité : un modèle de recherche action paysanne?

Bruno Salomon RAMAMONJISOA, Mahefa Andrianjaka

Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques

Résumé

Dans beaucoup de pays en voie de développement et pays les moins avancées, l'agriculture constitue le moteur de l'économie nationale. A Madagascar, malgré la mise en œuvre d'une politique sectorielle agriculture élevage pêche et d'un plan d'action pour le développement rural beaucoup de zones rurales restent éloignées des centres de services agricoles et des innovations existantes dans leur pratique quotidienne. Les paysans ne peuvent donc, souvent, baser leur pratique que sur les expériences de leurs ainées ou ancêtres. C'est ainsi que l'agrobiodiversité est gérée dans le quotidien des populations des zones rurales éloignées. Cette pratique de legs entre génération semble être la règle en zone rurale depuis plusieurs années et devrait continuer compte tenu des faibles moyens pour la vulgarisation agricole. Cette pratique est-elle préjudiciable pour la gestion durable des terres? Non, si on part de l'hypothèse que les pratiques des anciens se fondent sur des bases techniques issues de l'observation. La recherche effectuée par les paysans, au-delà de toute influence des techniciens, n'est peut-être pas fondée sur des protocoles

de recherche précises mais ses résultats découlent de l'observation et peut donc être considérée comme une démarche inductive de recherche. A partir de l'exemple de la perception de la fertilité des sols dans la région de Manongarivo (Nord de Madagascar) a été analysée la pertinence des résultats obtenus afin de définir comment améliorer cette démarche à moindre coût de vulgarisation qui est plus efficace. L'analyse a été centrée sur la transférabilité des informations obtenues à partir des observations des paysans. Les résultats d'analyse ont permis de conclure sur l'importance de la valorisation des connaissances locales dans le développement mais aussi et surtout dans la gestion de l'agrobiodiversité.

Mots clés: Fertilité des sols, stratégie paysannes, recherche action

1 – Introduction

L'agriculture constitue le moteur de l'économie nationale dans beaucoup de pays moins avancées. Malgré la mise en œuvre d'une politique sectorielle agriculture élevage pêche et d'un plan d'action pour le développement rural beaucoup de zone rurale à Madagascar restent éloignée des centres de services agricoles et des innovations existantes dans leur pratique quotidienne. Les paysans ne peuvent donc, souvent, baser leur pratique que sur les expériences de leurs ainées ou ancêtres. C'est ainsi que l'agrobiodiversité est géré dans le quotidien des populations des zones rurales éloignés. Cette pratique de legs entre génération semble être la règle en zone rurale depuis plusieurs années et devrait continuer compte tenu des faibles moyens pour la vulgarisation agricole. Cette pratique est-elle préjudiciable pour la gestion durable des terres? Non si on part de l'hypothèse que les pratiques des anciens se fondent sur des bases techniques issues de l'observation. La recherche effectuée par les paysans, au-delà de toute influence des techniciens, n'est peut-être pas fondée sur des protocoles de recherche précises mais ses résultats découlent de l'observation et peut donc être considérée comme une démarche inductive de recherche. A partir de l'exemple de la perception de la fertilité des sols dans la région de Manongarivo (Nord de Madagascar) a été analysée la pertinence des résultats obtenus afin de définir comment améliorer cette démarche à moindre coût de vulgarisation qui est plus efficace. L'analyse a été centrée sur la transférabilité des informations obtenues à partir des observations des paysans.

2 - Faute d'encadrement technique l'adaptation (la réponse) paysanne repose sur une démarche d'action recherche pas nécessairement bénéfique pour les ressources forestières

L'exploitation agricole dans la région de Manongarivo est caractérisée par une baisse de fertilité des sols due en grande partie à l'effet de la structure actuelle des filières café cacao qui ne permettent pas de dégager des fonds d'investissement suffisants permettant l'intensification; de la sécurisation foncière et de l'inexistence d'utilisation de fertilisants (appui institutionnel et encadrement technique). Les méthodes actuelles de régénération de la fertilité s'appuient sur une logique d'intensification agricole à zéro coût se traduisant par la pratique de jardins de case ou de mise en jachère (Razafindrabe, 2002²¹).

La non maîtrise par les paysans des indices techniques de fertilité ont contribué à une pratique expérimentale basée sur l'observation des expériences agricoles et la capitalisation orale des informations. Les indices de fertilité existants restent archaïque et se manifestent au niveau des modes de gestion par des tâtonnements sur les associations culturales. D'autres facteurs (notamment le foncier et les règles sociales et la pression démographique) entrent ensuite en lice et modifient les modes de régénération de la fertilité.

Les paysans ne comprennent pas que le sol contient un mélange d'aliments minéraux et organiques. Mais en déterminant la fertilité des sols suivant différents signes (aspect du sol, structure des reliefs, etc...), les paysans montrent que leur perception empirique de la régénération de la fertilité du sol ont des fondements scientifiques. La démarche paysanne d'**apprentissage** (sans avoir de protocole précis) suit une logique reposant sur le test pratique, l'observation, la théorisation et la mise en pratique.

3 - Les expériences culturelles reposent sur quatre éléments majeurs

Les expériences culturelles constituent en quelque sorte les essais qui permettent aux paysans de dégager des observations qu'ils mettent en pratique selon une démarche de recherche action.

3.1 - L'observation de la durée du cycle cultural pour évaluer la restauration naturelle de la fertilité

La durée d'un cycle, qui est la durée d'une succession de cultures plus le temps d'une jachère, peut prendre plusieurs années (même jusqu'à 20 ans) dépend du propriétaire qui juge de lui-même l'état de la fertilité de son champ.

Cette durée varie selon :

- a) La durée de mise en culture :

²¹ Etude des fondements des pratiques agroforestières aux abords et à l'intérieur de la réserve spéciale de Manongarivo. Mémoire de DEA ESSA-Forêts. Antananarivo. 2002.

- Lorsqu'une plante (généralement le riz!) est semée plusieurs années de suite sur la même parcelle, la production diminue quantitativement et qualitativement.
 - Si l'exploitation des sols est très poussée, les sols deviennent incultivables, ils sont appelés localement "tany hetraka" (sols compacts limitant la survie de la pédofaune et de la pédoflore);
- b) Le temps de mise en jachère pratiquée dans ces zones est très variable :
- Elle varie selon le type de la végétation qui précédait la culture (forêt, matrangy, trematrema, savoka) ;
 - Elle varie selon la composition des plantes qui y poussent : Plus les plantes sont nombreuses et diversifiées (composition et structure), plus les effets de la jachère sur la fertilité du sol sont améliorants et rapides. La diversité des enracinements (en particulier des rejets de souches) joue aussi un rôle important ;
 - Plus la période de cultures a été longue, moins la végétation de jachère s'établit rapidement.

La dénomination des successions végétales aboutit à une caractérisation des parcelles. Les paysans connaissent bien les plantes qui s'implantent sur chacune des parcelles laissées en jachère. Ils choisissent les plantes à cultiver selon les caractéristiques de la végétation et la fertilité du sol. En général, ils donnent à chaque type de jachère un nom spécifique (matrangy, trematrema, savoka et hiaka). Les caractérisations des dénominations sont à la fois externes (**physionomique** : végétation vue de loin dans son ensemble) et interne (qualité du sol et végétation détaillée).

3.2 - Les pratiques culturales pour identifier la vitesse de perte de fertilité

Suivant les expériences culturales, les paysans constatent que la production baisse progressivement lorsqu'ils pratiquent des rizicultures successives durant plusieurs années sur un même champ.

Lorsque plusieurs espèces cultivées se succèdent sur un même champ, chacune exploite différents horizons. Les unes exploitent le sol plus profondément que les autres et les nutriments puisés diffèrent. C'est pourquoi les paysans pensent que la production de deux ou trois saisons d'un champ défriché qui nourrit les plantes au moyen de sa seule fertilité naturelle, est relativement élevée lorsque les cultures différentes se succèdent.

D'autres pratiques, d'après les paysans, agissent sur la fraction organique du sol et permettent de produire de l'humus : mise en jachère, plantation de légumineuses, etc. En effet, le système agroforestier fournit aux champs des fertilisants organiques.

Les paysans connaissent la technique d'utilisation des cendres comme fertilisant minéral après le brûlis. Ainsi, plus grande est la quantité de matières végétales plus les matières minérales disponibles pour les cultures sont meilleures.

3.3 - Le choix des espèces à introduire découle de ces observations

Les paysans connaissent les espèces à introduire dans les systèmes de production. Ils connaissent, à partir des expériences locales, le moment idéal pour installer les cultures pérennes (caféiers, cacaoyers ou anacardiers) après des cultures consécutives de riz ou après quelques cycles de cultures. En effet, la présence des espèces ligneuses atténue les actions directes du climat (air, vent, pluie, lumière, etc.) sur les horizons superficiels et préserve la vie microbienne du sol. L'effet écologique essentiel des ligneux est le stockage d'éléments nutritifs sous forme de biomasse végétale pour éviter le lessivage. Cette association culturelle s'accorde bien à des sols pauvres.

4 - Les règles procédurales permettant de percevoir la fertilité émergent des pratiques expérimentales

L'expérience accumulée de génération en génération par les populations de cette zone leur permet d'interpréter l'aspect du sol et la toposéquence du relief. Cette interprétation de la fertilité est transmise par voie orale, le seul système d'échange d'information actuellement disponible.

4.1 - La connaissance paysanne permettant d'observer l'aspect du sol est facilement transférable

Les paysans considèrent que la qualité du sol est un facteur déterminant pour assurer la production agricole. La classification des sols se base, selon la perception des paysans, sur l'observation de quelques éléments notamment sa couleur, l'épaisseur de sa litière, la présence d'humus, sa texture et sa structure (ainsi que la topographie, c'est un élément d'observation différent, intervenant généralement avant).

La couleur s'explique essentiellement par la présence de matières organiques, de fer et des types d'argiles. Pour déterminer la couleur du sol, les paysans observent seulement les horizons superficiels. Ils en déduisent la fertilité du sol en distinguant :

- La couleur foncée noire ou tany mainty, tany jaoby est le terme local utilisé dans la région Nord-Est

- (sols noirs) comme signe de fertilité ;
- Les tany mavo (sols jaunes) de qualité moindre que la précédente, et ;
- Les tany mena (sols rouges) jugés les moins aptes aux cultures.

L'existence d'une couche de litière donne une idée de la quantité de matière organique fertilisante correspondante qui s'est accumulée dans le sol. ;

Les paysans perçoivent, également, l'importance de la micro-faune dans l'amélioration de la qualité des sols. Plus les déchets des plantes sont importants et diversifiés, plus les organismes vivants sont nombreux et actifs (par exemple, les vers de terre produisent des voran-kankana ou excréments de ver de terre indiquant un sol fertile). Dans ce cas, le sol est intéressant pour l'agriculture.

En outre, la décomposition de la biomasse dans le sol permet la formation du dinty qui correspond à l'ensemble d'éléments humiques, à l'état colloïdaux. La richesse en dinty constitue ainsi un indicateur de fertilité.

La texture d'un sol est exprimée par sa teneur en sables grossiers et fins, en argiles, en humus et en calcaires):

- Les tany fasika (sols sableux) ne sont pas appréciés et abandonnés facilement par les paysans ;
- La présence d'un affleurement rocheux, de cailloux ou de graviers indique que c'est un sol érodé par l'eau et détruit par le soleil. Dans ce cas, les sols deviennent superficiels ou peu profonds. Aucune culture n'y peut convenir : l'humus a été décomposé par la chaleur, les sels minéraux ont été lessivés en profondeur par l'eau de pluie.

La structure d'un sol est le mode d'arrangement, à un moment donné, de ses particules granulométriques pour constituer des agrégats; cette structure influe sur la fertilité du sol. Les paysans savent, par expériences, que dans une exploitation très poussée par application de cultures répétées, les sols deviennent compacts rendant ainsi difficile le développement des différentes plantes. Dans ce cas, ils abandonnent définitivement ces champs et cherchent de nouvelles parcelles.

Les paysans préfèrent les bas de pente et les bas-fonds qui profitent des dépôts alluvionnaires emportés par les rivières en crue débordant de leurs lits et des éléments fertilisants apportés par l'érosion en provenance des zones hautes. Ils qualifient ce type de sols de tanivondraka ou baiboho. Ils conviennent aux cultures annuelles ou saisonnières.

4.2 - La connaissance paysanne permettant d'observer la structure du relief est plus difficile à mettre en pratique

La perception des facettes écologiques conditionne la mise en valeur de l'espace et des ressources. Le relief caractérise la forme du terroir. L'utilisation du versant pour les différentes cultures se fait de manière bien établie selon la toposéquence pour tenir compte des besoins de chaque culture. En effet, les paysans distinguent trois types d'unités topographiques : les montagnes ou bongo, les collines ou tanety et les replats ou ketraka (Zamany, 2000²²). A noter que dans la région d'Ambahatra, les tanety ne sont pas distinguées et sont associées au bongo.

Les *bongo* sont caractérisés par leur altitude élevée et leurs versants abrupts. Les fortes pentes que présentent ces reliefs et leur caractère parfois rocheux n'incommodent pas les paysans pour leurs activités agricoles. Ainsi, le riz de tetika qui a besoin d'un bon drainage occupe les parties supérieures et moyennes du versant. Sur les mi-pentes ou en haut de pente, les tetika sont consacrés ultérieurement à la culture de cacao (*Theobroma cacao*), du café (*Coffea canephora*) ou de l'anacardier (*Anacardium occidentale*).

Les paysans appellent tanety les élévations de terrain moins hautes que les montagnes. Ici, le pendage n'est pas considéré comme un facteur limitatif pour l'agriculture. En amont, les paysans pratiquent la riziculture sur brûlis à laquelle peuvent succéder le manioc (*Manihot esculenta*) et l'anacarde (*Anacardium occidentale*). En bas de pente, généralement des sols colluviaux humides, les paysans plantent le bananier (*Musa sp.*), la canne à sucre (*Saccharum officinarum*). Sur les sols hydromorphes de bas de pente et de bas-fonds, ils cultivent le taro ou saono (*Colocasia antiquorum*) qui sont plus exigeantes en eau.

Le terme ketraka désigne les terrains plats ou subhorizontaux. Dans ces endroits, les paysans préfèrent y cultiver des cafiers (*Coffea canephora* et aussi sur le versant Sud-Ouest *C. arabica*). Dans les zones où les cours d'eau permettent l'irrigation (par exemples, la microplaine d'Ambodisakoana dans la partie sud-ouest et les bas-fonds plats d'Anketrakabe dans la partie nord-est), les ketraka sont exploités en rizicultures irriguées.

5 - La mise en pratique de l'action recherche se fait grâce à la végétation

²² Etude des pratiques agroforestières dans la périphérie Sud Ouest de la réserve spéciale de Manongarivo (cas des villages d'Analantsoa et de Beraty). Mémoire de DEA ESSA-Forêts. Antananarivo. 2000.

5.1 - Une organisation spatiale communément basée sur la fertilité des sols et les techniques culturelles

Les expériences d'observation aboutissent le plus souvent à l'utilisation des espèces indicatrices de fertilité et servent à l'organisation spatiale. Cette dernière est caractérisée soit par un découpage du champ de culture, une rotation culturelle, une association d'espèces ou un jardin de case.

5.1.1 - Les espèces indicatrices de fertilité

Les plantes qui poussent dans les savoka permettent aux paysans d'évaluer la fertilité des sols. La référence aux espèces indicatrices tient compte du fait que les plantes ont d'une part des exigences particulières que les paysans connaissent d'une manière empirique Par ailleurs, ils sont conscients qu'en fonction de leur abondance les végétaux peuvent fournir une quantité variable de cendres lors de l'incinération (RANAIVONASY, 1998²³).

- Pour les paysans, les espèces indicatrices de bons sols sont :

- *Harungana madagascariensis* (Harongana) ;
- *Homalium sp.* (Hazombato) ;
- *Agelaea pentagyna* (Vahijoboy) ;
- *Orfilea multispicata* (Fanorovavy) ;
- *Aframomum angustifolium* (Longozzo) ;
- *Oplismenus sp* (Anganompody) ;
- *Albizia mainaea* (Sambalahy) ;

- *Garcinia verrucosa* (Vongobe).

- Par contre, les espèces indicatrices de mauvais sols sont :

- *Grangeria porosa* (Marasiro) ;
- *Ixora platythrysa* (Kimangamanga) ;
- *Anisophyllea fallax* (Hazomamy) ;
- *Clidemia hirta* (Sofinaombilahy) ;
- *Calantica cerasifolia*

5.1.2 - Le découpage du champ est aussi lié à l'appropriation foncière

Dans certaines circonstances, le propriétaire effectue un découpage de son champ durant les périodes de cultures. Dans un premier temps, il cultive le riz sur brûlis sur la totalité de la parcelle. Après une ou deux campagnes culturelles, il consacre une partie de la surface à d'autres cultures. Il poursuit l'exploitation d'une partie des parcelles en plantation de riz pluvial. une autre est transformée en cultures pérennes de cafiers ou de cacaoyers et une autre est mise en jachère. Notons que ce résultat est le fait d'un calendrier cultural chargé et d'une course à la colonisation foncière plus que d'une stratégie privilégiant l'autosubsistance. Plutôt que de valoriser les parcelles converties totalement (cultures de rente), les paysans préfèrent investir leur temps et leur énergie de travail à la colonisation d'un nouvel espace. Cette pratique n'a pas pour seul objectif de pallier aux problèmes de fertilité. Razafindrabe (2002) montre également que pour les non natifs ce découpage est conforme aux règles d'appropriation foncière.

La parcelle consacrée à des cultures pluviales est orientée, ainsi, progressivement vers des cultures pérennes. La parcelle laissée en jachère par contre continue d'être travaillée pour des cultures non pérennes en fonction de l'aspect de la végétation qui y pousse.

5.1.3 - La rotation culturelle est centrée sur la mise en jachère

La rotation des cultures existe dans presque toute la région. Cependant, le choix sur la durée de rotation dépend du propriétaire.

La décision sur l'implantation de cultures dépend, également, du propriétaire. En général. deux à dix ans de jachère (selon différents facteurs : topographie, pente, pédologie, exposition, etc.) succèdent aux cultures. Les espèces qui y poussent sont très diversifiées (arbres, arbustes, arbrisseaux, lianes, graminées, etc.). La pratique de la jachère est donc une méthode peu coûteuse pour reconstituer la fertilité naturelle du sol.

²³ Les relations entre les migrations de population et la déforestation: le cas de la bordure de la réserve spéciale de Manongarivo (Nord Ouest de Madagascar). Mémoire de DEA ESSA-Forêts. Antananarivo. 1998.

Durant les années de culture, une partie de la biomasse est exportée par la production et la fertilité du sol est reconstituée au cours de la période de jachère de sorte que chaque plante exploite une couche bien déterminée du sol.

5.1.4 - L'association d'espèces ne sert pas seulement à assurer la fertilité

Dans la majorité des cas, les paysans laissent sur les champs les grands arbres de la végétation initiale. Les paysans pensent qu'ils préserveront les qualités du sol et servent d'ombrage pour les cultures annuelles. C'est pourtant un désavantage pour le riz, car les arbres favorisent les pestes (fody et insectes). Cependant, Raherimanantsoa (2000²⁴) et Razafindrabe (2002) montrent également que les ligneux servent dans les zones de plaines à des fins énergétiques et de service et en montagne pour la construction et d'autres utilisations; mais les ligneux en montagne existent ailleurs que dans les parcelles cultivées...

Dans certaines pratiques culturales, le propriétaire fait associer dans un même champ la composante ligneuse: l'anacardier (*Anacardium occidentale*) et la composante non ligneuse l'ananas (*Ananas comosus*), des composantes ligneuses de légumineuses (*Albizia lebbeck*) et de cafiers ou des composantes ligneuses avec des vanilliers (*Vanilla fragrans*) ou de poivrier (*Piper nigrum*). Ces types d'associations sont localisés toujours dans les anciennes parcelles de tavy et sont permanentes.

5.1.5 - Les jardins de case ou "vohontrano" comme zone d'investissement maximum

Les cases sont situées généralement sur les bas de pente ou sur le sommet des collines dans un rayon de 25 mètres. Les principales raisons de cette disposition spatiale sont la proximité de point d'eau. Ces zones sont les plus sécurisées et jouissent des investissements (en temps de travail, fertilisation) maximum. Elles produisent en retour un maximum de profit économique pour les paysans.

Les paysans installent une sorte de jardin aux alentours de leurs cases. Ils y pratiquent un type d'association d'arbres fruitiers pérennes tels que manguier (*Mangifera indica*), jacquier (*Artocarpus heterophyllus*), cocotier (*Cocos nucifera*), sakoana (*Poupartia caffra*), kapokier (*Ceiba pentandra*) combinés avec des plantes vivrières à cycle court telles que manioc (*Manihot esculenta*), taro (*Colocasia antiquorum*), patate douce (*Ipomoea batatas*), maïs (*Zea mays*), ananas (*Ananas comosus*), bananier (*Musa sp.*), agrumes divers (*Citrus spp.*), canne à sucre (*Saccharum officinarum*), ambrevade (*Cajanus cajan*) appelée localement ambatry ou antsotry, tomate (*Lycopersicum esculentum*), haricot ou makadrodro (*Phaseolus sp.*), etc.

Dans ces endroits, les paysans procèdent inconsciemment à une fertilisation en jetant les déchets ménagers et les matières organiques fraîches ou sèches des résidus de récoltes comme fertilisants. En fait, la fertilisation des sols provient de l'accumulation et de la décomposition de la litière fournie par les détritus de végétaux laissés sur place après chaque récolte, par les feuilles et les branches mortes des ligneux (souvent exploités comme bois de service par les habitants, donc inexistant !) et surtout par le transport des éléments fertilisants qui proviennent de la partie haute de la pente. Les déchets sont dégradés au rythme de la nature.

5.2 - De l'observation de la végétation aussi est déduite l'organisation temporelle de l'agriculture

La végétation est encore considérée par les paysans sous l'aspect de la fertilité du sol qu'elle cache. La ressource forestière n'est donc considérée que comme réserve foncière même si presque la totalité des prélèvements de bois d'œuvre et de service est effectuée sur ces ressources (Raherimanantsoa 2002). La logique basée sur la réserve existante conduit alors à une organisation temporelle de "valorisation" de ces ressources qui se base sur la couverture végétale mais aussi sur la structure de la formation végétale.

5.2.1 - La couverture végétale caractérise les types d'utilisations et leurs évolutions dans le temps

Pour les paysans, à chaque type de formation secondaire correspond une utilisation particulière (RANAIVONASY, 1998) :

- La forêt primaire ou aty ala velono est une réserve considérée souvent comme inépuisable de produits nécessaires à la vie quotidienne (bois d'œuvre et d'énergie, gibier, plantes alimentaires et médicinales). C'est aussi le milieu le plus propice à la riziculture sur brûlis ou vary an-tetika car les produits incinérés sont quantitativement importants et qualitativement diversifiés.
- Pendant les quelques années qui suivent le tetika (une seule année à trois années successives suivant la fertilité du sol), la matrangy se met en place. C'est une formation végétale constituée par un tapis continu et dominée par des espèces graminées, par exemple, *Neyraudia arundinacea* appelée localement Antseho. Ce tapis est parsemé de semences forestières composées d'arbustes ou d'arbres

²⁴ Etude comparative de provenance des utilisations de bois dans la région Nord Est de Manongarivo. Mémoire de DEA ESSA-Forêts. Antananarivo. 2000.

issus de débris végétaux, de rejets de souche, de boutures, de racines ou parties calcinées de la végétation initiale. Les paysans l'utilisent comme champ de manioc, de canne à sucre pendant une ou deux années et l'abandonnent après. Alternativement, ils peuvent y cultiver des cafériers, des anacardiers ou des bananiers à titre définitif.

- Le trematrema succède ensuite au matrangy. La végétation est caractérisée par des espèces héliophiles c'est-à-dire des essences de lumière telles que *Trema orientalis* (*andrarezina*), *Harungana madagascariensis* (*harongana*). Dans certains endroits, il peut être dominé par le *Ravenala madagascariensis* (*mahabekabaro* ou *antrandra*). Ce stade de développement de la végétation n'est pas encore propice au tavy et pourtant les paysans l'utilisent selon leur disponibilité foncière et leur demande d'autosubsistance.
- Ensuite, le trematrema se transforme en savoka cinq à dix ans après le défrichement. C'est une formation végétale marquée par l'apparition des essences forestières ; les strates arborées et arbustives peuvent atteindre 10 à 15 mètres et le sous-bois est relativement pauvre. Les paysans le considèrent comme le domaine de la riziculture itinérante sur brûlis car la réserve de biomasse apporte une quantité satisfaisante de cendres et une intensité de feu intéressante pour les cultures.
- Enfin, la pseudo-steppe ou hiaka est le stade ultime de la dégradation de la végétation dominé par des espèces graminées. Elle est perçue par les paysans comme un stade de dégradation. Pour les uns, ce stade est définitif, aucune espèce n'y peut être cultivée pour les autres, il est encore réversible après un certain nombre d'années pour être transformé définitivement en cultures pérennes (cafériers, cacaoyers, anacardiers) !

5.2.2 - La structure de la formation végétale est plus liée à la fertilité.

Selon la connaissance locale, si la jachère est reconstituée, elle peut fournir aux sols des fertilisants organiques (humus) résultant de la décomposition de la phytomasse pouvant fournir aux champs des fumures organiques sous forme de litière en décomposition lente. Les paysans le pratiquent souvent car ils se fient beaucoup aux caractéristiques de la physionomie des peuplements végétaux (composition floristique, hauteur et densité du peuplement).

6 - Les paysans sont obligés de faire ce que les pouvoirs publics ne peuvent pas

Les études effectuées sur la perception de la fertilité montrent l'absence de l'état dans le système d'encadrement technique de l'activité agricole. Malgré le taux élevé d'alphabétisation (76% pour les hommes et 65% pour les femmes²⁵) à Madagascar, les expériences de recherche et le système de vulgarisation agricole ne fonctionnent pas correctement et échouent à apporter le soutien attendu par les paysans des zones enclavées comme dans la région de Manongarivo. Ce que l'état ne fait pas, les paysans doivent le faire, malheureusement, mais avec pour cadre temporel celle d'une vie humaine. Les ressources végétales qui dépassent cette échelle de temps font les frais de perpétuation d'une succession de recherche action qui peut faire parfois l'objet d'une déperdition importante de connaissances. Les recherches effectuées montrent les capacités paysannes qui ne méritent qu'à être renforcée pour casser le cycle de la dégradation. La vision paysanne devra pour cela être étendue à un niveau plus élevé pour que les systèmes actuels de gestion des ressources naturelles puissent être efficaces. La gestion spatiale du terroir devra dépasser le cadre limitatif de la production et de la fertilité des sols. Pour cela un renforcement doit être effectué sur des aspects économiques de mise en marché ou de contrôle des filières. Mais là aussi, d'autres contraintes, comme les voies d'évacuation et le manque de crédit, existent encore pour limiter les marges de manœuvre de communautés paysannes. En fin de compte on ne pourra pas se passer de l'Etat pour pérenniser les systèmes de production actuels.

Bibliographie

- Institut National de la Statistique. Enquête à indicateurs multiples. MICS 2000. Madagascar. 2001
- Raherimanantsoa Jean Michel. Etude comparative de provenance des utilisations de bois dans la région Nord Est de Manongarivo. Mémoire de DEA ESSA-Forêts. Antananarivo. 2000
- Ranaivonasy, Jeannin. Les relations entre migrations de population et la déforestation : le cas de la périphérie SW de la Réserve Spéciale de Manongarivo (NO de Madagascar). Mémoire de DEA. ESSA. Université d'Antananarivo 1998.
- RAZAFINDRABE Bam Etude des fondements des pratiques agroforestières, dominées par le café et le cacao aux abords et à l'intérieur de la réserve spéciale de Manongarivo : Cas de la vallée de l'Ambahatra. Mémoire de DEA en sciences agronomiques. ESSA-Forêts. Janvier 2002.
- Zamany Rufin. Etude des pratiques agroforestières dans la périphérie Sud-Ouest de la réserve spéciale de Manongarivo. Mémoire de DEA en sciences agronomiques. ESSA-Forêts; 2000

²⁵ Enquête à indicateurs multiples. MICS 2000. Madagascar. Institut National de la Statistique (Instat) 2001.

35. Les rhizobia natives de Madagascar et leur rôle dans la promotion de la culture de haricot

RAZAKATIANA Adamson Tsoushima Ernest^{1,2}, Randriambanona Herizo², Baohanta Rondro Harinisinana², Raherimandimby Marson¹, Christine Le Roux.⁵ Thierry Becquer³, Robin Duponois⁵ et Ramanankierana Heriniaina².

¹ Laboratoire de Biotechnologie et de Microbiologie, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, BP 906, Antananarivo 101, Madagascar.

² Laboratoire de Microbiologie de l'Environnement (LME), département « Ecosystèmes terrestres » Centre National de Recherches sur l'Environnement (CNRE), BP 1739, Antananarivo 101, Madagascar

³ IRD, UMR 210 Eco&Sols, CIRAD – INRA – SupAgro, 2 place Viala, 34060 Montpellier Cedex 1, France.

⁴ 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.

Résumé

Dans le cadre de la gestion durable de la fertilité du sol et la promotion de la production des légumineuses, cette étude consiste à décrire la diversité des souches de *Rhizobium* associées à haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) dans les sols des Haut plateaux de Madagascar et de sélectionner des souches efficaces des rhizobia, à partir de ces isolats, susceptibles d'être utilisées pour inoculer les semences de haricot. La capacité de ces souches à noduler le haricot a été étudiée *in vitro* et sous serre. 45 isolats ont été isolées dont 25 isolats proviennent du site agronomique de Lazaina, à proximité d'Antananarivo, région Analamanga et 20 isolats du site Moyen Ouest de la région de Vakinankaratra. Deux isolats codés RTL39g et MO4 se sont révélés plus performants, pour booster le développement du haricot et la production de nodules par rapport aux autres. L'identification moléculaire a montré que ces deux souches sont plus proches de *Rhizobium hainanense* et de *Rhizobium pisi*, des rhizobium des sols tropicaux.

Les souches de *Rhizobium* natives du haut plateau, isolées et identifiées au cours de cette étude ont été mélangées. Ce mélange appelé S1, a ensuite été testé, en serre, en association avec *Acaulospora sp.* et *Glomus sp.*, deux souches natives de champignon endomycorhizien (MVA).

Les résultats ont montré que l'association symbiotique S1-MVA constitue le partenaire symbiotique le plus adapté pour la culture de haricot, comparé à l'inoculation seule de S1 ou de MVA. L'inoculation de la culture de haricot avec S1-MVA a augmenté de manière significative la biomasse totale sèche du haricot et le nombre de nodules au niveau des racines jusqu'à 2,4 et 254 fois respectivement comparé à ceux mesurés sur témoin non inoculé. L'activité biologique du sol par la mesure de l'activité microbienne global, l'activité phosphatasique ainsi que la respiration induite par le substrat ont également été significativement intensifiée par ce traitement par rapport à celles enregistrées sur le témoin.

Ces résultats ainsi ont permis (i) d'identifier des isolats performants de Madagascar qui peuvent être utilisés pour la production d'inoculum, (ii) de trouver un nouveau couple symbiotique dont son exploitation constitue une voie prometteuse pour la fertilité du sol et l'amélioration de la production de haricot et les services agro-écologiques pouvant être apportés par cette plante.

Mots-clés : Rhizobia, endomycorhizes, symbiose, *Phaseolus vulgaris*, les activités biologiques du sol.

INTRODUCTION

Bien que fortement agricole, Madagascar ne peut répondre aux besoins alimentaires de la population. Dans un contexte de forte croissance démographique, accompagné de la réduction de la production agricole causée essentiellement par la fertilité du sol entre autre les déficiences en nutriment majeur (N et P) par les catastrophes naturelles (érosion) et les pratiques culturales rudimentaires (Sanchez et al. 1997), une amélioration voir un changement dans les pratiques agricoles sont donc nécessaires. L'utilisation de grande quantité de fertilisant n'est plus une solution et il faut aujourd'hui se tourner vers une agriculture plus respectueuse de l'environnement, une agriculture dite biologique. Cette approche utilise les ressources naturelles et contribue efficacement à la fertilité du sol, en exploitant les microorganismes (entre autres les champignons et les bactéries), pour leurs capacités de mobilisation et de recyclage des nutriments, du maintien de la structure du sol, de la stimulation de la résistance des plantes aux agents pathogènes et de leurs capacités symbiotiques pour une agriculture durable, avec pas ou peu d'intrants chimiques (Nwaga, 2001). Parmi ces microorganismes, on peut citer : i) les Rhizobia qui sont des bactéries du sol qui colonisent les systèmes racinaires de légumineuses (haricot) et fixent l'azote atmosphérique (Peoples et al. 1995) ; ii) les champignons mycorhiziens, symbioses obligatoires de plantes qui leur fournissent des ressources minérales, principalement le phosphore (P), en échange de photosynthèse (Smith et Read, 2008).

Dans cette étude, l'hypothèse émise est de savoir si le choix d'un couple d'inoculum des symbiotes microbiennes indigènes permettrait de gérer durablement la fertilité du sol par son propre composant microbien.

Pour cela, nous nous sommes fixés les objectifs suivants : (i) Décrire la diversité fonctionnelle des souches natives de rhizobium associées au haricot, (ii) déterminer les souches les plus infectives et effectives et enfin, (iii) sélectionner les couples symbiotiques rhizobium-mycorhize performantes à la fois pour la stimulation du développement des plants de haricot et de l'activité microbienne des sols de culture.

MATERIELS ET METHODES

1. Diversité génétique et efficience des souches de rhizobia associées à *Phaseolus vulgaris* sur les hautes terres de Madagascar

1.1. Description des sites d'études.

Nous avons travaillé sur 2 sites différents (Site1 et Site2) localisés respectivement dans deux régions du haut plateau, avec des conditions pédoclimatiques différentes. Le site 1, correspond à un site d'essai agronomique, situé dans le village de Lazaina (S 18°46'53.56", E 47°32'05.03"), à proximité d'Antananarivo, région Analamanga. Le site 2 est situé dans le Moyen Ouest de la Région de Vakinankaratra, et correspond à un réseau de vingt-deux petites parcelles paysannes situés dans trois villages: Andratsay (S 19°40'03.7", E 46°33'38.8"), Ankazomirioratra (S 19°39'58.8", E 46°32'15.1") et Vinany (S 19°36'33.2", E 46°28'10.2").

1.2. Collecte de nodules et isolement des souches

Les nodules racinaires de haricot (*Phaseolus vulgaris* L Var. Ranjonomby) ont été récoltés, au niveau des sites. Cette variété de haricot est largement cultivée sur les hautes terres de Madagascar et constitue une variété commerciale, très appréciée par les Malgaches et également partout dans le monde et dont le rendement à l'hectare est de 1000 à 1200 kg (MAEP, 2007).

L'isolement a été réalisé selon la méthode de Vincent, (1970). Les nodules stérilisés ont été écrasés individuellement dans un eppendorf stérile, contenant une goutte d'eau distillée stérilisée. L'opération a été réalisée dans des conditions d'asepsie totale (hotte à flux laminaire, pince flambée, ...) (Vincent, 1970; Beck *et al.* 1993). A l'aide d'une anse, flambée au bec Bunsen, le jus de nodule a été étalé sur des boîtes de Pétri contenant de milieu Yeast-Mannitol-Agar (YMA, Vincent, 1970).

Après isolement, 299 isolats purs ont été isolés de 299 nodules représentatifs de deux sites. Les souches isolées à partir de nodule de *P. vulgaris* ont été codés RTL et MO respectivement pour le site 1 (Lazaina) et le site 2 (Moyen Ouest).

1.3. Test d'infectivité des isolats

L'infectivité des souches isolées a été testée sur de plant de haricot *P. vulgaris* de la même variété « Ranjonomby » afin de sélectionner les souches qui sont capables de former des nodules sur cette plante.

Pour cela, des jeunes plantules stériles pré-germées ont été mises dans des tubes de 100 ml contenant de la vermiculite de taille fine, préalablement stérilisée et humidifiée. L'inoculation des racines a été effectuée 3 à 7 jours, après la mise en place de la plantule dans le tube. Le traitement non inoculé a servi de témoin.

Les plantes ont été disposées de façon aléatoire dans une chambre de culture in vitro. Les plantes ont été arrosées tous les deux jours avec de l'eau distillée stérilisée.

Après trois semaines de culture, les systèmes racinaires des plantes ont été séparés de leur substrat et la nodosité a été évaluée. Pour cela, les nodules ont été soigneusement détachés du système racinaire et comptés. Une souche est dite infective lorsqu'elle permet la formation de plus de 30 nodules par plantes

1.4. Test d'effectivité des isolats

Un essai en serre a été effectué, afin d'évaluer la performance et l'efficacité des isolats infectives et leur capacité à stimuler le développement des plants de haricots. Les isolats préalablement sélectionnés lors des tests d'infectivité (produisant plus de 30 nodules par plante) ont été utilisés comme inoculum.

Le déracinement de la plante a été effectué au stade de floraison du haricot, le poids sec de la biomasse (aérienne ou racinaire) des plantes a été mesuré après une période de séchage à l'étuve à 50°C, pendant 72 heures puis comparée à celle des plantes témoins non inoculées. Le taux de nodulation a été évalué en comptant le nombre de nodules par plante.

I.5. Caractérisation phylogénétique des rhizobia native de Madagascar.

I. 5.1 amplification d'ADN

La caractérisation moléculaire a été réalisée pour tous les isolats effectifs. Ces isolats ont été caractérisés sur une section de l'ADN qui permet une meilleure résolution, l'ITS 16S-23S (« Internal Transcribed Spacer » ou espaceur interne transcrit) région polymorphe se situant entre le gène nucléaire codant l'ARN ribosomique 16S et celui codant l'ARN ribosomique 23 S. Une colonie de cellules bactériennes sur milieu solide YMA a été prélevée et homogénéisée dans 20 µl d'eau ultra pure stérile par centrifugation à 14 000 tr / min pendant 2 min à température ambiante afin d'éliminer les débris cellulaires. Deux microlitres du surnageant contenant l'ADN de l'isolat bactérien a été amplifié par PCR, en utilisant les amores BR5 CTTGTAGCTCAGTTGGTAG (Willems et al. 2001) et FGPL132 'CCGGGTTCCCCATTGG (Ponsonnet et Nesme, 1994). L'amplification a été effectuée dans des microtubes de 100 µl contenant 25µl de volume final de réaction. Le mélange réactionnel comprend : 1X de tampon de réaction (MgCl₂ 1,5 mM) ; 200 pM de chaque deoxyribonucléoside triphosphate (dNTP) ; 5 mM MgCl₂ ; 0,8 pM de chaque amorce ; 0,62 U de la *Taq* polymérase (GoTaq®) et 2 µl du lysat d'ADN. La taille en paire de base des différentes bandes obtenues a été évaluée par comparaison à celles des marqueurs moléculaires utilisés.

I.5.2 Séquençage de l'ADNr 16S

Après une amplification par PCR du gène codant pour l'ARNr 16S, les produits de PCR ou l'amplifiat (15 à 20µl) ont été séquencés en utilisant la même amorce BR5. Le séquençage a été réalisé par Genoscreen à Lille, France. Les séquences ainsi obtenues ont été comparées à l'ensemble de celles déjà déposées dans les bases de données du NCBI (National Center for Biotechnology ; <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) (Altschule et al. 1997).

RESULTAT :

I. Test d'infectivité des isolats en chambre de culture (CIV)

Parmi les **299 isolats**, le test d'infectivité a montré que 45 isolats ont été capables de former plus de 15 nodules sur le haricot pour laquelle 25 isolats proviennent du site 1 (site Lazaina) et 20 isolats du site 2 (Moyen-Ouest) (Tableau 1).

Généralement, le nombre de nodules obtenus avec les isolats du site 2 a été plus élevé par rapport à celui des isolats du site 1. En effet, les 20 isolats du site 2 ont produit plus de 90 nodules par plante (appartenant aux groupes IV, V et VI), contre seulement 3 isolats du site 1 appartenant au groupe IV (RTL40D2 et RTL96E3) et au groupe V (RTL96A1) respectivement (Tableau1) Les groupes I et II sont principalement constitués par des isolats du site 1.

Les plants non inoculés n'ont présenté aucun nodule, ce qui témoigne l'absence totale de contamination lors des manipulations.

L'absence de nodules sur les plantes inoculées indique que les souches ne sont pas infectives ou qu'elles ne correspondent pas à des bactéries nodulant les légumineuses (ou BNL).

En se basant sur le critère de sélection énoncé précédemment, les isolats qui ont été caractérisés par des nombres de nodules inférieurs à trente (30) n'ont pas été considérés pour la suite de l'expérience. Il s'agit des isolats appartenant au groupe I (Tableau1). De ce fait, au total. trente-huit (38) isolats infectifs appartenant au groupe II, III ; IV, V et VI ont été testés pour leur capacité à favoriser le développement du haricot.

Tableau1. Nombre de nodule par plante après test d'infectivité

Code des souches	NN	GNN
MO48	165	VI (supérieure à 151 nodules)
MO59	163	
MO110	146	
MO116	145	
MO119	145	
MO58	141	
MO64	136	V (121 à 150 nodules)
MO38	123	
RTL96A1	122	
MO4	121	
MO49	120	
RTL96E3	116	
MO17	114	
MO16	113	
MO132	112	
MO117	108	
RTL40D2	106	IV (91 à 120 nodules)
MO20	106	
MO68	101	
MO19	99	
MO41	98	
MO111	98	
MO34	93	
RTL40B1	67	
RTL91E2	65	III (60 à 90 nodules)
RTL39M1	62	
RTL100F2B	58	
RTL40D	53	
RTL100B1-2B	52	
RTL39G1	51	
RTL40C1	49	
RTL40C	46	II (30 à 59 nodules)
RTL95a	45	
RTL39D1	40	
RTL39D	38	
RTL39J2-1	34	
RTL39G	30	
RTL100A	30	
RTL40D3	29	
RTL95E	29	
RTL39e	28	
RTL39F	28	I (1 à 29 nodules)
RTL39A	25	
RTL95B	24	
RTL100A1B	17	

Tableau 2. Biomasse totale et le nombre de nodule du haricot inoculé avec des isolats infectives du site 1 (A) et du site 2 (B)

Code des souches	Biomasse totale (g.plant ⁻¹)	SD	NN
RTL96a1	1,48 (a)	3,1	197(a)
RTL40b1	1,42(ab)	2,9	162(bc)
RTL39g	1,40(ab)	2,9	392(a)
RTL95a	1,39(ab)	2,9	189(b)
RTL40d2	1,37(ab)	2,8	213(b)
RTL40d	1,34(ab)	2,8	160(bc)
RTL91e2	1,32(ab)	2,7	210(b)
RTL40c1	1,28(ab)	2,6	242(ab)
RTL39d1	1,25(ab)	2,6	256(ab)
RTL39j2-1	1,24(ab)	2,6	188(b)
RTL96E3	1,22(ab)	2,5	253(ab)
RTL39g1	1,14(ab)	2,4	173(b)
RTL100f2b	1,14(ab)	2,3	228(ab)
RTL39d	1,13(ab)	2,3	274(ab)
RTL40c	1,13(ab)	2,3	210(b)
RTL39M1	1,08(ab)	2,2	233(ab)
RTL100a	1,04(ab)	2,1	206(b)
RTL100b1-2b	0,92(bc)	1,9	160(bc)
Témoin	0,47(c)	1,0	0(c)

Code des souches	Biomasse totale (g.plant ⁻¹)	SD	NN
MO 4	1,40(a)	2,9	311(a)
MO 17	1,22(a)	2,5	281(ab)
MO 48	1,21(a)	2,5	210(abc)
MO 16	1,15(ab)	2,4	271(ab)
MO 19	1,13(ab)	2,3	266(ab)
MO 49	1,12(ab)	2,3	265(ab)
MO 41	1,05(ab)	2,2	262(ab)
MO 111	1,03(abc)	2,1	191(abc)
MO 117	1,03(abc)	2,1	221(abc)
MO 20	1,02(abc)	2,1	302(ab)
MO 68	0,98(abc)	2,0	106(c)
MO 59	0,97(abc)	2,0	262(ab)
MO 38	0,92(abc)	1,9	295(ab)
MO 34	0,90(abc)	1,9	157(abc)
MO 116	0,90(abc)	1,8	159(abc)
MO 58	0,89(abc)	1,8	305(ab)
MO 132	0,84(abc)	1,7	191(abc)
MO 64	0,83(abc)	1,7	155(abc)
MO 119	0,81(abc)	1,7	163(abc)
MO 110	0,58(bc)	1,2	144(bc)
Témoin	0.47(c)	1,0	0 (d)

(Les données dans la même colonne suivie par la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman-keuls $p<0,05$. RTL : Isolats du site 1 (LAZAINA), MO : Isolat du site2, SD : Stimulation du développement des plantes par rapport au témoin non inoculé, NN : Nombre de nodule par plante, GNN : Groupe et classe des souches selon le nombre de nodule formé

II. Test d'effectivité de rhizobia sur le haricot

L'efficacité de ces 38 isolats a été évaluée en mesurant leur capacité à induire la formation de nodules et à améliorer la croissance du haricot en évaluant le poids sec de la biomasse totale (partie aérienne et partie racinaire).

En combinant les deux paramètres (nombre de nodule et biomasse totale), il a été remarqué que seuls les isolats RTL39g (Site 1, Tableau 2a) et MO4 (Site 2, Tableau 2b) avaient montré des performances très significatives par rapport aux autres isolats car capables à la fois de stimuler la formation des nodules et le développement des plantes. Les autres isolats ont été caractérisés, soit par des nombres de nodules moins élevés, soit par des biomasses totales faibles. Néanmoins, les isolats MO116, MO34, MO64 et MO110 ont été marqués par un faible nombre de nodules associé à une faible stimulation du développement des plants de haricot.

III. Position taxonomique des rhizobia performants associés au *P. vulgaris* de Madagascar

Les résultats obtenus après l'analyse phyllogénétique réalisée sur les 38 isolats infectifs ont montré que la plupart des isolats appartiennent au genre *Rhizobium* dont 18 se sont avérés être proches de *Rhizobium tropici*, *Rhizobium pisi*, *Rhizobium multihospitium*, *Rhizobium leguminosarum*, *Rhizobium giardini*,

Rhizobium sp et 1 *Rhizobium hainanense*. Les autres espèces sont: *Burkholderia gladioli* (1 isolat), *Bradyrhizobium* sp (2 isolats) et *Agrobacterium rhizogenes* (1 isolat). Ces résultats confirment que les sols tropicaux hébergent une quantité importante de souches de *rhizobium* (Pereira et al. 1991).

Les deux tests adoptés lors de cette étude ont permis d'avoir des isolats performants. Les isolats codés RTL39g et MO4, décrits comme étant les plus proches du genre de *Rhizobium hainanense* et de *Rhizobium pisi* respectivement, sont les plus efficaces.

Impacts de l'interaction rhizobium-mycorhize sur la dynamique de communauté microbienne du sol et sur le développement des plantes dans la culture de haricot.

Si les résultats montrent la performance de certaines souches de rhizobia à maximiser les productions agricoles et à améliorer la fertilité des sols, cette deuxième étude propose de voir les interactions de ces rhizobia avec les autres composantes microbiennes et plus particulièrement les endomycorhizes pour améliorer l'efficacité des inocula bien définies, susceptibles d'être apportés aux sols cultivés et aux plantes.

Par ailleurs, plusieurs auteurs ont déjà rapporté l'effet bénéfique et synergique entre les champignons mycorhiziens et des bactéries fixatrices d'Azote (Ballesteros-Almanza et al. 2010 ; Denison et Kiers 2011 ; Tavasolee et al., 2011). De plus, Larimer et al. (2010) ont révélé un effet additif global de la co-infection par le MVA et le rhizobium sur les réponses à la croissance des plantes. C'est, dans ce contexte que s'intègre cette étude dont l'hypothèse est de savoir i) d'une part, si la symbiose mycorhizienne optimiserait, de manière significative, le développement et le rendement de la plante hôte et interagirait significativement avec d'autres composantes microbiennes, tels que les rhizobia et ii) d'autre part, si le choix d'une pratique culturelle combinée à une inoculation de souche de MVA et/ou des rhizobia permettrait de gérer durablement la fertilité du sol sans apport de fertilisants minéraux en agissant sur les propriétés microbiennes du sol.

L'objectif principal assigné à cette partie consiste à évaluer la réponse du haricot à la double inoculation par le Rhizobium et le champignon MVA native, de sélectionner des souches microbiennes performantes à la fois pour la stimulation du développement des plants de haricot et l'activité microbienne des sols de culture.

Pour vérifier cette hypothèse, un essai de co-inoculation mycorhize-rhizobium sur le haricot en milieu contrôlé (serre) ont été réalisés.

En effet, les graines pré-germées de haricot (Variété Ranjonomby) ont été repiquées dans un godet en plastique opaque, de 1 litre, contenant le mélange de sol de culture et du sable (50/50 ; v/v) préalablement stérilisé dans l'autoclave à 121°C pendant 20mns. Le semi a été effectué à raison d'une plantule par pot. Quatre répétitions ont été réalisées, pour chaque traitement et les godets ont été repartis en randomisation totale, sous les conditions de la serre du Laboratoire de Microbiologie de l'Environnement. Les inocula ont été introduits 7 jours après le repiquage des graines pré-germées.

L'inoculum de champignons endomycorhiziens, constitué par les spores les plus abondantes du site1 (Lazaina), noté M1 (spores bruns de taille 50 µm correspond au genre *Acaulospora* sp.) et M2 (spore de couleur noire de taille 80µm correspond au genre *Glomus* sp.), a été mélangé avec le sol de culture à raison de 5g par godet. Ces traitements sont codés respectivement S0M1 et S0M2

Pour l'inoculum liquide de rhizobia (mélange de dix souches de rhizobia, sélectionné au niveau du site 1) codé S1MO, 5ml ont été injectés au niveau du sol à proximité des racines. Quatre répétitions ont été effectuées pour chaque traitement.

En ce qui concerne la co-inoculation (S1M1 et S1M2), 5 ml du mélange des 10 souches de rhizobia et 5g d'inoculum mycorhizien (M1 ou M2) ont été injectés à proximité des racines. Des godets non inoculés pour servir de témoin : S0Mo.

Les six traitements, composés des inoculés ou non inoculés, ont subi les mêmes conditions de culture. Aux termes de 45 jours de culture, les plantes de haricot ainsi que leurs sols rhizosphériques ont été récoltés. La hauteur, la biomasse sèche, la nodulation et le taux de mycorhization qui montre la croissance des plantes, ainsi que les activités microbiennes du sol qui se rapportent aux analyses des propriétés microbiologiques du sol ont été mesurés.

RESULTAT :

Le **Erreur ! Référence non valide pour un signet.** illustre l'influence de la co-inoculation sur les hauteurs, biomasses totales, nombre de nodules, le taux de mycorhization des plantes, ainsi que la propriété microbiologique du sol de culture. Pour les hauteurs, l'analyse des données montre que les valeurs les plus élevées ont été obtenues avec les traitements doubles inoculations (S1M1 22,2cm et S1M2 22,12 cm). Cette inoculation combinée améliore également de manière significative la biomasse totale de matière sèche par rapport au témoin (de 41%), passant de 0,13 g(S0M0) à 0,31g (S1M1) et 0,32g

(S1M1). Pourtant, la différence n'est pas significative entre le traitement avec S1 (inoculation rhizobiennne) (0.29 g) et la co-inoculation.

D'après ces résultats, le nombre de nodules, le taux de mycorhization des plantes et l'activité de la phosphatase acide et alcaline ont été affectés, à la fois, par l'inoculation rhizobiennne seule et par l'inoculation mycorhizienne seule, et avec des interactions de ces deux types de l'inoculum. Cependant, à $P < 0.05$, la co-inoculation a augmenté la nodulation de 77 à 89% par rapport à l'inoculation rhizobiennne seule. Le taux de mycorhization, qui était également nul en absence d'inoculation, a légèrement augmenté (12%) après l'inoculation avec des rhizobia (S1). Ce taux de mycorhization a augmenté de 30 à 63% pour l'inoculation mycorhizienne et de 80-95% pour la co-inoculation (Tableau 3).

Tableau 3. Effet des interactions des souches de MVA et Rhizobia sur le développement des plantes et l'activité microbienne du sol de culture.

Interaction	Unité	Traitements					
		S0M0	S1M0	S0M1	S0M2	S1M1	S1M2
H	cm	10±1,41(b)	14,37±5,43 (ab)	15,55±2,13 (ab)	15,55±2,13 (ab)	22,2±5,19 (a)	22,12±6,53 (a)
BT	g	0,13±0,005 (b)	0,23±0,10 (ab)	0,29±0,09 (a)	0,20±0,03 (ab)	0,31±0,07 (a)	0,32±0,11 (a)
NNP		0±0(c)	134±14,05 (b)	0±0 (c)	0±0 (c)	237±34,61 (a)	254±15,43 (a)
TM	%	0±0 (e)	11,5±14,45 (e)	62,5±14,29 (c)	30±2 (d)	80±4,89 (b)	95±1,63 (a)
FDA	µg.h-1.g-1de sol	32,4±18,45 (b)	175,83±18,20 (a)	168,69±38, 94 (b)	192,9±17,4 3 (ab)	226,5±46,95 (ab)	255,75±24,6 2 (a)
P. acide	µg.h-1.g-1de sol	0,06±0,07(c)	1,76±1,09 (bc)	5,49±3,44 (ab)	3,01±1,68 (bc)	4,55±2,34 (abc)	8,77±1,30 (a)
P. alcaline	µg.h-1.g-1de sol	0,16±0,06(c)	0,92±0,09 (bc)	0,68±0,05 (c)	1,92±0,62 (a)	1,61±0,58 (ab)	2,13±0,73 (a)

Les données contenues dans une même colonne suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman Keuls ($p<0,05$) **BT**: Biomasse totale ; **H** : hauteur; **NNP** : Nombre de nodule par plante, Taux de mycorhization ,

FDA: Quantité de fluorescéine di acétate hydrolysé ; **P acide** : phosphatase acide ; **P alcaline** : phosphatase alcaline **S₀M₀** : inoculation seule avec le mélange des souches des rhizobia ; **S₀M₁** : inoculation seul avec de souches de mycorhize **M₁** ; **S₀M₂** : inoculation seul avec de souches de mycorhize **M₂** ; **S₁M₁** : co-inoculation avec le mélange des rhizobia et la souche de mycorhize **M₁**; **S₁M₂** : co-inoculation avec le mélange des rhizobia et la souche de mycorhize **M₁**, **S₀M₀** : Témoin sans inoculation

DISCUSSION

Diversité génétique et efficience des souches de rhizobia associées à *P.vulgaris*

Plusieurs études ont été réalisées sur la présence de bactéries, dans diverses parties des plantes, comme les nodules, les racines, les tiges, les feuilles, les fleurs et les graines (Bulgarello *et al.*, 2013). Notre étude se rapporte sur l'isolement de bactéries fixatrices d'azote à partir de nodules frais de *P. vulgaris* var. Ranjonomby, la recherche de(s) isolat(s) effectue(s) et la position taxonomique de souches efficaces pour les espèces les plus proches. Il a été démontré par plusieurs auteurs, que la capacité à former des nodules dans la racine de la plante constitue l'un des critères de sélection des rhizobia (Gaunt *et al.*, 2001; Van Berkum *et al.*, 2003). Ce processus, appelé potentiel infectieux, est principalement influencé par le signal moléculaire établi entre la plante hôte et la population des rhizobia (Gage, 2004). Tout d'abord, nous avons choisi les sites d'études, par rapport à une forte densité de communauté de rhizobium natifs présente dans le sol. Parmi les 299 souches isolées, 45 ont la capacité de produire plus de 15 nodules par plante ; ensuite, l'effectivité a été faite sur les 38 souches les plus infectives. Les résultats ont montré que ces dernières sont capables d'établir une symbiose adéquate avec la variété locale de haricots permettant la formation de nodules favorisant la croissance des plantes. De plus, la position taxonomique de ces souches a révélé qu'elles appartenaient à divers clades phylogénétiques connues auparavant par des auteurs.

Généralement, parmi les isolats étudiés, des différences significatives ont été constatées au niveau de stimulation de la croissance de plante. Elles sont regroupées en 10 espèces selon l'espèce la plus proche. Deux isolats (RTL39g et MO4) identifiés taxonomiquement comme les espèces les plus proches de *R. hainanense* et *R. pisi* respectivement ont montré une capacité élevée à la fois pour établir de nombreux nodules et pour favoriser le développement de la variété locale du haricot. *R. hainanense* a été identifiée pour la première fois comme espèce de *rhizobium* associée au haricot par Chen *et al.* (1997), dans la province de Hainan, une région tropicale de Chine. Tandis que *R. pisi* est connue pour son efficacité à stimuler la croissance des plantes de haricot (Dall'Agnolet *et al.* 2014).

Nos résultats ont montré que *R. tropici* était l'espèce la plus dominante. Il a été noté que cette espèce a été trouvée à la fois dans le sol de ces deux régions, y compris les sols tempérés et tropicaux (Amarger et al. 1997, Anyango et al. 1995).

Interaction rhizobium-mycorhize

Des réponses positives des légumineuses aux symbioses rhizobiennes et MVA sont bien connues (Xie et al. 1995, Ndoye et al. 2015). Pour les expériences en serre, les résultats montrent une augmentation respective du rendement de 59% due à l'inoculation rhizobienne, 45% avec des champignons M et 44% avec co-inoculation champignons-rhizobia (Kaschuk et al. 2010). Cependant, seules quelques données montrent un effet synergique de la double inoculation (Ossler et al. 2015), alors que la plupart des résultats montrent que les effets de la double inoculation ne sont qu'additifs sur les performances des plantes (Larimer et al. 2010). Ces avantages synergiques de la double inoculation se produisent principalement dans les sols avec une disponibilité en N et de P (Mortimer et al. 2012). L'un des principaux mécanismes, par lesquels l'inoculation avec le champignon agit sur la fonction de la plante, semble être l'activité de la phosphatase, en particulier celle des phosphatases acides. En effet, les phosphatases sont des enzymes clés responsables de l'hydrolyse organique du phosphore (Tabatabai 1994), et impliquées dans la fourniture des besoins élevés en phosphore et en Azote (Sulieman et Tran 2015). Notre étude, réalisée sur des sols tropicaux avec une forte capacité de fixation de P et une faible disponibilité en N, a confirmé ces résultats et montré une interaction positive très significative entre les deux symbiotes sur le nombre de nodules et le taux de mycorhization.

Conclusion

En guise de conclusion, nos résultats ont permis, non seulement, de décrire la diversité fonctionnelle des souches natives de rhizobium associées à *P.vulgaris*, de sélectionner les souches les plus efficientes et performantes, mais aussi de vérifier les effets importants de la co-inoculation avec des rhizobia et des champignons MVA sur la croissance du haricot et la relation synergique qui existe entre ces deux types d'inoculum.

L'utilisation des résultats de cette expérience pourrait impacter, par la suite, la gestion de la qualité biologique du sol et améliorer de la production du haricot contribuant ainsi à la lutte contre l'insuffisance alimentaire du pays.

Références bibliographiques

- Altschuler, E. L., Hud, N. V., Mazrimas, J. A., & Rupp, B. (1997). Random coil conformation for extended polyglutamine stretches in aqueous soluble monomeric peptides. *Chemical Biology & Drug Design*, 50(1), 73-75.
- Amarger N., Macheret V. and Laguerre, G. 1997. *Rhizobium gallicum* sp.nov. and *Rhizobium giardinii* sp.nov. from *Phaseolus vulgaris* nodules. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 47: 996-1006.
- Anyango, B., Wilson K. J., Beynon J.L. and Giller K.E. 1995. Diversity of rhizobia nodulating *Phaseolus vulgaris* L. in two Kenyan soil with contrasting pHs. *Appl. Environ. Microbiol.* 61: 4016-4021.
- Ballesteros-Almanza L., Altamirano-Hernandez J., Peña-Cabriales J.J., Santoyo G., Sanchez-Yáñez J.M., Valencia-Cantero E., Macias-Rodriguez L., Lopez-Bucio J., Cardenas-Navarro R. et Farias-Rodriguez R. (2010) Effect of Co-Inoculation with Mycorrhiza and Rhizobia on the Nodule Trehalose Content of Different Bean Genotypes. *The Open Microbiology Journal.* , 4, 83-92
- Beck D.P., Materon L.A. et Afandi F. (1993) Practical Rhizobium-legume technology manual. (Eds. ICARDA), Syria, P.389.
- Bulgarelli D., Schlaepf K., Spaerpen S., van Themaat EVI, Schulze-Lefert P. (2013). Structure and functions of the bacterial microbiota of plants. *Annu. Rev. plant Biol.* 64: 807-838.
- Chen, C. S., Mrksich, M., Huang, S., Whitesides, G. M., & Ingber, D. E. (1997). Geometric control of cell life and death. *Science*, 276(5317), 1425-1428.
- Dall'Agnol, R. F., Ribeiro, R. A., Delamuta, J. R. M., Ormeño-Orrillo, E., Rogel, M. A., Andrade, D. S., ... & Hungria, M. (2014). Rhizobiumparanaense sp. nov., an effective N₂-fixing symbiont of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with broad geographical distribution in Brazil. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 64(9), 3222-3229.
- Denison, R. F., & Kiers, E. T. (2011). Life histories of symbiotic rhizobia and mycorrhizal fungi. *Current Biology*, 21(18), R775-R785.
- Gage D.J. 2004 . Infection and invasion of root by symbiotic, nitrogen-fixing rhizobia during Nodulation of temperate legumes. *Microbiol Mol Bio Rev.* 68(2) :280-300.
- Gaunt, M.W., Turner, S. L., Rigottier-Gois, L., Lloyd-Macgilp, S.A., Young, J.P., 2001. Phylogenies of *atpD* and *recA* support de small subunit rRNA-based classification of rhizobia. *Int. Syst. Evol. Microbiol.* 50, 2037-2048.
- Kaschuk G, Leffelaar PA, Giller KE, Alberton O, Hungria M, Kuyper TW (2010) Responses of legumes to rhizobia and arbuscular mycorrhizal fungi: a meta-analysis of potential photosynthate limitation of symbioses. *Soil Biol Biochem* 42:125-127

- Larimer AL, Bever JD, Clay K (2010) The interactive effects of plant microbial symbionts: a review and meta-analysis. *Symbiosis* 51:139-148
- MAEP (Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche). (2007). Mise en place de collection généalogique et de collections testées. Rapport final. Catalogue des variétés. Projet d'appui à la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar. 111 pages.
- Mortimer PE, Pérez-Fernández MA, Valentine AJ (2012) Arbuscular mycorrhiza maintains nodule function during external NH₄⁺ supply in *Phaseolus vulgaris* (L.). *Mycorrhiza* 22:237-245
- Ndoye, F., Kane, A., Diedhiou, A. G., Bakhoum, N., Fall, D., Sadio, O., ... & Diouf, D. (2015). Effects of dual inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia on *Acacia senegal* (L.) Willd. seedling growth and soil enzyme activities in Senegal. *International Journal of Biosciences*, 6(2), 36-48.
- Nwaga, D. (2001). Why should we develop a programme for biological agriculture to improve food production and soil fertility by a low input technology. *Biosci Proc*, 8, 13-33.
- Ossler JN, Zielinski CA, Heath KD (2015) Tripartite mutualism: Facilitation or trade-offs between rhizobial and mycorrhizal symbionts of legume hosts. *Am J Bot* 102:1332-1341
- Peoples, M. B., Herridge, D. F., & Ladha, J. K. (1995). Biological nitrogen fixation: an efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production?. *Plant and soil*, 174(1-2), 3-28.
- Pereira, J.C.; Vidor, C.; Lovato, P.E.; Penteado,A. de F.1991 Eficiência e capacidade competitiva de estírpes de Rhizobium leguminosarum bv. Phaseoli em feijão. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.26, p. 1073-1080.
- Ponsonnet, C., & Nesme, X. (1994). Identification of *Agrobacterium* strains by PCR-RFLP analysis of pTi and chromosomal regions. *Archives of Microbiology*, 161(4), 300-309
- Sanchez P A, Shepherd K D, Soule M J, Place F M, Buresh R J, Izac A M N, Mokwunye A U, Kwasiga F R, Ndiritu C G and Woomer P L (1997) Soil Fertility replenishment in Africa : An Investment in Natural Resource Capital. In Replenishing soil fertility in Africa. Eds. R J Buresh, P A Sanchez and F Calhoun. pp 1-46. SSSA Spec. Publ., Madison, WI.
- Smith S. et Read J., (2008) Mycorrhizal Symbiosis. Ed. Hardcover, 800 p.
- Suliman S, Tran LSP (2015) Phosphorus homeostasis in legume nodules as an adaptive strategy to phosphorus deficiency. *Plant Sci* 239:36-43
- Tabatabai MA (1994) Soil enzymes. In: Weaver RW, Angle JS, Bottomley PS (eds) Methods of Soil Analyses. Part 2. Microbiological and Biochemical Properties. Soil Science Society of America, Madison, pp 775-833
- Tavasolee A., Aliasgharzad N., SalehiJouzani G., Mardi M. and Asgharzadeh A. (2011) Interactive effects of Arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobial strains on chickpea growth and nutrient content in plant. *African Journal of Biotechnology*. Vol. 10(39), pp. 7585-7591.
- Van Berkum, P., Terefework, Z., Paulin, L., Suomalainen, S., Lindstrom, K., Eardly, B.D., 2003. Discordant phylogenies within the rrn loci of rhizobia. *J. Bacteriol.* 185, 2988-2998
- Vincent J.M.1970. A Manual for the practical study of the root-nodule bacteria, Internatinal biological programme Han-book 15.
- Willems, A., Doignon-Bourcier, F., Goris, J., Coopman, R., de Lajudie, P., De Vos, P., & Gillis, M. (2001). DNA-DNA hybridization study of *Bradyrhizobium* strains. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 51(4), 1315-1322.
- Xie ZP, Staehelin C, Vierheilig H, Wiemken A, Jabbouri S, Broughton WJ, Vogeli-Lange R, Boller T (1995) Rhizobial nodulation factors stimulate mycorrhizal colonization of nodulating and nonnodulating soybeans. *Plant Physiol* 108:1519-152

REMERCIEMENT

Ce travail a été supporté par le projet Fabatropimed, financé par Agropolis foundation sous la référence ID 1001-00.

36. Inoculation des graines et apport de phosphore, des pratiques prometteuses pour la culture du haricot en vue de son expansion dans le Moyen-Ouest du Vakinankaratra

Harimenja RAZAFINTSALAMA¹; Bodovololona Rabary² ; Heriniaina S. Ratsianerena³; Adamson T.E. Razakatiana⁴; Manitranirina Henintsoa¹ ; Heriniaina Ramanankierana⁴; Lilia Rabeharisoa¹ ; Thierry Becquer⁵

¹Laboratoire des Radiosotopes, Service de la Radioagronomie, BP 3383, Route d' Andraisoro, 101 Antananarivo ;²Centre National de la Recherche Appliquée au Développement Rural. Station Régionale de Recherche d'Antsirabe, BP 230,110 Antsirabe; ³Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, Département de Biologie et Ecologie Végétale, BP 906, 101 Antananarivo; ⁴Laboratoire de Microbiologie de l'Environnement, Centre National de Recherches sur l'Environnement, 17, rue Rasamimanana Fiadanana BP: 1739, 101 Antananarivo ;⁵Institut de Recherche pour le Développement, UMR Eco&Sols SupAgro, 2 place Viala, 34060 Montpellier

1. Introduction :

Avec la forte pression démographique, la population mondiale est estimée à atteindre 9 milliards d'ici 2050. La production agricole devrait ainsi suivre cette tendance pour satisfaire les besoins d'une population à forte croissance. Selon la FAO, la production alimentaire devrait connaître une augmentation de 50 à 70% (Diaz-Ambrona et Maletta, 2014). Madagascar n'échappe pas à cette situation car, avec un taux annuel de croissance de 3%, la population malgache devrait atteindre 28 millions d'habitants en 2020 (US Census, 2010).

Deux solutions peuvent être combinées pour accroître la production agricole : l'accroissement de la surface agricole et l'augmentation du rendement par unité de surface (Diaz-Ambrona et Maletta, 2014). Pour Madagascar, la saturation de l'utilisation des bas-fonds par la riziculture irriguée nécessite l'accroissement des surfaces cultivables par la valorisation des sols ferrallitiques, qui couvrent 46% des sols malgaches, et que l'on trouve sur les collines (*tanety*) (Rabeharisoa, 2004 ; Razafimahatratra, 2011). Cependant, ces sols présentent de grands problèmes de fertilité, notamment des carences en azote et en phosphore, alors que ces éléments sont des nutriments majeurs limitant la croissance et le développement des plantes (Vance *et al.*, 2003, Shahid *et al.*, 2009).

Afin de restaurer la fertilité de ces terres, la FAO (2012) suggère le développement de pratiques agricoles intégrant l'utilisation de légumineuses. Elles sont bien connues pour leur capacité à fixer l'azote atmosphérique grâce à la fixation symbiotique de l'azote (FSN) qui constitue une source d'azote renouvelable et écologiquement durable, pouvant compléter et/ou remplacer l'apport d'intrants azotés (Lazali et Drevon. 2014). Elles constituent également la deuxième source de nourriture pour l'homme, après les céréales, et elles représentent une source majeure de protéines. Parmi eux, le haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) est l'espèce de légumineuse la plus consommée dans le monde (Du *et al.*, 2014).

La fixation symbiotique est, cependant, limitée par plusieurs facteurs, dont la disponibilité du phosphore, l'incompatibilité entre les souches rhizobiennes et la plante hôte, l'acidité du sol (Shamseldin *et al.*, 2010). L'apport de phosphore peut améliorer la croissance des plantes en augmentant l'efficacité de la fixation biologique de l'azote (Makoi *et al.*, 2013). Des souches de *Rhizobium* hautement efficaces et compétitives et une quantité appropriée de phosphore pourraient considérablement augmenter la croissance des légumineuses et la fixation de l'azote.

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer les effets de l'apport de phosphore, de l'inoculation des graines par des souches de *Rhizobium* et de la correction du pH par l'apport de dolomie sur la productivité du haricot, afin de trouver des éléments de réponse pour améliorer le rendement de cette plante dans le Moyen Ouest du Vakinankaratra.

2. Matériel et méthodes :

L'étude a été mise en place dans le Moyen Ouest du Vakinankaratra, dans la commune rurale d'Ankazomirioratra, district Mandoto sur des sols ferrallitiques de *tanety*. Quatre sites ont fait l'objet de l'étude dont deux en 2014 (S1 et S2) et deux en 2015 (S3 et S4) avec les coordonnées géographiques suivantes : Site 1 (S:19°41'03.4"; E: 46°33'23.1"; 1167 m) ; Site 2 (S:19°40'31.2"; E:46°33'38.7"; 1171 m) ; Site 3 (S: 19°40'36.1"; E: 46°33'32.4"; 1171 m) et Site 4 (S: 19°39'40.6"; E: 046°33'24.2"; 1181 m).

Chaque site est un dispositif expérimental de 4 blocs correspondant à quatre répétitions et avec douze parcelles élémentaires par bloc. Les parcelles élémentaires avaient une dimension de 4m*2m, soit une superficie de 8m², chaque parcelle étant espacée de 50cm par l'intermédiaire de canaux pour éviter les contaminations entre traitements.

La variété de haricot utilisée était le RI-5-2 (http://www.fofifa.mg/ri_5_2.jpg), une variété produite par le FOFIFA, issue du croisement de 2 variétés « Ranjonomby » et « Ikinimba », avec un cycle variant de 70 à 80 jours. Le semis a été effectué en ligne avec un espacement entre lignes de 50 cm, la distance entre les graines étant de 20 cm.

Le phosphore a été apporté sous forme de triple superphosphate (TSP) à raison de 0, 50 et 200 kg P₂O₅ ha⁻¹. La dolomie a été apportée suivant 2 modalités, à raison de 0 ou 500 kg ha⁻¹. Le phosphore et la dolomie ont été apportés suivant les lignes de semis. L'inoculum utilisé est produit par le CNRE (Centre National de la Recherche sur l'Environnement) et est ajouté aux graines, juste avant le semis. Il s'agit d'un mélange de 10 souches performantes de *Rhizobium* sélectionnées à partir d'une large gamme de souches collectées sur les Hautes Terres de Madagascar (Lazaina : 18° 46'S; 47° 32'E), sur une association riz-haricot sur sol ferrallitique.

Des prélèvements ont été effectués au stade floraison du haricot, soit environ 45 jours après le semis, période durant laquelle l'activité biologique au niveau du sol rhizosphérique est à son maximum, pendant que la plante吸吸 le plus de nutriments. Huit plantes ont été collectées vers le milieu de chaque parcelle. Les sols rhizosphériques (sols soumis directement à l'influence des racines) issus des 8 plantes prélevées ont été soigneusement séparés de ces dernières et mélangés pour des analyses ultérieures. Les parties aériennes et racinaires de la plante ont été prélevées et séparées. Les nodules ont également été soigneusement séparés de la racine, comptés, puis isolés. L'ensemble des échantillons (biomasse aérienne, biomasse racinaire et biomasse nodulaire) ont été mis à l'étuve à 60°C pendant 48 heures avant d'être pesés.

L'analyse statistique des résultats a été effectuée avec le logiciel R, en utilisant l'analyse de la variance ANOVA, pour déterminer les différences statistiques entre les différents paramètres étudiés au seuil de signification alpha=0.05. Des tests de normalité de Shapiro-Wilk ont précédé l'ANOVA. Les données n'ayant pas respecté ces deux conditions ont subi une transformation de variables par box-cox puis soumises de nouveau à ce test avant d'être traitées par ANOVA. Le test HSD de Tukey a été utilisé pour la comparaison des moyennes.

3. Résultats :

Au stade floraison de la plante, les paramètres relatifs à la productivité, la biomasse aérienne, la biomasse racinaire, la nodulation (nombre et poids de nodules par plante) ont été évalués. Le rendement a été évalué au stade de maturité physiologique de la plante. Les résultats de l'ANOVA traitant les effets des facteurs étudiés sur les paramètres en relation avec la productivité de la plante sont présentés dans le Tableau 1.

L'apport de phosphore a des effets significatifs sur la productivité de la plante. Le même résultat a été observé sur l'inoculation. On a également constaté un léger effet de la dolomie, qui a permis d'augmenter significativement la production de biomasses et le rendement. L'effet interactif entre ces facteurs n'a été observé qu'entre l'apport de phosphore et l'inoculation.

L'effet significatif de l'apport de phosphore sur la productivité de la plante a été marqué par une multiplication du nombre de nodules par 3 passant de 15 à 44 plante⁻¹. Le poids de nodules par plante a également suivi cette même tendance et a été multiplié par 5, passant de 9 à 46 mg plante⁻¹. Par ailleurs, la biomasse aérienne a connu une augmentation significative de 35% allant de 1.3 à 1.9 g plante⁻¹.

L'inoculation a permis d'augmenter significativement le nombre et le poids de nodules par plante, de 11 et 12 fois respectivement. Le nombre de nodules était passé de 6 à 62 nodules par plante et le poids de 5 à 59 mg plante⁻¹, après inoculation. L'inoculation a également permis d'augmenter le rendement de 89% et la biomasse aérienne et racinaire de 32 et de 12% respectivement.

Tableau 16 : Analyse de la variance traitant les effets des apports de phosphore, de l'inoculation et de l'apport de dolomie ainsi que les interactions

	Nombre de nodules	Poids de nodules	Biomasse aérienne	Biomasse racinaire	Rendement	Teneur en N
	nodule plante ⁻¹	mg plante ⁻¹	g plante ⁻¹	g plante ⁻¹	kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹
Phosphore (P)						
p-value	<2e ⁻¹⁶	<2e ⁻¹⁶	0.000	0.000	<2e ⁻¹⁶	0.003
P ₀	14.5 ± 2.5 b	8.9 ± 1.9 b	1.3 ± 0.1 b	0.3 ± 0 b	27.7 ± 0.8 b	27.7 ± 0.8 a
P ₅₀	44.1 ± 6.5 a	40.9 ± 7.1 a	1.8 ± 0.2 a	0.4 ± 0 a	137.7 ± 11.2 a	26 ± 0.9 b
P ₂₀₀	43.6 ± 6.6 a	46.4 ± 8.4 a	1.9 ± 0.2 a	0.4 ± 0 a	164.5 ± 14.8 a	26.3 ± 0.9 b
Inoculation (I)						
p-value	<2e ⁻¹⁶	<2e ⁻¹⁶	0.044	0.001	0.000	0.002
I ₀	5.8 ± 1 b	5.4 ± 1.1 b	1.4 ± 0.1 b	0.35 ± 0 b	86.8 ± 3.8 b	24.8 ± 0.6 b
I ₊	62.4 ± 5.2 a	58.7 ± 6.7 a	1.9 ± 0.1 a	0.39 ± 0 a	164.2 ± 11.9 a	28.5 ± 0.8 a

Dolomie (D)						
p-value	0.004	0.419	0.000	0.751	0.000	0.492
L ₀	30.4 ± 4.4 b	30.8 ± 5.7 a	1.5 ± 0.1 b	0.4 ± 0 a	105.8 ± 6.9 b	26.8 ± 0.7 a
L ₊	37.7 ± 5.0 a	33.3 ± 5.4 a	1.8 ± 0.1 a	0.4 ± 0 a	145.1 ± 11.5 a	26.6 ± 0.7 a
Interactions	p-value					
P*I	0.000	0.000	0.726	0.001	0.007	0.273
P*D	0.626	0.409	0.002	0.794	0.229	0.235
I*D	0.009	0.940	0.070	0.929	0.176	0.699
P*I*D	0.053	0.100	0.465	0.195	0.729	0.873

Sur une même colonne, les valeurs représentent la moyenne ± écart type de la moyenne. Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes entre elles au seuil $\alpha=5\%$.

4. Discussions

Le phosphore et l'azote sont des éléments essentiels, indispensables pour la croissance et le développement de la plante (Vance *et al.*, 2003). Pour les légumineuses, la nutrition azotée de la plante est assurée essentiellement par la fixation symbiotique de l'azote. Cependant, ce processus est fortement influencé par la faible disponibilité du phosphore pour la plante étant donné qu'il consomme beaucoup d'énergie sous forme d'ATP (Amâncio et Stulen, 2004). Les résultats obtenus ont montré que le phosphore a beaucoup influencé la productivité de la plante. Ceci a commencé avec son influence sur la nodulation ayant permis de multiplier le nombre de nodules par plante par 3 fois et le poids de nodules par 5. La production de biomasses (aérienne et racinaire), ainsi que le rendement ont également été affectés positivement par cet apport de phosphore. Ces paramètres liés à la productivité de la plante sont également corrélés positivement avec la disponibilité du phosphore dans le sol. L'apport complémentaire de phosphore au sol contribue donc à assurer à la fois le développement de la plante et la réussite de la fixation symbiotique de l'azote.

Des effets significatifs de l'inoculation sur ces mêmes paramètres ont également été observés, ce qui met en valeur l'importance de l'introduction de souches de *Rhizobium* dans le sol, surtout quand aucune légumineuse n'a été cultivée sur la parcelle auparavant. Ceci indique également que les souches natives de *Rhizobium*, présentes dans cette zone d'étude, ne sont pas efficientes pour permettre une bonne réussite de la fixation symbiotique et pour améliorer ainsi la nutrition azotée de la plante. L'inoculation a aussi permis d'augmenter significativement de 15% la teneur en azote de la biomasse aérienne, qui est passée de 25 à 29 g kg⁻¹, ce qui démontre la réussite de la fixation symbiotique de l'azote après inoculation.

Pour optimiser la fixation symbiotique, l'apport combiné de phosphore et l'inoculation par des souches de *Rhizobium* promeut une meilleure productivité du haricot. Nos résultats ont montré que la combinaison de l'apport de phosphore et de l'inoculation a permis d'obtenir une meilleure nodulation comparé au traitement sans apport de phosphore et sans inoculation avec des valeurs passant de 1 à 79 nodules par plante (Figure 1).

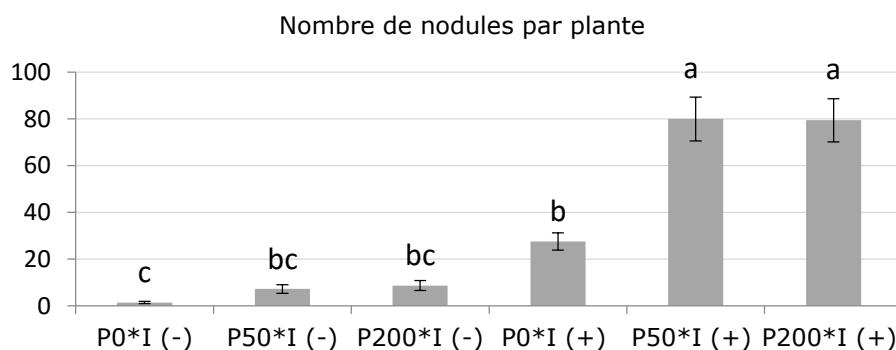


Figure 23 : Effet interactif de l'apport de phosphore et de l'inoculation sur le nombre de nodules par plante

Outre leur importance sur la restauration de la fertilité du sol (Bargaz *et al.*, 2012), les légumineuses sont des sources importantes de protéines pour l'alimentation humaine après les céréales et jouent ainsi un rôle majeur dans la promotion de la sécurité alimentaire (Tharanathan et Mahadevamma, 2003 ; Du *et al.*, 2014 ; FAO, 2016).

5. Conclusion :

L'introduction des légumineuses dans les systèmes de culture pluviale est une pratique très importante pour assurer à la fois, une meilleure restauration de la fertilité des sols de *tanety* et d'améliorer également la qualité nutritionnelle, le haricot étant la légumineuse la plus consommée dans le monde. Sa productivité est fortement influencée par la disponibilité du phosphore et l'inoculation. Cette étude a permis de mettre en évidence l'importance du phosphore, de l'inoculation et de l'apport de dolomie sur la productivité du haricot en vue d'une expansion de cette culture dans le Moyen-Ouest du Vakinankaratra.

Par ailleurs, outre les résultats relatifs à la productivité de la plante, les paramètres en relation avec le sol (qualité microbiologique et physico-chimique), en fonction de ces trois apports méritent également d'être étudiés pour mieux comprendre leurs interactions avec la productivité de la plante.

Cependant, les rendements du haricot sont encore modestes, malgré leur augmentation significative après inoculation, apports de phosphore et de dolomie. Des études doivent encore être poursuivies afin de voir si d'autres carences (micronutriments...) ou d'autres interactions biologiques (souches de *Rhizobium* plus efficientes ; co-inoculation avec des mycorhizes...) pourraient encore améliorer les rendements afin de rendre la culture du haricot plus attractive pour les agriculteurs du Vakinankaratra.

6. Références bibliographiques :

- Amâncio, S., Stulen, I. (Eds.), 2004. Nitrogen acquisition and assimilation in higher plants, Plant ecophysiology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht ; Boston. 299p.
- Bargaz, A., Lazali, M., Amenc, L., Abadie, J., Ghoulam, C., Farissi, M., Faghire, M., Drevon, J.-J., 2013. Differential expression of trehalose 6-P phosphatase and ascorbate peroxidase transcripts in nodule cortex of *Phaseolus vulgaris* and regulation of nodule O₂ permeability. *Planta* 238, 107–119.
- Diaz-Ambrona, C.G.H., Maletta, E., 2014. Achieving global food security through sustainable development of agriculture and food Systems with regard to nutrients, soil, land, and waste management. *Current Sustainable/Renewable Energy Reports* 1, 57–65.
- Du, S., Jiang, H., Ai, Y., Jane, J., 2014. Physicochemical properties and digestibility of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) starches. *Carbohydrate Polymers* 108, 200–205.
- FAO, 2012. Global food losses and food waste. FAO, Rome, Italy, 38 p.
- FAO, 2016. Soils and pulses: symbiosis for life. 104p.
- Lazali, M., Drevon, J.J., 2014. The nodule conductance to O₂ diffusion increases with phytase activity in N₂-fixing *Phaseolus vulgaris* L. *Plant Physiology and Biochemistry* 80, 53–59.
- Makoi, J.H., Bambara, S., Ndakidemi, P.A., others, 2010. Rhizosphere phosphatase enzyme activities and secondary metabolites in plants as affected by the supply of '*Rhizobium*', lime and molybdenum in *Phaseolus vulgaris* L. *Australian journal of crop science* 4, 590–597.
- Rabeharisoa, 2004. Gestion de la fertilité et de la fertilisation phosphatée des sols ferrallitiques des Hautes Terres de Madagascar. Thèse de doctorat d'Etat es Sciences Naturelles. 199 p.
- Razafimahatratra H.M., 2011. Sols malgaches et spectroscopie dans le moyen infrarouge : classification, caractérisation et sensibilité au climat. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Spécialisation Agriculture. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. 214 p.
- Shahid M. Q., M. F. Saleem, H. Z. Khan and S. A. Anjum., 2009. Performance of Soybean (*Glycine max* L.) under different phosphorus levels and inoculation. *Pakistan J. Agr. Sci.* 46(4), 237–241.
- Shamseldin,A., Moawad,H.,2010. Inhibition of nitrogenase enzyme and completely suppression of nodulation in common bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) at high levels of available nitrogen. *American-Eurasian J.Agric & Environ. Sci* 7(1), 75-79.
- Tharanathan, R., Mahadevamma, S., 2003. Grain legumes-a boon to human nutrition. *Trends in Food Science & Technology* 14, 507–518.
- U.S. Census Bureau, 2012. Statistical Abstract of the United States. 836-838.
- Vance, C.P., Uhde-Stone, C., Allan, D. 2003. Phosphorus acquisition and use: critical adaptation by plants for securing non-renewable resources. *New Phytologist* 15, 423-447.

37. Gestion de la qualité du lombricompost pour favoriser le développement de la biodiversité microbienne du sol et le développement du haricot (*Phaseolus vulgaris*)

BAOHANTA Rondro Harinisainana ², Andrianarimanana H.T.¹, Andrianandrasana D.M.², Randriambanona H.², Razakatiana A.T.^{1,2}, Duponnois R.³, Ramanankierana H.²

(¹) Laboratoire de Biotechnologie-Microbiologie (Université d'Antananarivo Madagascar)

(²) Laboratoire de Microbiologie de l'Environnement-Centre National de Recherches sur l'Environnement Antananarivo Madagascar

(³) Laboratoire des Symbioses Tropicales et Méditerranéennes-IRD Montpellier, France

Résumé

Le lombricompost est un mini-écosystème fragile aux multiples bienfaits car il est impliqué à la fois dans l'amélioration de la qualité biologique du sol de culture, donc de sa fertilité, mais aussi dans la stimulation du développement de la plante, par diverses mécanismes. Toutefois, peu d'études ont été effectuées sur les potentialités de ce produit, aussi bien au niveau des agriculteurs qu'au niveau des chercheurs. Les objectifs principaux de cette étude ont été de décrire et d'améliorer les propriétés microbiologiques des lombricomposts en fonction de la composition des substrats d'origine et du mode de stockage en valorisant les ressources naturelles disponibles localement. Pour ce faire, les propriétés microbiologiques et chimiques (azote totale, en phosphore assimilable et en carbone total, pH) des lombricomposts produits par une ONG très connue (ONG TATA), sise à Antananarivo et un des fertilisants biologiques déjà commercialisés dans la grande île ont été décrites. Ensuite, l'évolution de la propriété microbiologique et chimique, en fonction de la composition du substrat utilisé et du temps de stockage des produits finis, a été suivie. Et enfin, les impacts de chaque type de fertilisants (lombricompost amélioré, lombricompost de l'ONG TATA et fertilisant biologique commercialisé codé FBX) sur le développement du haricot, *Phaseolus vulgaris* ont été évaluées en conditions contrôlées.

Il a été observé que les lombricomposts analysés lors de cette étude ont été performants, en tant que fertilisant biologique. En effet, ils contiennent des quantités non négligeables de microorganismes bénéfiques pour le sol de culture et pour les plantes, tels que les actinomycètes, les fungi, les Pseudomonas fluorescents, les bactéries capables de solubiliser le phosphate, les Azotobacter, et les Rhizobium. Des teneurs significativement élevées en éléments nutritifs (N, P, C) ont été également enregistrées. Cependant, il a été observé que la durée de la phase de maturation et le temps de stockage ainsi que l'ajout de la poudre de roche volcanique dans le substrat ait amélioré la qualité du lombricompost avec une amélioration très nette de l'activité microbienne après 30 jours de stockage. Lors de l'expérience en conditions contrôlées, l'utilisation du lombricompost a significativement stimulé le développement du haricot : *Phaseolus vulgaris*. Le développement le plus marquant a été obtenu en combinant les substrats organiques avec de la roche volcanique à 5 et à 10% (v/v). En effet, la biomasse racinaire et aérienne, la formation des nodules et le nombre des fleurs du haricot ont été tous significativement élevé avec ces deux types de lombricompost par rapport aux témoins. Ces paramètres témoignent un bon processus de développement de la plante. De ce fait, il convient de l'utiliser ce type de fertilisant dans le cadre des cultures maraîchères pour garantir des résultats optimales en matière de rendement, de développement et d'état sanitaire des plantes.

Introduction

Deux problèmes majeurs méritent d'être traités : d'une part la faible productivité des sols de Madagascar liée principalement à leur dégradation, et d'autre part, l'accumulation des déchets, sans aucun dispositif de gestion durable (Roederer, 1970). La technique de compostage est l'une des méthodes de gestion de déchets les plus connues et faciles à mettre en œuvre au niveau paysan, pour transformer les déchets organiques fermentescibles en un composé stable et riche en éléments fertilisants, du fait de l'action combinée des organismes (macro et microorganismes) (Taiwo, 2011). Malheureusement, ce composé est peu valorisé à Madagascar car la majorité des paysans ne connaissent pas sa potentialité dans l'agriculture. Par ailleurs, peu d'études ont été réalisées concernant la description de ses qualités physico-chimique et biologique. Lors de cette étude, une attention particulière a été portée sur le procédé de lombricompostage qui est une méthode de production du lombricompost, sous l'action d'un ver spécifique appartenant généralement à la famille des Lumbricidae. La spécificité de ce projet a été la valorisation d'une ressource naturelle disponible en grande quantité, mais peu valorisée qui est la *roche volcanique*, en tant que composante du substrat à utiliser lors du compostage. Or, il a été maintes fois rapportées que cette roche contient des quantités considérables d'éléments, tels que le phosphore, l'azote, etc., et est facilement dégradée par les microorganismes (Walker & Pavía, 2011). De ce fait, l'objectif principal a été de décrire les propriétés chimiques et microbiologiques des lombricomposts produits par l'ONG TATA et ceux produits au laboratoire, en se basant sur la composition du substrat et le temps de stockage du produit fini. Pour ce faire, les objectifs spécifiques ont été de i) mettre en place, au niveau du laboratoire, une unité de production de lombricompostage, ii) d'évaluer les effets du temps de stockage sur les propriétés des lombricomposts et iii) de décrire les effets de l'utilisation de la roche volcanique en tant

qu'éléments constitutifs du substrat sur les propriétés chimiques et microbiologiques des lombricompost produits au laboratoire.

Matériaux

- Le substrat est constitué essentiellement des déchets végétaux tels que les pulpes de fruits et légumes, paille de riz, feuille verte (brède, sesbania...)
- La roche volcanique a été collectée à Antsirabe. Il a été broyé jusqu'à l'obtention d'une poudre fine.
- La plante maraîchère est le haricot (*Phaseolus vulgaris*) de la famille de Fabaceae.
- Le ver (lombric) est un ver étranger de l'espèce *Eisenia fetida* de la famille des Lumbricidae.
- Les lombricomposts de référence ont été prélevés dans le site de production de l'ONG TATA, sis à Ambohimanambola, le jour même où les lombricomposts produits au laboratoire sont terminés, avec deux types dont un **lombricompost frais codé LPF** et un **lombricompost stocké codé LPS** en tas et à l'air ambiant pendant 30 jours.
- Un fertilisant biologique codé FBX ainsi que l'engrais NPK (11, 22, 16) ont été également utilisés comme références

Méthodes

1. Production de lombricompost au laboratoire

Des déchets organiques servant de substrat pour le lombricompostage ont été découpés, puis trempés dans une cuve contenant du fumier de zébu et de l'eau pendant 10 jours avant le démarrage du lombricompostage proprement dit. Chaque lombricomposteur (30 x 30 cm) contient 500g de substrats pré-compostés ayant reçu respectivement les traitements suivants : 5gs de poudre de roche volcanique mélangés avec le substrat pour 5 lombricomposteurs (codé LPV5), 10g de poudre de roche volcanique mélangée avec le substrat pour 5 lombricomposteurs (codé LPV10) et 0g poudre de roche volcanique pour 5 lombricomposteurs (codé LPTM). Les lombrics ont été déposés directement sur le tas et l'ensemble a été recouvert avec des feuilles mortes pour éviter les insectes. Un arrosage régulier (tous les 2 jours) avec du purin constitué par le mélange de feuilles de sesbania, de peaux de fruits et des brèdes a été effectué afin de maintenir l'humidité ou pour favoriser la fermentation du substrat. La décomposition des substrats est déterminée par la diminution de la hauteur des aliments et la couleur noirâtre et humifère du produit indique la fin du lombricompostage. Les lombricomposts débarrassés des vers et des œufs ont été par la suite tamisé puis analysés.

2. Analyses microbiologiques des produits

2.1. Dénombrement des microorganismes à activités fonctionnelles

Les microorganismes ciblés lors de cette étude ont été dénombrés sur les milieux de culture solidifiés suivants : PDA ou « Potatoes Dextrose Agar » pour les microflores fongiques (Griffith, 2007) (10 jours à 30°C), le milieu King B pour le pseudomonas du groupe des fluorescent (King et al., 1954) (48 heures à 30°C), le milieu TCP ou tricalcium orthophosphate pour les bactéries solubilisant le phosphate (48 heures à 25°C), Le milieu « Ashby's Mannitol Agar » pour les Azotobacter, des bactéries libres fixatrices d'azote (Rao, 1977). (5 jours à 37°C) et enfin, le milieu Waksman, pour les actinomycètes (Waksman, 1961) (7 jours à 30°C). Le nombre de microorganismes est exprimé en nombre d'Unité Formant Colonie ou UFC par gramme d'échantillon qui est calculé en utilisant la formule suivante :

$$[N] = \frac{\sum \text{Colonies}}{V_{ml} \times (n_1 + 0,1 n_2) \times d_1}$$

Avec, **N** : Nombre d'UFC par ml de produit initial ; **Σ Colonies** : somme des colonies des boites interprétables (2 boites par dilution) ; **V_{ml}** : Volume de solution du produit déposé dans les boites ; **n₁** : nombre de boites considérées à la première dilution retenue (2 boites) ; **n₂** : nombre de boites considérées à la seconde dilution retenue (2 boites) ; **d₁** : facteur de dilution de la première dilution retenue (dans notre cas 3)

2.2. Analyse de l'activité microbienne globale

L'activité microbienne globale a été évaluée selon la méthode de l'hydrolyse d'un substrat chimique, la Fluorescéine DiAcétate ou 3',6'-diacetyl fluorescéine (FDA), dégradé par la majorité des enzymes extra-cellulaire (Alef, 1998).

3. Expérience sous serre : effets des différents types de fertilisants sur le développement du haricot

Les six (6) types de fertilisants, à savoir LPS, LPF, LPTM, LPV5, LPV, FBX et le NPK ont été utilisés sur le haricot en conditions contrôlées ($T^{\circ}25^{\circ}\text{C}$, 12h de photopériode), à raison de 10g pour 200g de sol stérilisé. Le sol de culture provient d'un site d'expérimentation du CNRE et il s'agit d'un sol qui n'a reçu aucun apport de fertilisants, dans les 5 dernières années. La hauteur des plantes (collet-bourgeons terminaux), le nombre des nodules formés ainsi que le nombre des fleurs ont été comptés après 45 jours de culture.

Traitement 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).

- 1) Effet du temps de stockage sur la qualité du lombricompost
- 2) Effet de l'ajout de poudre de roche volcanique 5% et 10% dans le substrat
- 3) Etudes comparatives des lombricomposts produits au labo et par l'ONG TATA avec d'autres fertilisants commercialisés (1 fertilisants codé FBX)
- 4) Développement du haricot en fonction du type de fertilisant

Interprétation des résultats et discussion

1. Effet du temps de stockage sur la qualité du lombricompost

Le tableau 1 montre les résultats de l'étude des effets du temps de stockage sur la qualité microbiologique des lombricomposts produits par l'ONG TATA, codé respectivement LPF et LPS. Il a été observé que le lombricompost stocké LPS est significativement riche en microorganismes bénéfiques, tels que les Pseudomonas du groupe des fluorescents, les bactéries capables de solubiliser le phosphate pour libérer le phosphore, les Azotobacter et les Actinomycètes. L'augmentation du nombre de ces groupes de microorganismes est due à la maturation du lombricompost, durant laquelle l'activité microbienne augmente par la présence des quantités de matières organiques dans le lombricompost (Andrianarimanana, 2014 ; Villar *et al.*, 2017).

Tableau 1 : *Effet du temps de stockage sur la qualité microbiologique du lombricompost*

Paramètres microbiologiques	LPF	LPS
Activité microbienne globale ($\mu\text{g}/\text{h/g}$)	$334,26 \pm 11,36$ (a)	$339,1 \pm 7,5$ (a)
Microflore fongique (UFC/g)	$2363,6 \pm 299$ (b)	$1919,00 \pm 139$ (a)
Pseudomonas fluorescent (UFC/g)	$1131,33 \pm 273,39$ (a)	$2525 \pm 851,58$ (b)
Bactéries solubilisant le phosphate (UFC/g)	$474,67 \pm 139,71$ (a)	$2161,67 \pm 299,11$ (b)
Azotobacter (UFC/g)	$1777,77 \pm 194,82$ (a)	$1696,96 \pm 60,61$ (a)
Actinomycètes (UFC/g)	$2464,67 \pm 337,44$ (a)	$10262,3 \pm 152,14$ (b)

Les données dans la même ligne, suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman-Keuls ($p < 0,05$)

Des études ont déjà montré que le nombre de microorganismes diminue pendant le processus de lombricompostage (Aira & Domínguez, 2009) et que cette diminution n'affecte pas les champignons (Korniłowicz-Kowalska & Bohacz, 2010), ce qui expliquerait le nombre élevé de flores fongiques, dans le lombricompost frais. La diminution du nombre de champignons dans le lombricompost stocké pourrait être due à la diminution de l'humidité du lombricompost.

2. Effets de l'ajout de la poudre de roche volcanique

D'après les analyses effectuées sur les propriétés microbiologiques des lombricomposts produits au laboratoire du CNRE (tableau 2), la densité des microorganismes bénéfiques pour les plantes dans les lombricomposts mélangés avec 5% et 10% de poudre de roche volcanique a été significativement élevée par rapport à celle qui a été observée dans le lombricompost LPTM qui n'a pas reçu l'apport de poudre de roche volcanique. Selon Walker & Pavía (2011), la poudre de roche volcanique est une source importante de matériel paramagnétique, c'est-à-dire qu'elle acquiert une aimantation de même sens que le champ magnétique dans lequel elle est plongée, mais elle perd cette aimantation lorsqu'elle est sortie du champ. Ces substances ont un effet important sur la fertilité et la vitalité des organismes vivants du sol étant donné que ce champ magnétique attire les organismes vivants. De plus, la poussière minérale volcanique en poudre est une source excellente d'éléments nutritifs pour les plantes et les microorganismes du fait de leurs constituants (Abdallah *et al.*, 2017).

Tableau 2 : Effets de l'ajout de la poudre de roche volcanique

	LPTM	LPV5	LPV10
Activité microbienne globale ($\mu\text{g}/\text{h/g}$ de sol)	178,46 (a) \pm 17,91	278,46 (b) \pm 19,9	281,23 (b) \pm 19,3
Flore fongique (UFC/g de sol)	2181,6 (a) \pm 105,07	2363,67 (b) \pm 152,51	2464,67 (c) \pm 21,50
Pseudomonas fluorescent (UFC/g de sol)	868,67 (a) \pm 212,75	1030,33 (b) \pm 60,50	1353,67 (b) \pm 365,17
Bactéries solubilisant le phosphate (UFC/g de sol)	3475 (a) \pm 212,70	10060,67 (b) \pm 37,11	10262,30 (b) \pm 152,51
Azotobacter (UFC/g)	1515 ,15 (a) \pm 218,51	2545,45 (b) \pm 848,48	2646,46 (b) \pm 29,97
Actinomycètes (UFC/g)	1353,67 (a) \pm 365	2646,33 (b) \pm 29,97	3939,00 (c) \pm 378,46

Les données dans la même ligne, suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman-Keuls ($p<0,05$)

3. Etude comparative des fertilisants biologiques

D'après les analyses microbiologiques réalisées et les tests de comparaison entre les fertilisants produits en laboratoire, ceux produits par l'ONG TATA et le fertilisant biologique FBX (Tableau 3), ce dernier est particulièrement caractérisé par le fait qu'il est significativement faible ou totalement dépourvu de microorganismes bénéfiques pour les plantes. Les bactéries du groupe des Pseudomonas fluorescents y sont totalement absentes, alors que ces microorganismes sont impliqués dans le mécanisme de protection de la plante contre les agents pathogènes et la mobilisation du phosphore. Plusieurs auteurs affirment que les lombricomposts contiennent une diversité énorme de population microbienne plus particulièrement les bactéries, les champignons, et les actinomycètes (Daval *et al.*, 2011). La présence de ces microorganismes à des taux élevés dans le lombricompost pourrait être due essentiellement à leur présence préalable dans le substrat de lombricompostage. De plus, le pré-compostage de 10 jours, a sûrement fortement modifié la structure et le nombre des microorganismes.

Tableau 3 : Etude comparative des fertilisants biologiques

	Azotobacter (UFC/g)	Actinomycètes (UFC/g)	Activité microbienne globale ($\mu\text{g}/\text{h/g}$)	Pseudomonas du groupe des fluorescents (UFC/g)	Bactéries solubilisatrices de phosphate (UFC/g)
LPF	1777,77 (bc) \pm 194,8	2464,67(c) \pm 337,44	334,26 (c) \pm 11,36	1131,3 (b) \pm 73,39	1474,67(a) \pm 139,71
LPS	1696,96 (bc) \pm 60,61	10262,3 (d) \pm 52,14	339,1 (c) \pm 7,5	2525 (c) \pm 851,58	2161,67(b) \pm 299,11
LPTM	1515 ,15 (b) \pm 218,5	1353,67(b) \pm 365	332,26 (c) \pm 35,1	868,67(b) \pm 212,75	1347,00(a) \pm 212,70
LPV5	2545,45 (c) \pm 848,48	2646,33 (b) \pm 429,97	278,46 (b) \pm 19,9	1030,33 (b) \pm 60,50	10060,67(d) \pm 337,1
LPV10	2646,46 (c) \pm 429,97	3939 (c) \pm 378,46	281,23 (b) \pm 19,3	1353,67(b) \pm 365,17	10262,3 (d) \pm 152,51
FBX	424,33 (a) \pm 160	141,33 (a) \pm 92,19	6,38 (a) \pm 2,1	0 (a)	3293 (c) \pm 125,86

Les données dans la même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman-Keuls ($p<0,05$)

4. Développement du haricot en fonction du type de fertilisant

Le tableau 4 montre les effets des différents types de fertilisants sur la croissance (hauteur), le nombre de nodules et le nombre des fleurs du haricot, après 45 jours de culture sous serre. Globalement, ce sont les deux lombricomposts additionnés de poudre de roche volcanique qui ont eu le plus d'effets positifs sur le développement du haricot, par rapport aux autres fertilisants. En effet, avec LPV5 et LPV10, la hauteur, le nombre des fleurs et des nodules ont été tous significativement élevés par rapport au témoin,

et par rapport au fertilisant biologique FBX. Ceci est en accord avec les observations faites par Jelin et al. (2013); qui stipulaient que les composts sont des fertilisants performants, du fait de leur richesse en éléments biologiques et que leur utilisation en culture maraîchère permet d'améliorer la croissance des plantes et la productivité.

Tableau 4 : Développement du haricot en fonction du type de fertilisant

Traitements	Hauteur (cm)	Nombre des fleurs	Nombre nODULES/plante
T0	32,70(a) ±6,77	9,90(a) ±2,96	10 (a) ±0,32
LPF	55,00(c)±10,71	11,20(ab) ±1,69	20,50(bc)±16,08
LPS	63,60(cd)±14,	12,50(c) ±1,78	28,50(c)±13,66
LPTM	58,60(cd)±4,14	10,60(ab)±0,70	17,40(bc)±10,33
LP V5	60,70(cd)±6,53	11,30(ab)±1,49	41,10(d) ±15,62
LP V10	67,10(d) ±8,32	12,50(c) ±0,97	102,10(e)±24,44
FBX	45,90(b) ±6,69	10(a) ±1,83	12 (a) ±1,58
NPK	59,30(cd)±4,52	11,30(ab)±0,82	10 (a) ±0,00

Les données dans la même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman-Keuls ($p<0,05$)

Conclusion

Ce projet visait essentiellement à décrire les propriétés physico-chimiques et microbiologiques d'un fertilisant biologique, le lombricompost, dans le but d'améliorer la fertilité des sols de culture et la productivité. Par la même occasion, l'importance de ce type de fertilisant dans l'amélioration du rendement de culture a été évalué, en choisissant comme modèle le haricot, *Phaseolus vulgaris*. Il a été observé que les lombricompost, aussi bien ceux produits en laboratoire que ceux qui ont été fabriqués en milieu paysan, sont relativement riches, en tant que fertilisant étant donné qu'il contient des microorganismes utiles pour le sol des cultures et pour le développement des plantes dont les actinomycètes, les diverses flores fongiques, les Pseudomonas groupe des fluorescents, les bactéries solubilisant le phosphate, les *Azotobacter*, et les *Rhizobium*; et aussi les éléments nutritifs pour la plante : azote, phosphore assimilable, carbone en des teneurs suffisamment élevées.

Par ailleurs, il s'est avéré que la durée de la phase de maturation, c'est-à-dire le temps de stockage, ainsi que l'ajout de la poudre de roche volcanique dans le substrat du lombricompostage ont amélioré la qualité du lombricompost. En effet, une activité microbienne plus intense a été enregistrée avec les lombricomposts stockés jusqu'à 30 jours, après arrêt définitif du processus. Il serait donc beaucoup plus intéressant d'utiliser ce fertilisant durant cette phase ou juste après cette phase afin d'assurer une activité optimale des microorganismes et de faciliter leur réintégration dans le sol.

Références bibliographiques

- Abdallah I., Malkawi H., Shatnawi E., and Dima A. (2017). A comparative study of physical and chemical properties of different pozzolanic materials used for roller compacted. MATEC Web of Conferences 120 02025 (2017) DOI: 10.1051/matecconf/201712002025 ASCMCES-17
- Aira M., and Dominguez J. (2009). Microbial and nutrient stabilization of two animal manures after the transit through the gut of the earthworm *Eisenia fetida*. Journal of Hazardous Materials 131: 1234–1238.
- Alef K. and Nannipieri P. (1998). In: Methods in applied soil microbiology and biochemistry. Alef K, Nannipieri P, editors. London: Academic Press, Harcourt Brace & Company, Publishers; pp. 316–365.
- Andrianarimanana T. (2014). Caractérisation et Amélioration de la qualité microbiologique du lombricompost. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies en Sciences de la Vie. Faculté des Sciences Université d'Antananarivo. 45p
- Daval S., Lebreton L., Gazengel K., Boutin M., Guillerm-Erckelboudt A.-Y., and Sarniguet A. (2011). The biocontrol bacterium *Pseudomonas fluorescens* Pf29Arp strain affects the pathogenesis-related gene expression of the take-all fungus *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* on wheat roots. Molecular Plant Pathology 12(9): 839–854.
- Griffith G.W., Easton G.L., Detheridge A., Roderick K., Edwards A., Worgan H.J., Nicholson J., Perkins W.T. (2007). Copper deficiency in potato dextrose agar causes reduced pigmentation in cultures of various fungi 276(2): 165–171
- Jelin J., Dhanarajan MS., Mariappan V. (2013). Assessment of compost as a bio-fertilizer for the growth of paddy. Journal of Environmental Biology 34(6):975-982
- King E.O., Ward M.K. and Raney D.E. (1954). Journal of Laboratory and Clinical. Medecine 44:301-307

- Korniłowicz-Kowalska T. and Bohacz J. (2010). Dynamics of growth and succession of bacterial and fungal communities during composting of feather waste Bioresource Technology 101(4): 1268-1276
- Rao S. (1977). Soil Microorganisms and Plant Growth, Oxford and IBH Publishing Co., India.
- Roederer P. (1972). Les Sols de Madagascar. In: Battistini R., Richard-Vindard G. (eds) Biogeography and Ecology in Madagascar. Monographiae Biologicae, vol 21. Springer, Dordrecht
- Taiwo A.M. (2011). Composting as A Sustainable Waste Management Technique in Developing Countries. Journal of Environmental Science and Technology, 4: 93-102.
- Villar I., Alves D., Mato S. (2017). Product quality and microbial dynamics during vermicomposting and maturation of compost from pig manure. Waste Management 69:498-507
- Waksman S.A. (1961). The Actinomycetes, vol. 2, Classification, Identification and Description of Genera and Species. Baltimore: Williams & Wilkins
- Walker R. and S. Pavía. (2011). Physical properties and reactivity of pozzolans, and their influence on the properties of lime-pozzolan pastes. Materials and Structures 44(6): 1139-1150

38. Effet des itinéraires techniques sur la population lombricienne en maraîchage : cas du maraîchage périurbain de Belobaka Mahajanga sur le pourtour du lac Betamango

Zoriharisoa Ghyslaine Olive RAKOTOMALALA¹, Herimalala RAVELOSON¹, Heriniaina RAMAHEFARISON¹

¹ Ecole Doctorale Ecosystème Naturels, Université de Mahajanga

RESUME

Le maraîchage périurbain occupe une place importante dans la subsistance de la population à Mahajanga. Il s'est installé sur « tanety », bas fond et sur les pourtours des lacs en saison sèche. Cette étude a pour objectif de connaître le dynamisme des vers de terre sur la culture maraîchère sur les pourtours des lacs et de savoir les impacts de chaque itinéraire technique pratiqué sur leur effectif étant donné qu'ils sont des indicateurs de fertilité et acteurs de la qualité du sol.

Le site choisi est le lac de Betamango à Belobaka. Chaque cycle de production débute et se termine avec du labour durant lequel on a procédé au tri manuel et comptage des vers de terre par planche. La fertilisation et le cycle de culture sont les autres paramètres étudiés pour voir la variabilité du nombre de vers de terre.

Chaque planche de 18m² contient en moyenne 320 vers de terre. Le taux de mortalité dû au travail du sol est de 23%. L'effectif de ver de terre à la fin de chaque cycle varie selon les itinéraires techniques, surtout le nombre de labours et les apports de fertilisants organiques effectués. La culture de *Lactuca sativa* a un effet positif sur les vers de terre. L'augmentation de leur effectif est, à priori, liée au double apport de fertilisant organique durant un cycle. Le labour, par le biais des outils utilisés, provoque des conséquences néfastes sur le ver de terre. Autres facteurs, tels les facteurs climatiques et les conditions édaphiques, influent aussi l'effectif de ver de terre en maraîchage.

Mots clés : maraîchage périurbain, Belobaka, lac, ver de terre, itinéraires techniques

1. INTRODUCTION

A Mahajanga, la population ne cesse d'augmenter. Cet accroissement est accompagné d'une demande accrue en denrées alimentaires. Le maraîchage périurbain devrait répondre à cette demande, en produisant encore plus sur une surface limitée. Pour faire face aux besoins des consommateurs urbains, la production agricole est amenée à croître par l'intensification des systèmes de production, en agissant entre autre sur les itinéraires techniques. Ce sont le labour, l'utilisation des fertilisants organiques et chimiques, pour l'amendement et des pesticides pour la lutte contre les ravageurs de cultures. Toutes ces pratiques ont des influences positives ou négatives sur la faune du sol, micro-méso ou macrofaune. Les lombrics, macrofaunes reconnus comme ingénieurs de l'écosystème, font partie des espèces cibles en maraîchage. Ils représentent une composante majeure de la macrofaune du sol. En 1994, plus de 3 600 espèces de vers de terre avaient été recensées dans le monde, auxquelles s'ajoutaient plus de soixante nouvelles espèces, chaque année. Les vers de terre peuvent disparaître presque totalement dans les sols cultivés de manière très intensive, alors que ce sont des agents de fertilité. Ce travail de recherche vise à inventorier les effets des itinéraires techniques sur l'effectif de ver de terre en maraîchage périurbain à Mahajanga.

2. MATERIELS ET METHODE

2.1. Site d'étude

Le site choisi est le lac de Betamango, localisé à Belobaka, à 10 km du centre-ville de Mahajanga sur l'axe Est. Le choix repose sur le fait que, sur ce lac, les cultures maraîchères sont présentes toute l'année. C'est la surface cultivée qui varie, selon la dynamique de l'eau. La superficie consacrée au maraîchage

s'agrandit au fur et à mesure que les eaux se retirent pendant la saison sèche et que les cultures maraîchères de décrue sont installées sur les berges.

2.2. Enquêtes auprès des agriculteurs

Des enquêtes ont été effectuées auprès des agriculteurs. Elles concernent les itinéraires techniques, en tenant compte de la taille de l'exploitation, de l'utilisation des matières fertilisantes et de la temporalité des opérations culturales.

2.3. Suivi des vers de terre

Cette méthode a pour but de connaître la variation de l'effectif des vers de terre par:

- comptage manuel sur les planches de culture, après chaque labour
- prélèvement du sol par la méthode TSBF ou carottage. Elle consiste à prélevé un bloc de sol de 25x25x50cm. Le prélèvement a été effectué au moment de la mise en place des planches et à la fin de la campagne maraîchère, sur 6 planches sur une même ligne. Le sol a été prélevé en coupe de 10cm, partagé dans 5 bassines pour voir la profondeur à laquelle les vers de terre fuient pour chercher l'humidité.

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. Description des itinéraires techniques

Les légumes-feuilles à Belobaka sont divisés en trois, selon leur cycle de production. Pour les brèdes *Brassica campestris amplexicaulis* ou Fotsitaho et *Brassica campestris peruviridis* ou Anatsonga, le cycle de production est d'environ 21 jours (cycle court). Pour la salade ou *Lactuca sativa* et le brède *Brassica campestris pekinensis* ou petsay, il est de 30 à 45 jours (cycle intermédiaire). Pour *Acmella oleracea* ou Anamalaho, *Solanum nigrum* ou Anamamy, *Ocimum basilicum* ou Basilic et *Mentha sp.* ou Menthe, il est de 3 à 7 mois (cycle long). Les itinéraires techniques appliqués par les agriculteurs en maraîchage périurbain de Belobaka sont similaires. Ils débutent toujours par le travail du sol, qui consiste à mettre en place et délimiter une parcelle de 18m², dont chacune entourée par des diguettes. Ils réalisent ensuite le semis des graines de l'espèce à cultiver ou tout de suite le repiquage des pépinières venant d'une autre planche de culture. Parfois, les paysans ont recours au sarclage et au binage. Généralement, l'arrosage se fait une fois par jour, soit le matin, soit l'après-midi sauf quand il pleuvait. Pour la fertilisation, les agriculteurs emploient deux types de fertilisants. Les fertilisants organiques d'origine animale notamment les fumiers des porcs, des bœufs et la fiente de volailles sont utilisés pour amender le sol afin d'augmenter le rendement. L'engrais chimique est utilisé pour améliorer la qualité de production particulièrement les feuilles des brèdes, mais aussi pour accélérer la production. Les fertilisants organiques sont utilisés une fois durant un cycle de production pour tous types de culture, sauf *Lactuca sativa* qui reçoit un deuxième apport. Les paysans à Belobaka préfèrent les fumiers de porc et l'urée. Pour chaque planche, 22kg de fumier et 450g d'urée sont apportés. Pour le traitement phytosanitaire, l'utilisation des insecticides est le plus courant pour les paysans. Mais parfois, le manque des moyens financiers les empêche d'y recourir.

3.2. Espèces inventoriées

Les vers de terre sont classés en trois catégories écologiques, basées sur des critères morphologiques (pigmentation, taille), comportementaux (alimentation, construction de galeries, mobilité) et écologiques (longévité, temps de génération, prédatation, survie à la sécheresse). Ce sont les épigés, les endogés et les anéciques. Deux espèces de ver de terre ont été recensées dans notre site d'étude, sur le pourtour du lac Betamango. Ce sont *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae) et *Kynotus sp.* (Kynotidae) (Razafindrakoto, 2012). Ces deux espèces appartiennent à la catégorie écologique endogée. *Pontoscolex corethrurus* était la plus abondante et *Kynotus sp.* était très rare. Ces espèces sont des géophages polyhumiques puisqu'elles ingèrent du sol des horizons superficiels, riches en matières organiques, en voie de décomposition (Perel, 1977 et Bouché, 1972).

3.3. Variation des effectifs des lombrics selon les itinéraires techniques

3.3.1. Effet du labour

Le taux de mortalité des vers de terre dû au labour est de 23%. En effet, le labour affecte négativement les populations de vers qui sont atteintes directement par les outils mécaniques utilisés (Edwards et Bohlen, 1996; Chan, 2001). De plus, il provoque des dommages indirects comme la destruction des galeries, l'enfoncissement de la matière organique, ainsi que des changements de conditions physiques comme la température et l'humidité du sol, induits par une modification de la structure du sol. Il affecte aussi la densité, la biomasse, mais également la composition et la diversité des communautés de lombriciens (Chan, 2001 ; Kladivko, 2001). Le labour marque le début, mais aussi la fin d'un cycle de production. On a remarqué dans cette étude que l'effectif de ver de terre a augmenté pendant les trois premiers cycles. Les vers endogés sont moins touchés par le labour et peuvent même être favorisés par l'enfoncissement des matières organiques dans le sol (Wyss et Glassetter, 1992 ; Nuutinen, 1992). Malgré cela, la plupart des auteurs décrivent un impact négatif du labour, même si l'impact peut se voir qu'après quelques années (Evans et Guild, 1948).

3.3.2. Fertilisation

Les paysans utilisent deux types de fertilisants (organique et chimique) pour amender le sol et fertiliser les cultures. L'utilisation des fertilisants organiques en deux fois (cas de culture de *Lactuca sativa*) dans un cycle de production influe sur le nombre des vers de terre, en les augmentant, comparé aux cultures qui ne reçoivent qu'un seul apport. En effet, l'apport d'amendements organiques accroît la quantité de biomasse produite et donc de résidus disponibles pour les vers de terre. Elle a des conséquences sur le développement des activités lombriciennes et donc, sur la porosité, la rétention d'eau et les activités microbiennes.

L'apport d'engrais chimique provoque des impacts négatifs pour le ver de terre, à cause des dommages qu'il pourrait entraîner au sol, l'acidification entre autres ; ceci est confirmé par des études antérieures (Potter *et al.*, 1985 ; Hansen *et al.*, 1999). Pourtant, il est utilisé par son action dans l'amélioration de l'aspect des légume-feuilles.

3.3.3. Humidité du sol

L'arrosage journalier des planches de culture est favorable aux vers de terre car il permet une augmentation des populations en période de sécheresse (Curry, 1998), étant donné qu'ils sont très sensibles à l'humidité du sol. Cette pratique permet à certaines espèces de rester actives en condition d'humidité défavorable (Edwards, 1998). On a constaté aussi qu'il faudra une humidité normale pour la survie des vers de terre. Très proche du lac ou dans les planches sèches, il n'y a aucun ver de terre. Si l'humidité du sol est donc trop importante ou est absente, les vers de terre ne peuvent même pas survivre et ne peuvent pas effectuer leur rôle, plus particulièrement, dans la création de galeries. Pourtant, les galeries des vers de terre augmentent la macroporosité du sol et, par conséquent, contribuent à son aération et à l'infiltration de l'eau (Lavelle, 1997).

3.3.4. Effets des autres facteurs

3.3.4.1. Type de culture

Divers types de légumes ont été cultivés à Belobaka. A part les brèdes qui sont déjà très connus antérieurement, les paysans cultivent aussi des laitues, de la ciboulette et des plantes aromatiques, à haute valeur ajoutée comme les basilques et les menthes. Les vers de terre sont nombreux dans le cas de culture de laitue due au fait de la fertilisation car elle reçoit une double dose de matière organique. Outre la laitue, les plantes aquatiques ont aussi des effets sur le nombre de ver de terre. Le retrait d'eau du lac laisse différentes espèces de plantes aquatiques qui retiennent encore l'humidité du sol, une raison pour laquelle les vers de terre sont nombreux.

3.3.4.2. Type du sol

A Belobaka, le sol est du type sablo-argileux. Cette caractéristique de sol influe le dynamisme des vers de terre. S'il y a une forte teneur en sable ou en argile dans les planches à labourer, l'absence de ver de terre est remarquée, mais dans le cas contraire, les vers de terre y sont présents, mais leur effectif varie selon les conditions où ils peuvent survivre. Des études ont déjà montré que le type du sol affecte beaucoup la distribution et l'abondance des populations de ver de terre (Edwards *et al.*, 1996), particulièrement le taux d'argile ou du sable des sols (Nordström *et al.*, 1974).

3.3.4.3. Température du sol

Notre étude a été effectuée à Mahajanga une des régions les plus chaudes de Madagascar. Le climat dont jouit la région n'est pas favorable aux vers de terre. En effet, les températures élevées toute l'année affectent beaucoup les vers de terre. A partir du 10 heures du matin, les vers de terre fuient ou migrent en profondeur. En effet, dans les zones tropicales, les conditions optimales de température supportée par les vers de terre se situent entre 20 et 30°C pour les zones tropicales (Lee, 1985 ; Curry, 1998).

3.4. Variation de l'effectif d'après le carottage

Le carottage a été fait en début de la campagne maraîchère (mois de mai) et à la fin (mois de décembre). La présence ou l'absence des vers de terre dépend de la profondeur de chaque couche étudiée. Dans la première couche, de 0 à 10 cm, le nombre des vers de terre est très élevé. Le nombre diminue dans la deuxième couche de 10 à 20 cm et les vers sont presque absents dans la troisième couche de 20 à 30 cm de profondeur. Le carottage a été effectué à différents moments de la journée. On remarque que les vers de terre migrent en profondeur, là où les conditions leur sont favorables, au fur et mesure que la température du sol augmente. On a remarqué aussi que le nombre de vers de terre au début de saison culturelle est moins nombreux par rapport au nombre de ver de terre à la fin de saison. Cela s'explique par le fait que la saison de pluie apporte, avec l'arrosage journalier, une bonne irrigation du sol, ce qui est favorable pour la survie du ver de terre.

4. CONCLUSION

La pratique du maraîchage sur les pourtours des lacs à Belobaka entretient l'humidité du sol, même après le retrait de l'eau d'inondation grâce aux arrosages quotidiens. L'humidité est un facteur favorable à la survie des vers de terre. De même, l'utilisation des fertilisants influe positivement le nombre des vers de terre. Cette pratique culturelle constitue une des méthodes de bonne pratique agricole. Toutefois, le labour détruit l'habitat des vers de terre. La densité de ver de terre à Belobaka est de 320 individus dans une planche de culture. Il serait donc judicieux de poursuivre cette recherche pour pouvoir trouver des solutions perspicaces et abordables pour les paysans en tenant compte leur moyens.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bouché, M. B., 1972. Lombriciens de France: Ecologie et Systématique. INRA Ann. Zool. Ecol. Anim. Publication, France, 671 pp.
- Chan, K. Y., 2001. An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity - implications for functioning in soils. *Soil Tillage Res.* 57, 179-191.
- Curry, J. P., 1998. Factors affecting earthworm abundance in soils. In: Edwards, C. A. (eds), *Earthworm Ecology*. Boca Raton, St. Lucie Press, pp. 389.
- Edwards, C. A. et Bohlen, P. J., 1996. *Biology and Ecology of Earthworms* 3rd ed. Chapman and Hall, London, 426 pp.
- Edwards, C. A., 1998. *Earthworm Ecology*. Boca Raton, St. Lucie Press, 389 pp.
- Evans, A. C. et Guild, W. J. M. L., 1948b. Studies on the relationships between earthworms and soil fertility. IV. On the life cycles of some British Lumbricidae. *Ann. Appl. Biol.* 35, 471- 484.
- Hansen, S. et Engelstad, F., 1999. Earthworm populations in a cool and wet district as affected by tractor traffic and fertilisation. *Appl. Soil Ecol.* 13, 237-250.
- Kladivko, E. J., 2001. Tillage systems and soil ecology. *Soil Tillage Res.* 61, 61-76.
- Lavelle, P., 1997. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. *Adv. Ecol. Res.* 27, 93-132.
- Lee, K. E., 1985. *Earthworms: their ecology and relationship with soils and land use*. New York, 411 pp.
- Nordström, S. et Rundgren, S., 1974. Environmental factors and lumbricid associations in southern Sweden. *Pedobiol.* 14, 1-27.
- Nuutinen, V., 1992. Earthworm community response to tillage and residue management on different soil types in southern Finland. *Soil Tillage Res.* 23, 221-239.
- Perel, T. S., 1977. Differences in lumbricid organization connected with ecological properties. In: Lohm, U. et Persson, T. (eds), *Soil organisms as components of ecosystems*. Ecol. Bull., Stockholm, pp. 56-63.
- Potter, D. A., Bridges, B. L. et Gordon, F. C., 1985. Effect of N fertilization on earthworm and microarthropod populations in Kentucky bluegrass turf. *Agron. J* 77, 367-372.
- Razafindrakoto, M., 2012. Etude des Annélides Oligochètes de Madagascar : Taxonomie, Distribution et Ecologie. 174pp.
- Wyss, E. et Glasstetter, M., 1992. Tillage treatments and earthworm distribution in a Swiss experimental corn field. *Soil Biol. Biochem.* 24, 1635-1639.

39. Exploitation de la diversité fonctionnelle des microorganismes telluriques pour la gestion durable de la production végétale

RAKOTOARIMANGA Nirina, ZANANIRINA Jefferson, RAMAMONJISOA Daniel, RAMANANKIERANA Heriniaina, ZAFILAHY Lenery Louis.

Laboratoire de Microbiologie de l'Environnement, département « Ecosystèmes terrestres », Centre National de Recherches sur l'Environnement (CNRE)

RESUME

L'objectif de ce travail est d'exploiter le biofonctionnement du sol, à travers les microorganismes pour améliorer la culture maraîchère. Deux cas sont présentés dans ce travail : (i) antagonisme entre les microorganismes telluriques et les agents phytopathogènes et (ii) interaction entre les microorganismes telluriques et les plantes pour l'amélioration de la production végétale.

Parmi les 87 isolats d'actinomycètes provenant des sols rhizosphériques de plantes d'haricot, de tomate et de concombre, 24 sont antagonistes d'un champignon phytopathogène (F02) isolé du fruit de tomate pourri. Les pouvoirs inhibiteurs de ces isolats varient entre 14 % et 60 %. Ce champignon phytopathogène est virulent pour les plantes de tomate, de haricot et de concombre. Un isolat d'actinomycète (Ac66) isolé du sol rhizosphérique de la plante d'haricot a montré une inhibition élevée de l'ordre de 60,52 %. Le

traitement des graines de plantes à germer avec la solution de cet isolat (Ac66) atténue significativement la virulence du champignon phytopathogène (F-02) *in vivo*.

La culture de tomate traitée avec un isolat de bactérie solubilisant le phosphate (BSP) isolé d'un sol termitière et une souche de champignon endomycorhizien *Glomus mossae* montre que le rendement de culture exprimé par le poids et le diamètre de fruits par plante est significativement élevé pour les plantes inoculées avec la BSP seule et avec la BSP, combinée avec *Glomus mossae*, par rapport à celui des plantes témoins non inoculées et des plantes inoculées avec *Glomus mossae*. Il est constaté que le rendement de la culture inoculée avec *Glomus mossae* seul est significativement faible par rapport à celui de la culture témoin non inoculée.

Ces deux cas illustrent bien les rôles exploitables de la diversité microbienne du sol dans la gestion durable de la production végétale.

Mots clés : microorganismes telluriques ; biofonctionnement ; antagonismes ; interaction ; production végétale.

I- Introduction générale

La rhizosphère et le sol hébergent différentes espèces de microorganisme. Parmi ces microorganismes, les uns sont bénéfiques pour le développement de la plante, tandis que les autres sont phytopathogènes. La plupart des microorganismes bénéfiques pour la plante constitue un groupe appelé PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*). En effet, les microorganismes de ce groupe (PGPR) sont des bactéries telluriques qui colonisent les racines des plantes et favorisent leur développement par différents mécanismes (Kloepper, 1994; Glick, 1995; Cleyet-Marcel et al., 2001). Bashan et Holguin (1998) ont classé les bactéries du groupe PGPR en deux catégories, selon leur mode d'action : (i) : les bactéries qui sont capables de produire des substances impliquées directement ou indirectement au développement ou à la croissance des plantes et (ii) les bactéries qui produisent des substances impliquant dans la protection sanitaire de la plante dont l'antibiotique. A ce groupe de bactéries bénéfiques des plantes, s'ajoutent les champignons, et plus particulièrement, les champignons symbiotiques des plantes, les champignons mycoriziens qui s'impliquent beaucoup dans l'amélioration de la nutrition de la plante, ainsi que dans sa protection contre les agents phytopathogènes (Dommergues et Mangenot, 1970 ; Gianinazzi-Pearson, 1982 ; Plenchette, 1982 ; Strullu, 1991 ; Bartschi et al., 1981). Plusieurs travaux de recherche ont été réalisés sur ces microorganismes du sol, dans le but de les exploiter afin d'améliorer la production végétale.

Ce travail rassemble deux travaux de recherche indépendants, mais qui ont un objectif principal commun d'exploiter le biofonctionnement du sol, à travers les microorganismes pour améliorer la culture maraîchère. Le premier travail concerne l'antagonisme entre les microorganismes telluriques et les agents phytopathogènes tandis que le deuxième travail touche l'interaction entre les microorganismes telluriques et les plantes pour l'amélioration de la production végétale.

II- Exploitation de l'antagonisme entre les microorganismes du sol et les agents phytopathogènes pour la protection sanitaire de la plante

II-1- Introduction

L'utilisation ou l'exploitation de la microflore tellurique non pathogène, en vue d'éliminer les ravageurs de cultures, constitue une technologie émergente et écologiquement compatible, tout en diminuant l'emploi de pesticides de synthèse. Parmi ces microorganismes, les actinomycètes sont les plus connus et classés parmi les plus actifs (Antoun et al. 1980, Crawford et al. 1993). En milieu naturel, la rhizosphère des plantes saines abriterait des actinomycètes capables, de façon durable, d'assurer la défense de ces plantes contre les agents fongiques phytopathogènes. L'objectif de ce travail est de disposer des isolats d'actinomycètes rhizosphériques, capables de protéger les plantes contre la maladie causée par les champignons phytopathogènes du genre *Fusarium*.

II-2- Matériels et méthodes

L'isolat fongique utilisé pour le test d'antagonisme des actinomycètes est *Fusarium spp.*, isolé à partir des fruits de tomate pourris, récoltés dans le champs d'expérimentation du centre de recherche FOFIFA - Ambatobe, Antananarivo, Madagascar. Les fragments de fruits de tomate présentant des symptômes de maladie fongique, telle que la pourriture et la nécrose ont été immersés dans des boîtes de Pétri contenant de l'eau distillée stérilisée (121°C, 20mn à l'autoclave), puis incubés à la température ambiante. Les hyphes émis par les champignons phytopathogènes ont été repiqués sur des boîtes de Pétri contenant du milieu de culture solide PDA, composé de 20g de glucose ; 20g d'agar et 11 d'extrait de pomme de terre et après l'incubation à 25°C pendant 3 à 4 jours, l'identification a été effectuée en utilisant un schéma taxonomique, basé sur les caractères morphologiques décrits par Bennett en 1958. Par cette méthode, *Fusarium* codifié F02 virulent pour la plante de haricot, plante de concombre et plante de tomate a été isolé et servi comme matériel biologique pour le test d'antagonisme d'actinomycètes. Les actinomycètes ont été isolés à partir des sols rhizosphériques de haricot, de tomate et de concombre. Le sol

rhizosphérique a été collecté et séché à l'air libre, puis tamisé avec un tamis à maille de 2mm de diamètre après un broyage avec un mortier. 5g du sol est dilué dans 45ml de sulfate de magnésium ($MgSO_4$; 0,1M) préalablement stérilisé à l'autoclave (121°C ; 20min). Après agitation, une série de dilutions d'intervalle de 10 fois allant de 10^{-2} à 10^{-4} est préparée à partir de cette solution mère. Le milieu de culture gélosé Waksman (Waksman, 1961) est ensemencé par les différentes dilutions et incubé à 28°C, pendant une semaine. Toutes les colonies d'actinomycètes sont récupérées et purifiées par la nouvelle culture sur le même milieu de culture (Waksman). L'antagonisme des actinomycètes vis-à-vis de *Fusarium* se manifeste par l'inhibition de la croissance mycélienne de *Fusarium*, lorsqu'ils sont cultivés ensemble dans une même boîte de Pétri. Le test est mené sur un même milieu de culture, en confrontant directement *Fusarium* avec actinomycète à la distance «d», l'un de l'autre et symétriquement par rapport au centre de la boîte de Pétri (Hibar et al., 2007 ; Chet, 1990). Une autre culture de *Fusarium* sans confrontation avec actinomycète est effectuée pour servir de témoin négatif. L'incubation est réalisée à 30°C. Le test est arrêté lorsque les deux isolats en confrontation se rencontrent, ou bien quand le mycélium de *Fusarium* du témoin négatif atteint le bord de la boîte de Pétri. L'antagonisme de l'actinomycète est évalué par le taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *Fusarium* selon l'équation suivant (Idris et al. 2007):

$$PI = [(Mo - Mi) / (Mo)] \times 100$$

PI (mm): Pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne *Fusarium*

Mo (mm): Mesure de la croissance mycélienne normale de *Fusarium* représentant le rayon opposé à la colonie d'actinomycète

Mi (mm): Mesure de la croissance mycélienne de *Fusarium* influencée par la croissance d'actinomycète

In vivo, le test d'antagonisme des actinomycètes vis-à-vis de *Fusarium* est mené sur des plantules de tomate, de concombre et de haricot développées sur des sols contaminés par *Fusarium*. Le sol sableux stérilisé est arrosé avec de l'inoculum de *Fusarium* à raison de 30mL par pot de volume de 500mL. L'inoculum est préparé à partir d'une suspension de mycélium et de spores de *Fusarium* d'une semaine de culture, sur boîte de Pétri contenant de milieu de culture PDA (Hwang et al., 1993 ; Howell, 2002). Les graines à germer sur les sols contaminés sont trempées pendant 30mn dans une solution d'actinomycète après être désinfectées superficiellement avec de l'alcool 50°. La solution d'actinomycète est constituée par la culture d'actinomycète sur un milieu liquide Waksman (Lou et al. 2000). Les graines traitées sont cultivées sur des sols traités avec l'inoculum de *Fusarium*, à raison de 5 graines par pot. Pour les témoins, les graines sont trempées dans le milieu liquide Waksman. 5 répétitions sont préparées pour chaque traitement. Les pots sont arrosés tous les deux jours avec une solution nutritive diluée composée par litre de $Ca(NO_3)_2$, $4H_2O$: 129,8 g ; NH_4NO_3 : 16 g ; $MgSO_4$, $7H_2O$: 49,2 g ; KNO_3 : 87 g ; KH_2PO_4 : 34 g ; HNO_3 : 22 g ; H_2SO_4 : 10,4 g ; Fe-EDTA (13%): 6,45 g ; $MnSO_4$, H_2O : 1,69 g ; $ZnSO_4$, $7H_2O$: 1,15 g ; Borax: 1,9 g ; $NaMoO_4$, H_2O : 0,12 g ; $CuSO_4$, $5H_2O$: 0,18 g.

Dès le 3^{ème} jour de l'expérimentation jusqu'au 21^{ème} jour, les plantes saines, les plantes qui flétrissent et les plantes mortes sont dénombrées. Puisque les symptômes de la maladie causée par l'isolat de *Fusarium* ne sont pas connus pour les plantes de l'expérimentation, les plantes qui ne présentent pas de flétrissement sont considérées comme saines. Les graines qui n'ont pas germé durant cette période sont exclues de la notation (Besnard et Davet, 1993). Le développement des plantes est évalué, en mesurant les biomasses aériennes sèches des plantules. Pour cela, les parties aériennes sont séchées dans une étuve 65°C pendant une semaine puis pesées.

Afin de comparer les différentes données des paramètres mesurés de chaque traitement, le test de comparaison de moyenne par paire de Newman Keuls au seuil de probabilité 0,05 est appliqué en utilisant le logiciel de statistique STATISTICA.

II-3- Résultats

II-3-1- Isolats d'actinomycètes antagonistes de l'isolat de *Fusarium* F-02

Quatre-vingt-sept (87) isolats d'actinomycètes sont obtenus, dont 35 proviennent du sol rhizosphérique de tomate, 38 celui de haricot et 14 celui de concombre. Parmi ces 87 isolats, 24 s'avèrent antagonistes de l'isolat de *Fusarium* F-02 (Tableau 1). Les taux d'inhibition de la croissance radiale de *Fusarium* par ces actinomycètes antagonistes varient entre 14% et 60%. L'actinomycète codé Ac 66 isolé du sol rhizosphérique d'une plante de haricot présente le taux d'inhibition plus élevé avec 60,52% (Tableau 1). C'est avec cet isolat d'actinomycète que le test d'antagonisme *in vivo* est réalisé.

II-3-2- Antagonisme de l'isolat d'actinomycète Ac66 vis-à-vis de l'isolat de *Fusarium* F-02 *in vivo*

Pour les trois espèces de plante (tomate, concombre, haricot), les jeunes plantes dont les graines n'ont pas été enrobées préalablement avec l'actinomycète Ac66, mais contaminées avec F-02 présentent un taux de mortalité significativement élevé (Tableau 2). En effet, 80% de jeunes plantes de tomate, 68% de jeunes plantes de concombre et 72% de jeunes plantes de haricot sont mortes. L'isolat d'actinomycète

Ac66 ne présente pas d'inconvénients sur le développement de ces trois plantes car les résultats de test montrent que les taux de mortalité (Tableau 2) et les biomasses aériennes (Tableau 3) des plantes traitées avec Ac66 et ceux des plantes témoins non traitées ne présentent pas de différence significative.

Tableau 1 : Isolats d'actinomycète antagonistes de Fusarium F-02(Mo: rayon de croissance normale de F-02 ; Mi: rayon de croissance de F-02 en contact avec l'isolat antagoniste)

Plantes (rhizosphères)	Isolats	5 jours		
		Mo (mm)	Mi (mm)	Taux d'inhibition(%)
Tomate	Ac1	37	21	43,43
	Ac2	38	20	47,36
	Ac5	36	29	19,44
	Ac7	37	18	51,35
	Ac11	38	28	26,31
	Ac15	38	29	23,68
	Ac18	38	30	21,05
	Ac19	37	31	16,21
	Ac24	37	29	21,62
	Ac28	35	30,5	12,85
	Ac32	38	29,5	22,36
	Ac33	37	31,5	14,86
Haricot	Ac43	39	31,5	19,23
	Ac46	39	28,5	26,92
	Ac51	38	24	36,84
	Ac63	38	30,5	19,73
	Ac64	37	26,5	28,37
	Ac66	3,8	1,5	60,52
	Ac69	35	29	17,14
	Ac72	38	26,5	30,26
Concombre	Ac73	38	29,5	22,36
	Ac76	35	27	22,85
	Ac80	38	30,5	19,73
	Ac84	38	27,5	27,63

Tableau 2 : Evaluation de l'antagonisme de l'isolat d'actinomycète Ac66 vis-à-vis de l'isolat de FusariumF-02in vivo : taux de mortalités des plantules

	Taux de mortalité (%)		
	Tomate	Concombre	Haricot
Témoin	24b*	16b	20b
Ac66	12b	8b	8b
F-02	80a	68a	72a
Ac66+F-02	20b	20b	12b

(*): Les données dans la même colonne suivies par les mêmes lettres n'ont pas de différence significative selon le test de Newman Keuls au seuil de probabilité 0,05.

Tableau 3 : Evaluation de l'antagonisme de l'isolat d'actinomycète Ac66 vis-à-vis de l'isolat de FusariumF-02in vivo : biomasses aériennes des plantules

	Biomasses aériennes (g)		
	Tomate	Concombre	Haricot
Témoin	0,80b*	0,82b	0,87b
Ac66	0,99b	1,02b	1,14b
F-02	0,05a	0,10a	0,22a
Ac66+F-02	0,85b	0,93b	1,03b

(*): Les données dans la même colonne suivies par les mêmes lettres n'ont pas de différence significative selon le test de Newman Keuls au seuil de probabilité 0,05.

II-4- Discussion

L'isolat de *Fusarium F-02* montre son pouvoir pathogène sur la tomate, le concombre et le haricot. Certes, cet isolat est isolé du fruit de tomate pourri, pourtant il peut contaminer les parties racinaires de la tomate, du concombre et du haricot. Les phytopathogènes du genre *Fusarium* est ubiquiste et peuvent

causer des maladies à large gamme des espèces de plantes hôtes (Ramachandran et al. 1982; Nelson et Hansen 1997). Certains auteurs ont montré que le pouvoir pathogène de *Fusarium* n'est pas stable et peut être irrécupérable, après un passage sur un hôte (Armstrong et al., 1940 ; Booth, 1971). Pourtant, d'autres auteurs ont montré le cas contraire (Assigbetse ,1993). Dans le cas de nos résultats, l'isolat de *Fusarium* F-02 ne semble pas avoir perdu son pouvoir pathogène, même en changeant d'hôte, après culture sur un milieu gélosé.

Comme notre expérimentation est réalisée avec la confrontation directe des actinomycètes antagonistes et *Fusarium* phytopathogène sur des milieux stérilisés, les résultats montrent clairement que leur cohabitation est impossible. Les résultats obtenus n'ont pas élucidé les mécanismes par lesquels ces isolats d'actinomycètes ont pu inhiber le développement de *Fusarium* phytopathogène. Pourtant certains auteurs ont déjà illustré que l'inhibition de l'action de *Fusarium* est due à la production des antibiotiques par les antagonistes (Haas et Keel, 2003; Howell et Stipanovic, 1979) ou à la compétition vis-à-vis des éléments nutritifs (Ongena et al., 2005) et que le développement en masse des antagonistes autour des graines constitue un barrage mécanique pour *Fusarium* (Reyes et al., 2004 ; Piano et al., 1997). En effet, nos résultats montrent bien l'efficacité de l'antagonisme lorsque les graines sont enrobées préalablement par la solution des actinomycètes antagoniste.

Par ces résultats nous pouvons conclure que les champignons phytopathogènes du genre *Fusarium* responsables de la pourriture des fruits de tomate peuvent causer des maladies pour une large gamme d'espèces de plante vivrière. Des actinomycètes provenant de la rhizosphère peuvent inhiber efficacement le processus de contamination ainsi que la prolifération de ces champignons, en envahissant préalablement les graines à germer. Ce travail est une étape essentielle pour l'efficacité d'une technique de lutte biologique contre *Fusarium* phytopathogènes en exploitant le biofonctionnement des microorganismes du sol.

III- Exploitation de l'interaction entre microorganismes du sol et les plantes pour l'amélioration de la production végétale

III-1- Introduction

Certains microorganismes du sol peuvent rendre les phosphores des phosphates complexes plus disponibles pour les plantes (Yadav et al., 1997 ; Rodriguez et al., 2004). Le sol termitière héberge différentes espèces de ces microorganismes (Maldague, 1964). Les champignons mycorhiziens qui se trouvent naturellement dans les sols, à travers la symbiose avec les plantes, améliorent la croissance de ces plantes par différents mécanismes tels l'amélioration de l'absorption des nutriments (Dommergues et Mangenot, 1970 ; Gianinazzi-Pearson, 1982 ; Plenchette, 1982), la protection contre des agents pathogènes (Bartschi et al. 1981), et l'amélioration de la structure du sol (Tisdall et al., 1982 ; Rillig et al., 2006). Basé sur ces faits scientifiques, il est envisageable de gérer certains microorganismes telluriques, pour remédier à la mauvaise qualité nutritive du sol sans utiliser des engrains chimiques. De ce fait, l'hypothèse sur laquelle repose ce travail est que l'inoculation de *Lycopersicon esculentum* par les souches de deux groupes de microorganisme, connus surtout par leur aptitude à solubiliser les phosphates complexes et/ou à mobiliser les phosphates assimilables, améliorera le rendement de cette plante. Les objectifs de ce travail sont de disposer des isolats de Bactéries Solubilisant des Phosphates complexes (BSP) efficients et d'étudier l'impact de l'interaction de BSP avec le champignon mycorhizien sur le développement des plantes

III-2- Matériels et méthodes

III-2-1- Isolement des Bactéries Solubilisant les Phosphates (BSP)

À partir d'un échantillon de sol termitière broyé dans un mortier, tamisé (mailles 4mm), 10 g ont été transférés dans un Erlen Meyer, puis de l'eau distillée stérilisée avec une quantité suffisante pour (qsp) 100ml a été rajoutée. Une série de dilutions a été réalisée à partir de cette solution mère. 100 microlitre de chaque dilution est ensuite étalée dans des boîtes de Pétri contenant le milieu de culture PVK où la seule source de phosphore est le phosphate tricalcique, puis incubées à 30°C pendant une semaine. Pour chaque dilution, 3 boîtes de pétri sont ensemencées. Les bactéries qui solubilisent le phosphate tricalcique créent une zone claire autour de leur colonie. De ce fait, la taille du diamètre de halo détermine l'intensité de la solubilisation du phosphate tricalcique. Les bactéries qui présentent un diamètre élevé seront retenues et subiront un test de stabilité. Pour cela, les bactéries retenues sont repiquées sur du milieu de culture PVK toutes les 72h, pendant 2 semaines et le diamètre de halo de solubilisation de phosphate est mesuré. Ainsi, les bactéries qui présentent un diamètre de halo invariable depuis son isolement jusqu'à la fin des repiquages successifs (5 semaines) sont stables, quant à la propriété de solubilisation du phosphate. La souche de champignon mycorhizien *Glomus mossae* est fournie par le Laboratoire de Microbiologie de l'Environnement du Centre National de Recherches sur l'Environnement. Cette souche est entretenue en permanence sous serre sur des racines de mil (*Pennisetum glaucum*) cultivé sur du sable fin stérilisé. L'inoculum de cette souche est donc constitué par des morceaux des racines de mil mycorhizées et les sables de sa culture

III-2-2- expérimentation sur la culture de tomate

Trois traitements ont été appliqués à la culture de tomate : dans un premier temps, dans la serre et dans un deuxième temps, sur le champ de culture expérimentale du Laboratoire de Microbiologie de l'Environnement du CNRE. Ces deux traitements sont l'inoculation avec l'inoculum de BSP, l'inoculation avec l'inoculum de *Glomus mossae* et l'inoculation avec le mélange d'inocula de BSP et de *Glomus mossae*. Une culture sans traitement sert de témoin. Le sol prélevé sur le champ de culture, préalablement tamisé (maille 4mm) et stérilisé (à l'autoclave 140°C ; 40mn), a été placé dans des pots plastiques de volume de 300ml. Pour l'inoculation avec l'inoculum fongique, un trou de 5cm de profondeur et 3cm de diamètre est réalisé sur le sol de chaque pot puis 15g d'inoculum fongique ont été déposés dans chaque trou et ensuite le trou a été bouché avec le même sol de culture stérilisé. Sur ce trou, les tomates pré-germées ont été repiquées, à raison d'une plantule par pot. Dans le cas de l'inoculation bactérienne (BSP), les plantules pré-germées de tomate ont été repiquées directement dans les pots contenant du sol stérilisé, puis inoculées, en mettant directement sur leur collet 5 ml de la suspension bactérienne. Les plantules qui n'ont pas reçu de traitements (Témoin) et les plantules traitées ont été élevées sous serre (photopériode de 12h), pendant 2 semaines et arrosées une fois tous les jours avec de l'eau distillée stérilisée. La répétition est de 10 fois pour chaque traitement ainsi que pour le témoin. Après quatre semaines de culture en serre, l'expérience a été menée sur le champ de culture. Les plantes d'une hauteur de 14 à 18 cm, ont été transférées au champ. Chaque plant a été transféré au champ d'expérimentation avec la motte de terre entourant les racines. Les effets des traitements sur la production de la plante ont été évalués en mesurant le diamètre et le poids des fruits. Afin de comparer les données obtenues pour chaque traitement, elles ont fait l'objet d'analyse de variance ANOVA-MANOVA, en appliquant le test de comparaison de moyennes par paire de Newman Keuls au seuil de probabilité 0,05. Pour cela le logiciel STATISTICA a été utilisé.

III-3- Résultats

Parmi les bactéries solubilisant phosphate isolées, 44 colonies présentent un halo dont la distance visible entre le contour de la colonie et celui de halo est plus de 2mm au bout de 72h. Parmi ces 44 colonies, 8 présentent une distance de plus 4mm au bout de 72h. Après 5 repiquages successifs sur le milieu de culture PVK, seule une colonie présente une distance visible de plus de 4mm. Cette colonie a été codifiée BSP1. L'expérience a été continuée avec BSP1.

Les fruits des plantules traitées avec BSP1 et avec la combinaison de BSP1 et *Glomus mossae* présentent des poids et des diamètres significativement élevés par rapport à ceux des fruits des plantes témoins (Tableau 4). L'effet du traitement avec *Glomus mossae* sur le poids et le diamètre des fruits de tomate est significativement négatif par rapport à celui des autres traitements (Tableau 4).

Tableau 4 : Evaluation de l'effet de différents traitements sur le poids et le diamètre des fruits de tomate

	Poids (g)	Diamètres (cm)
Témoins	52,02b*	4,05a
BSP1	73,55c	4,97b
Gm	36,65a	3,98a
BSP1+Gm	72,82c	5,22b

(*) : les données dans la même colonne suivies par les mêmes lettres n'ont pas de différence significative selon le test de Newman Keuls au seuil de probabilité 0,05.

III-4- Discussion

Dans l'amélioration du rendement de tomate en termes de poids et diamètre de fruits, les résultats de ce travail montrent bien que l'inoculum de bactérie solubilisant le phosphate BSP1 est efficace. Plusieurs travaux antérieurs ont montré une efficacité d'une bactérie isolée de la rhizosphère quant au développement de la plante (Kloepper, 1994; Glick, 1995; Cleyet-Marcel et al., 2001). Ces bactéries sont appelées communément PGPR et selon Kloepper et Smith (1981), les PGPR sont des microorganismes compétitifs pour la colonisation de la rhizosphère et peuvent stimuler le développement de la plante. Selon Kloepper, (1994), l'interaction entre les PGPR et les champignons mycorhiziens sont bénéfiques pour les plantes. Les résultats de ce travail corroborent ceux de cet auteur concernant le traitement avec la combinaison de BSP1 et *Glomus mossae*. Pourtant D'autres auteurs ont montré des effets neutres de l'interaction (Andrade et al. 1997).

L'effet négatif ou neutre de l'inoculation avec *Glomus mossae* sur le poids et le diamètre de fruits de tomate suggère que *Glomus mossae* n'est pas compétitif sans la présence de BSP1. En effet, selon plusieurs auteurs, les PGPR peuvent affecter positivement la germination des souches fongiques mycorhiziennes (Daniel et Trappe, 1980 ; Mayo et al., 1986). Siriporn et al. (2011), en inoculant la tomate avec différentes souches de champignons mycorhiziens dont *Glomus mosseae*, ont trouvé que

l'effet de *Glomus mosseae* sur le rendement (poids de fruits par plante) est neutre. Pourtant, ils ont trouvé que le poids de chaque fruit récolté sur les plantes inoculées par *Glomus mossae* est significativement élevé par rapport à celui de chaque fruit récolté sur les plantes témoins non inoculées. De même pour le diamètre de chaque fruit (Siriporn et al., 2011).

Il résulte de ce travail que la bactérie solubilisant le phosphate BSP1 isolée du sol termitière améliore nettement le rendement de la culture de tomate, en terme de poids et de diamètre de fruit, elle est compétitive vis -à-vis des autres microorganismes telluriques. Par contre, *Glomus mossae* n'affecte pas le rendement de la culture de tomate en terme de poids et de diamètre de fruit mais son Interaction avec est positive BSP pour le rendement de la culture de tomate

IV- Conclusion générale

Ces deux travaux de recherche ont permis de réaffirmer que le sol est un réservoir des microorganismes présentant des activités exploitables pour le développement de la plante.

Par ces travaux, des souches microbiennes destinées à l'amélioration de la production végétale ont été mises en collection pour l'utilisation ultérieure.

Ainsi, Les résultats obtenus sont prometteurs pour la culture purement biologique et écologiquement « saine » et ces travaux constituent une grande étape pour l'ambition de gérer durablement la production végétale tout en préservant l'environnement.

V- Références bibliographiques

- ANDRADE, G., MIHARA, K.L., LINDERMANN, R.G., BETHLENFALVAY, G.J. (1997). Bacteria from rhizosphere and hyphosphere soils of different arbuscular-mycorrhizal fungi. *Plant and soil* 192: 71-79.
- ANTOUN H., BORDELEAU L.M., PREVOST D. AND LACHANCE R.A. (1980). Absence of a correlation between nitrate reductase and symbiotic nitrogen fixation efficiency in *Rhizobium meliloti*. *Canadian Journal of Plant Science*, 60: 209-212
- ARMSTRONG G.M. AND ARMSTRONG J.K. (1981). *Formae speciales and races of Fusarium oxysporum causing wilt disease*. In *Fusarium: Disease, Biology, and Taxonomy*, P.E. Nelson, T.A. Toussoun, and R.J. Cook, eds (University Park, PA: Pennsylvania State University Press), pp. 391-399.
- ASSIGBETSE, K. (1993). « Pouvoir pathogène et diversité génétique chez *Fusariumoxysporumf. sp. vasinfectum*(Atk) Sn. et H., agent de la fusariose du cotonnier ». Thèse de doctorat, Université de Montpellier II.
- BARTSCHI, H., GIANINAZZI PEARSON, V., VEGGI, I. (1981). Vesicular-arbuscular mycorrhiza and root rot disease (*Phytophthora cinamomi* Rands) development in *Chamaecyparis lawsoniana* (Murr.) Parl. *Phytopathol. Z.*, 102: 213-218.
- BASHAN, Y., HOLGUIN, G. (1998). Proposal for the division of plant growth-promoting rhizobacteria into two classifications: biocontrol-PGPB (plant growth-promoting bacteria) and PGPB. *Soil Biol Biochem* 30:1225-1228.
- BENHAMOU N., CHET I. (1996). Parasitism of sclerotia of *Sclerotium rolfsii* by *Trichoderma harzianum*: ultrastructural and cytochemical aspects of the interaction. *Phytopathology* 86 : 405-416.
- BERNETT, H.L., 1958. *Imperfect Fungi*. 217p
- BESNARD O. & DAVET P. (1993). Mise en évidence de souches de *Trichoderma* spp à la fois antagonistes de *Pythium ultimum* et stimulatrice de la croissance des plantes. *Agronomie*, 13: 413-421.
- BOOTH, C. (1971). "The genus *Fusarium*. Kew. Commonwealth Mycological Institute".
- CHET I. (1990). Biological control of soil-borne plant pathogens with fungal antagonists in combination with soil treatments. In *Biological Control of Soil-borne Plant Pathogens*, eds. D. Hornby, pp.15-25. CAB International. Oxon, England.
- CLEYET-MARCEL, J.C., LARCHER, M., BERTRAND, H., RAPIOR, S., PINOCHET, X., (2001). Plant growth enhancement by rhizobacteria. In: Morot-Gaudry, J.-F. (Ed.), Nitrogen Assimilation by Plants: Physiological. Biochemical. and Molecular Aspects. *Science Publishers Inc.*, Plymouth, UK, pp. 185-197.
- CRAWFORD D.L., LYNCH J.M. AND OUSLEY M.A. (1993). Isolation and characterisation of actinomycetes antagonists of a fungal root pathogen. *Appl. Environ. Microbiol.*, 59(11), 3899-3905
- DANIELS, B.A., TRAPPE, J.M. (1980). Factors affecting spore germination of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus epigaeus*. *Mycologia* 72, 457-471.
- DOMMERGUES, Y., MANGENOT, F. (1970). *Ecologie microbienne du sol*. Masson, Paris.

- FORBES G.A., & DAVET P. (1990). Characterization and pathogenicity on seedlings of *Pythium* species isolated from soybean roots in the Toulouse area. *Agronomie*, 10: 825-830
- GIANINAZZI-PEARSON, V. (1982). Importance des mycorhizes dans la nutrition et la physiologie des plantes. Dans: Les mycorhizes, biologie et utilisations, Gianinazzi-Pearson, V. et Gianinazzi, S. (éds). INRA Pub., pp. 51-59.
- GIANINAZZI-PEARSON, V., TROUVELOT, A., MORANDI, D., MAROCKE, R. (1980). Ecological variations in endomycorrhizas associated with wild raspberry populations in the Vosges region. *Acta oecol.* 15: 111-119.
- GLICK, B.R., (1995). The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Can. J. Microbiol.* 41:109-117.
- HAAS D., AND KEEL C. (2003). Regulation of antibiotic production in root-colonizing *Pseudomonas* spp. and relevance for biological control of plant disease. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 41:117-153.
- HIBAR K., MEJDA D.R ET EL MAHJOUB M. (2007). Effets de certains fongicides de synthèse et biologiques sur la croissance mycéienne et l'agressivité de *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. *J. Tropicultura*, 25(3) :146-152
- HOWELL C. R. and R. D. STIPANOVIC. (1979). Control of *Rhizoctonia solani* in cotton seedlings with *Pseudomonas fluorescens* and with an antibiotic produced by the bacterium. *Phytopathology*, 69:480-482.
- HOWELL C.R. (2002). Cotton seedling preemergence damping-off incited by *Rhizopus oryzae* and *Pythium* spp. and its biological control with *Trichoderma* spp. *Phytopathology*. 92:177-180.
- HWANG S.F. (1988). Effects of VA Mycorrhizae and metalaxyl on growth of alfalfa seedlings in soils from fields with "Alfalfa Sickness" in Alberta. *Plant disease*, 72: 448-452.
- IDRIS H.A., LABUSCHAGNE N., KORSTEN N. (2007). Screening rhizobacteria for biological control of fusariumroot and crown rot of sorghum in Ethiopia ». *Biol. Control.*, 40 (1) 97 – 106.
- KLOEPER, J.W., (1994). Plant growth-promoting rhizobacteria. In: Okon, Y. (Ed.), Azospirillum/Plant Associations. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 137-166.
- LOU B.G., HARVEY P.R., WARREN R.O., ZHANG B.X. & RYDER M.H. (2000). Biological control of damping-off caused by ridomil-resistant *Pythium*. Proceedings of 5th International Workshop on Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. Auburn University, Cordora, Argentina.
- MAYO, K., DAVIS, R.E., MOTTA, J. (1986). Stimulation of germination of spores of *Glomus versiforme* by spore-associated bacteria. *Mycologia* 78 : 426-431.
- MALDAGUE M.-E. (1964). - C.R. Be Internation. Congr. Soil Sci. (Bucarest, Roumanie), 111, 24, 743-752.
- NELSON B.D., ET HANSEN, J.M. (1997).Reaction of soybean cultivars to isolates of *Fusarium solani* from the Red River Valley". *Plant Disease* 81:664-668.
- ONGENA M., DAAYF F., JACQUES P., THONART P., BENHAMOU N., PAULITZ T.C. AND BÉLANGER R.R. (2000). Systemic induction of phytoalexins in cucumber in response to treatments with fluorescent *Pseudomonads*. *Plant Pathol.*, 49(4):523-530.34
- PIANO S., NEYROTTI V., MIGHELI Q. AND GULLINO M.L. (1997). Biocontrol capability of *Metschnikowia pulcherrima* against *Botrytis* postharvest rot of apple. *Postharvest Biol. Technol.*, 11(3):131-140.
- PLENCHETTE, C. (1982). Recherches sur les endomycorhizes à vésicules et arbuscules. Influence de la plante hôte, du champignon et du phosphore sur l'expression de la symbiose endomycorhizienne. Ph'D Thesis, Univ. Laval. Québec, Canada.
- RAMACHANDRAN P. SUMMANWAR, A.S. et LAL. S.P. (1982).Cowpea top. Necrosis-caused by *Fusarium equiseti* (Corda) Sacc. Current Science 51:475-477.
- Reyes M.E.Q., Rohrbach K.G. and Paull R.E. (2004). Microbial antagonists control postharvest black rot of pineapple fruit. *Postharvest Biol. Technol.*, 33(2):193-203.
- RILLIG, M. C., MUMMEY, D. L. (2006). Mycorrhizas and soil structure. *New Phytologist*. 171: 41-53
- RODRIGUEZ, H., GONZALEZ, T., GOIRE, I., BASHAN, Y. (2004). Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growthpromoting bacterium *Azospirillum* spp. *Naturwissenschaften* 91:552-555
- SIRIPORN, S., PISAN, S., YUVADEE M. (2011). Arbuscular mycorrhizal fungi on growth,fruit yield, and quality of cherry tomato under glasshouse conditions. *Suranaree J. Sci. Technol.* 18(4):273-280
- STRULLU, D.G. (1991). Les mycorhizes des arbres et plantes cultivées. *Collection Tec. & Doc., Lavoisier*, Paris.
- TISDALL, J.M., OADES, J.M. (1982). Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science* 33: 141-163.

- WAKSMAN S.A. (1961). The Actinomycetes: their nature, occurrence, activities, and importance. *Chronic. Botan. Company, Walther, MA, USA.*YADAV, K.S., DADARWAL. K.R. (1997). Phosphate solubilization and mobilization through soil microorganisms. In: Dadarwal KR(ed) Biotechnological approaches in soil microorganisms for sustainable crop production. *Scientific, Jodhpur, India,* pp 293-308.

III. STRATEGIES DE CONSERVATION ET DE GESTION DURABLE

40. Importance écologique des Gestions Contractualisées des Forêts naturelles de Vohidahy et de Sahatsihô-Ambohimanjaka dans le Betsileo nord

RAKOTOARIVELO Malalaniaina Miora, RANDRIAMIFIDISON Rindra, RAZAFINDRAJAONA Jean Marie

Institut Supérieur de Technologie d'Ambositra

Résumé

La Gestion Contractualisée des Forêts ou Gcf est une forme de déclinaison de la Gestion Locale et Sécurisée sur la forêt (Gelose). La Gcf, tout comme la Gelose, fait partie des dispositifs pour la gestion durable mis en œuvre à Madagascar, au début des années 90. La Gcf apparaît spatialement en un zonage forestier où un aménagement forestier durable doit se faire avec une approche locale et communautaire. Le Betsileo nord fait l'objet de la mise en place de la Gcf depuis 2003. Cette région est dotée d'une potentialité forestière caractérisée par une forêt dense humide (série *Weinmania* et *Tambourissa*) vers l'Est et une forêt dense sclérophylle (largement dominé par le *Uapaca bojeri*) vers l'ouest. L'objectif de cette étude est d'évaluer le rôle de la Gcf dans le maintien des fonctions écologiques des forêts naturelles dans les localités de Vohidahy et Ambohimanjaka dans le Betsileo nord. La principale méthode de recherche repose sur l'utilisation du système de Principes-Critères-Indicateurs de la FAO où sont issus deux critères écologiques : le maintien de la diversité biologique et la fonction de protection. Les principaux résultats évoquent que la Gcf a permis de ralentir la déforestation, sans toutefois éliminer différentes pressions préjudiciables pour l'écosystème. Ce mode de gestion permet de protéger la forêt au premier plan, puis de fournir des services écosystémiques et socio économiques au second plan. La considération de l'importance de la conservation et la protection de la diversité biologique par les populations locales tend à la hausse. Dans les zones de protection : la conservation des espèces est optimale tandis que dans les zones à autre vocation : la biodiversité demeure constamment menacée.

Mots clés: Ambohimanjaka, Vohidahy, forêt de tapia, forêt dense sclérophylle, Gcf, fonctions écologiques.

Introduction

A partir des années 90, il y a eu un net changement dans la formulation des politiques environnementales mondiales dont le précurseur a été le Sommet de la Terre, avec une volonté d'impliquer beaucoup plus la population locale. A Madagascar, ceci est illustré par la naissance de la Gelose en 1996 et de la Gcf en 2002. Ces deux dispositifs sont réalisés, à travers un contrat de gestion entre l'Etat, les communautés locales de base et la commune de rattachement des ressources. Ayant comme objectif principal l'atteinte de la gestion durable, la Gelose et la Gcf doivent allier l'équilibre de trois domaines: l'environnement (l'écologie), le social et l'économie. Tout cela nous a menés à la problématique de l'atteinte de ces différents objectifs par la Gcf, en l'occurrence celui écologique (régulation de l'écosystème, protection de la biodiversité, ...), largement exploité dans cette étude, en vue de proposer une amélioration ou une rectification.

Une zone d'étude spécifique a été choisie avec deux localités du Betsileo nord : Vohidahy et Ambohimanjaka. Ces dernières ont été choisies, du fait qu'elles présentent une importance particulière grâce à la présence des forêts naturelles de type sclérophylle à Ambohimanjaka et dense sempervirente à Vohidahy. Les contrats de gestion ont été signés à partir de 2004 et sont aussi entrés dans un renouvellement pour une période de dix ans.

Parler de la Gcf est loin d'être un discours nouveau. Plusieurs questions peuvent être soulevées : « Qu'est-il advenu des contrats de gestion ? Est-ce que la Gcf a pu atteindre ses objectifs préliminaires ? Existe-t-il une différence entre la situation d'avant et après Gcf ? etc. L'objectif principal de cette étude consiste à faire une évaluation du mode de gestion en place, c'est à dire la Gcf à travers les sept thématiques communes de la gestion durable conçues par la FAO en 1994 (Jean-Paul Lanly, 1995) qui sont :

- l'étendue des ressources forestières,
- le maintien de la diversité biologique,
- la santé et la vitalité des arbres,

- la fonction de production,
- la fonction de protection,
- les fonctions socio économiques,
- et le cadre juridique et institutionnel.

Ces thématiques sont traduites en un système de Principes-Critères-Indicateurs. Elles sont issues de la définition de la gestion durable la plus largement adoptée au niveau mondial. Ils constituent également les lignes directrices aux choix des méthodes sollicitées pour la présente étude.

Démarche de recherche

L'intérêt de l'utilisation d'un système de PCI réside dans le fait que les indicateurs dictent et orientent le chercheur dans ses méthodes de collecte de données. Etant donné que l'étude se focalisera sur l'aspect écologique de la Gcf, deux critères seulement sont utilisés : le maintien de la diversité écologique et la fonction de protection.

Ces deux critères se déclinent ensuite en quelques indicateurs.

Tableau n°01 : PCI de la FAO

Critère	Indicateurs
Maintien de la diversité écologique	Superficie des forêts primaires
	Superficie affectée à la conservation
	Superficie des forêts dans les Aires Protégées
	Comparaison en espèces arborescentes des forêts
Fonction de protection	Conservation des sols et de l'eau
	Séquestration de carbone

Source : JP Lanly, 1995

Pour obtenir des résultats fiables, des méthodes spécifiques de collecte et d'analyse de données sont choisies pour chaque indicateur.

Tableau n°02 :

Indicateurs	Méthode
Superficie des forêts primaires	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse cartographique diachronique, • Exploitation de base de données
Superficie affectée à la conservation	
Superficie des forêts dans les Aires Protégées	
Comparaison en espèces arborescentes des forêts	
Séquestration de carbone	Inventaire forestier floristique
Conservation des sols et de l'eau	Exploitation de base de données

L'analyse cartographique a été menée, avec l'utilisation de photos aériennes et des images satellites (de type landsat) pour deux années ayant au moins un intervalle de cinq ans dans le but de définir l'itinéraire de la dynamique de la couverture végétale. La méthode du phytosociologue Braun Blanquet est celle choisie pour l'inventaire forestier, comme nous avons eu surtout besoin des données sur le coefficient abondance-dominance, dans le but de répondre aux indicateurs : comparaison en espèces arborescentes des forêts et taux de séquestration de carbone. Les bases de données exploitées sont notamment celles contenues dans les documents de renouvellement des contrats de gestion et le peu que contiennent la littérature primaire.

Résultats

Les fonctions écologiques assurent la capacité des écosystèmes à faire face à des perturbations et à se maintenir dans un état favorable à la production des services. Le rôle de la forêt dans le cycle de l'eau, de l'air et dans le maintien de la biodiversité est inestimable.

Rôle de régulation des forêts naturelles

A une échelle plus petite, la régulation des flux hydriques par la forêt (absorption, ruissellement et évapotranspiration) peut avoir des influences marquées sur le climat local. A l'exemple de Vohidahy, grâce à la présence de la végétation naturelle, le taux d'hygrométrie est relativement élevé (RABETSIMAMANGA R, 2006). Les crachins ainsi que des brouillards matinaux sont très fréquents. A 7h du matin, le taux d'humidité relative est de 97% et descend à 80 % vers midi. A l'intérieur de la forêt de Vohidahy, plusieurs cours d'eau prennent leurs sources et alimentent le réseau hydrographique local.

Protection et restauration des sols forestiers

Les formes d'érosion visibles, mais peu fréquents dans nos deux localités sont les lavakas à Ambohimanjaka et les glissements de masse à Vohidahy. Le lavaka²⁶ est une forme d'érosion qui affecte les versants des Hautes Terres malgaches. A Ambohimanjaka, ils sont majoritairement causés par le transport de bois ronds de pinus sur les versants, qui piétinent et détruisent la végétation. La plupart de ces lavakas sont actifs, tandis que les lavakas anciens ou en cours de stabilisation sont peu nombreux. Le phénomène de lavakisation n'est pas un fait ignoré des communautés locales d'Ambohimanjaka. Des glissements de terrain se produisent à Vohidahy, à mi-versant de la colline, provoquant une fracture et un arrachement dont la principale cause est la saturation en eau, des terres. Un des moyens pour prévenir les glissements de masse est la plantation d'arbres qui peuvent augmenter l'évapotranspiration des plantes et la régulation des eaux d'infiltration. Des activités de recolonisation des lavakas sont menées par les VOI à Ambohimanjaka par les plantations de bananiers et *radriaka* (*Lantana camara*). Dans le but de protéger les sols forestiers, il est stipulé dans le Cahier des charges section 3, article 6 que les VOI doivent suivre des techniques agricoles adéquates.

Espèces prédominantes et taux de séquestration carbone

L'inventaire forestier mené dans les forêts de Vohidahy et d'Ambohimanjaka a largement démontré la prédominance de deux espèces :

- le *rotra* (*Syzygium benieri*), dans la forêt dense humide ; la prolifération de cette espèce peut résulter de la dégradation de la forêt naturelle ;
- le *tapia* (*Uapaca bojeri*), dans la forêt dense sclérophylle d'Ambohimanjaka qui est une espèce plus xérophyte et adaptée au régime climatique à Ambohimanjaka.

A partir du diamètre à hauteur de poitrine (dhp), il a été possible de calculer le taux de séquestration de carbone pour ces deux espèces pour déterminer leur potentiel dans le piégeage de carbone selon la formule de Morel, 1987.

Tableau n°03 : Taux de séquestration de carbone du *rotra* et du *tapia*

Espèce	Dhp (en cm)	CO ₂ (t/ha)	C dans la litière (kg)
<i>Rotra</i>	67	24,57	1,44
<i>Tapia</i>	18	3,27	0,38

Dhp : diamètre à hauteur de poitrine (environ 1,60m au dessus du sol)

C : Carbone

CO₂ : gaz carbonique

Plus le dhp est grand, plus l'arbre capte beaucoup plus de carbone. Etant répandues, ces deux espèces participent dans la séquestration de carbone même s'ils sont de petite envergure (dhp moyen...)

Conservation de la biodiversité

Le zonage forestier est composé de trois à quatre zones délimitées à partir de la potentialité de la forêt obtenu par un inventaire forestier. Selon le type de forêts et. A Vohidahy et Ambohimanjaka, la superficie de ces zones varie. La conservation de la biodiversité se fait dans la zone de conservation.

²⁶ Mot malgache qui peut traduire les formes d'érosion en ravin



Figure n°01 : Zonage forestier à Vohidahy et Ambohimanjaka

N'ayant pas d'utilisation économique autorisée par les réglementations en vigueur, la forêt de tapia est gérée de manière à protéger la biodiversité qui lui est propre. En effet, par rapport à Vohidahy, les superficies des zones de conservation sont plus substantielles. Seuls, les produits forestiers non ligneux sont valorisés à l'intérieur de cette forêt. A Vohidahy, la population est traditionnellement liée à la forêt. Plusieurs activités ont lieu dans cette forêt : conversion en terres agricoles par le tavy (qui est interdit), prélèvement de bois d'œuvre pour l'artisanat et la construction, collecte de bois énergie et de produits non ligneux. A cet égard, les zones de production et les zones de droits d'usage sont plus consistantes.

Discussions

La revue préliminaire des données obtenues donnent un aperçu assez mitigé des résultats de la Gcf sur le domaine écologique. La Gcf à Madagascar fait face à beaucoup de contraintes (Chantal Blanc-Pamard, 2008). La population est traditionnellement liée à la forêt. La Gcf a permis : de ralentir la déforestation sans toutefois enrayer le processus, de protéger une portion de la forêt naturelle et sa biodiversité et de conscientiser les membres des VOI. Mais, il y a une manque considérable de suivi et un non maîtrise des exploitations illicites très préjudiciables pour la forêt naturelle (*tavy*, prélèvement de bois d'œuvre, feux de brousse,...).

Conclusion

La Gcf, à travers le zonage forestier a permis à la forêt de jouer ses rôles écologiques de façon optimale seulement dans les zones de conservation. Les autres zones sont soumises à de fortes perturbations comme ils ont une vocation d'ordre économique. De cet ordre, il faut mieux considérer les rôles écologiques de la forêt. Il est aussi nécessaire d'améliorer les conditions de suivi et de contrôle de la DREEF et renforcer les capacités des membres des VOI. Un déploiement d'efforts supplémentaires est important pour la restauration ou la réhabilitation du manteau forestier naturel.

Bibliographie

- FAO. Evaluation des ressources forestières mondiales en 2010, Rapport Principal. FAO Etude : Forêts, 377 pages
- Rabetsimamanga Rojo Sitraka. Contribution à l'étude de la mise en place d'une aire protégée de catégorie V à Madagascar. Enjeux-constraints et perspectives. Cas du pays Zafimaniry. Mémoire d'Ingénierat, Département des Eaux et Forêts, ESSA, 2006. 68pages.
- Jean Paul Lanly, La gestion forestière durable : leçons d'histoire et développement récents in *FAO 50 ans d'activité forestière*, 1994 in URL : <http://www.fao.org/docrep/v6585f/v6585f07.htm>
- Blanc-Pamard Chantal et Ramiarantsoa Hervé Rakoto, « La gestion contractualisée des forêts en pays betsileo et tanala (Madagascar) », *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Environnement, Nature, Paysage, document 426, consulté le 28 avril 2016. URL : <http://cybergeo.revues.org/19323>

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier toutes les institutions et les personnes qui ont contribué à la réalisation et la publication de cet article.

41. Les communautés locales face à l'utilisation du système multilatéral d'accès aux ressources phylogénétiques et de partage des avantages pour l'adaptation aux changements climatiques – Cas d'Analavory et d'Antavolobe

RAKOTONIAINA RANAIVOSON Naritiana¹, ANDRIAMAHAZO Michelle², RAKOTONANDRASANA Nandrianina², RAKOTONIARIVO Rodin³, OTIENO Gloria⁴

¹ Institut Supérieur Des Technologies D'Ambositra, ²Ministère Auprès de la Présidence chargé de l'Agriculture et de l'Elevage, ³Service d'appui à la Gestion de L'environnement, ⁴Bioversity International

RESUME

Les études de l'Institut Maplecroft en 2011 classent Madagascar comme troisième pays à risque, en termes de vulnérabilité au changement climatique. Etant un pays dont la majeure partie de la population vit de l'agriculture, les répercussions de ces changements climatiques conduisent à une situation d'insécurité alimentaire. Des mesures d'adaptation s'imposent pour assurer la sécurité alimentaire dans l'avenir. En parallèle, la ratification du Traité International sur les Ressources Phylogénétiques pour l'Agriculture et l'Alimentation (TIRPA) et du Protocole de Nagoya fait faire valoir un accès aux ressources génétiques, facilité surtout le TIRPA, à travers son système multilatéral (SML). Le présent article a pour but d'expérimenter des méthodologies et outils, pour répondre au changement climatique par l'utilisation du SML au niveau des communautés locales à Madagascar. La méthodologie appliquée a été d'abord la sélection de deux sites, l'un avec des communautés d'agriculteurs et l'autre, avec des communautés forestières. Il y a été donc réalisé des identifications des ressources génétiques agricoles, faisant l'objet de pressions au changement climatique par la Recherche-Action participative, à travers la Méthode « Résilient seeds systems ». Les résultats ont montré une caractérisation de la variation climatique pour les deux sites, l'identification de germoplasmes potentiellement adaptables au SML, en utilisant la modélisation de l'aptitude au climat et aux cultures pour les haricots et l'identification de 512 accessions de haricots, pour les conditions climatiques d'Antavolobe et 282 accessions de haricots, pour Analavory à travers différentes banques de gènes dans le monde.

1. Introduction et contexte

Madagascar, malgré un taux minime d'émission de Gaz à Effet de Serre (GES), comparé aux pays grands émetteurs a été classée en Janvier 2011, au niveau mondial par l'Institut Maplecroft comme troisième pays à risque, en termes de vulnérabilité au changement climatique. En tenant en compte de ces aspects climatique et de l'importance de l'agriculture pour les communautés locales, des mesures d'adaptation s'imposent pour assurer la sécurité alimentaire dans l'avenir. La Stratégie nationale face au changement climatique élaborée en 2012 par le Gouvernement malagasy prévoit des activités dans ces différents domaines pour une période allant de 2012 à 2025. De plus, un Plan d'actions nationales sur la gestion et la conservation des ressources de l'agrobiodiversité a aussi été élaborée en 2006. Il est aussi à prendre en compte le rôle majeur joué par le Traité International sur les Ressources Phylogénétiques pour l'Agriculture et l'Alimentation (TIRPA) par son système multilatéral (SML). Ce SML, créant un système d'échange de matériels génétiques entre plus de 140 pays, assure ainsi la conservation et la gestion durable des ressources de la biodiversité, mais aussi un accès facilité aux ressources génétiques et un partage équitable des avantages découlant de l'utilisation de ces ressources pour l'alimentation et l'agriculture.

La problématique réside dans la mise en œuvre de conventions internationales sur les ressources génétiques au niveau local. Face à l'insécurité alimentaire et au changement climatique, comment ces instruments peuvent-il être utiles ? Comment les communautés locales pourront-elles obtenir des avantages par ce Système multilatéral (SML) en tenant en compte le principe du partage des avantages considérés dans ces instruments ?

Ainsi, le présent article a pour but d'expérimenter des méthodologies et outils pour répondre au changement climatique par l'utilisation du SML au niveau des communautés locales à Madagascar. Les hypothèses suivantes ont été émises:

Hypothèse 1: Les méthodes et outils pour utiliser le Système Multilatéral (SML) peuvent être maîtrisées par les communautés locales.

Hypothèse 2: Face au changement climatique, le SML peut répondre aux besoins en RGAA pour la sécurité alimentaire au niveau communautaire.

2. Méthodologie

• Selection de deux sites

Il a été décidé de travailler dans deux sites différents dont les caractéristiques sont la richesse en biodiversité. L'un des sites riches en biodiversité est le site d'Antavolobe, à l'Est de Madagascar avec une

communauté locale forestière et le deuxième site est le site d'Analavory dans le Moyen-Ouest de l'île avec une communauté de paysans agriculteurs.

Le site d'Antavolobe, une de nos zones d'étude est située à environ 150 kilomètres à l'Est d'Antananarivo, entre 18°57' et 18°59' de latitude Sud, 48°30' et 48°35' de longitude Est et une altitude ne dépassant pas 1140 m. il est localisé dans la Commune Rurale d'Andasibe (District de Moramanga- Région Alaotra Mangoro) où l'on trouve le village d'Antavolobe. (Région Alaotra Mangoro, 2006). C'est l'un des sites le plus accessible dans le Corridor Forestier Ankeniheny Zahamena. Le paysage de la zone se caractérise par une grande étendue de forêt primaire et par la coexistence de parcelles de jachères et de lisières forestières du Corridor de l'Est. En ce qui concerne les changements climatiques, la position en altitude d'Antavolobe Iaroka (1065 m en moyenne) le rattache au domaine du Centre de l'Est malgache (Perrier De La Bathie, 1921 – Humbert Et Cours Darne, 1965). Cette situation lui confère des caractères de sous-région climatique de la Région orientale (Donque, 1975), influencée par l'Alizé.

La Commune Rurale d'Analavory est située dans le District de Miarinarivo (Région Itasy), elle se trouve à 120 kilomètres à l'Ouest d'Antananarivo. La région Itasy où est localisée la Commune d'Analavory est caractérisée par une faible couverture forestière (forêts sclérophylles et plantations artificielles ne représentant que 2,7 % de la superficie totale de la région) et une grande étendue de formations herbeuses (savanes, 49 % de la superficie de la région). Ces caractéristiques, ajoutées aux diverses pressions humaines et à la nature du sol généralement fragile, constituent des facteurs favorisant les phénomènes d'érosion par l'eau et le vent ainsi que les mouvements de terrain (glissements de terrain et chutes de pierres).

- **Récolte des données : Méthode « Résilient seeds systems » avec les communautés locales.**

Dans l'objectif de renforcer les capacités des communautés locales à appliquer le système multilatéral d'accès et de partage des avantages pour l'adaptation aux changements climatiques, la méthode du "Résilient seeds systems" a été adoptée à travers des recherche- actions participatives. Cette méthode a permis d'identifier les types de cultures qui sont affectées par les changements climatiques pour chaque site.

Cette méthode comporte deux étapes :

- ❖ Etape 1: La connaissance de la perception des agriculteurs des changements climatiques dans leur terroir;
- ❖ Etape 2: L'évaluation de la biodiversité agricole faites par les communautés locales par :
 - Le listing des variétés agricoles existantes dans leurs terroirs respectifs
 - L'analyse selon l'analyse à 04 cellules de chaque culture importante suivant les paramètres ayant trait à la taille des surfaces cultivées et du nombre de paysans les pratiquant.

Une dizaine de scientifiques ont pris part à cette recherche- action et 69 paysans issus des 02 sites dont 34 hommes et 33 femmes.

- **Traitements des données**

La sélection par SIG des accessions /échantillons, appropriées des types de cultures choisies a été effectuée à partir de la base de données Genesys. Genesys présente des collections de différentes institutions et une couverture géographique qui ont été collectées dans des conditions climatiques similaires / analogues aux conditions climatiques nouvelles. C'est une passerelle, à partir de laquelle les accessions de germoplasme des banques de gènes du monde entier peuvent être facilement trouvées et commandées, elles comprennent des collections détenues par des banques nationales de gène et des centres de recherche divers. Ils sont disponibles gratuitement et utilisent des données de passeport pertinentes pour chacune des accessions.

Les collections des espèces ciblées ont été ciblées à l'aide d'une combinaison de SIG et d'ensemble de données climatiques actuelles de Worldclim pour développer des profils climatiques. Les variables agroécologiques de chaque localité ont été extraites à l'aide d'ArcGIS 10. Chaque accession avait une zone agro-écologique unique. Les accès, en fonction de trois variables (température moyenne annuelle, précipitations annuelles et zone agroécologique), ont été regroupés. Les variables suivantes ont été calculées à partir de température moyenne annuelle et les précipitations annuelles, à partir des précipitations minimales et maximales de chaque mois et des températures à l'aide des formules ((tmin1 + Tmax1) / 2 + (tmin2 + Tmax2) / 2 + (tminn + Tmaxn) / 2) / 12 et (prec1 + prec2 + precn) respectivement et correspondent à la saison de croissance à chaque site de référence. Finalement, les accessions sélectionnées étaient cartographiées pour fournir une visualisation de la variation du nombre et de la répartition géographique des accessions appropriées à l'heure actuelle.

3. Résultats

Les résultats présentent la caractérisation de la variation climatique pour les deux sites selon les points de vue des paysans, les conséquences de ces changements climatiques sur les cultures, l'identification des RGAA à rechercher et celles adaptables au SML en utilisant la modélisation de l'aptitude au climat et aux cultures.

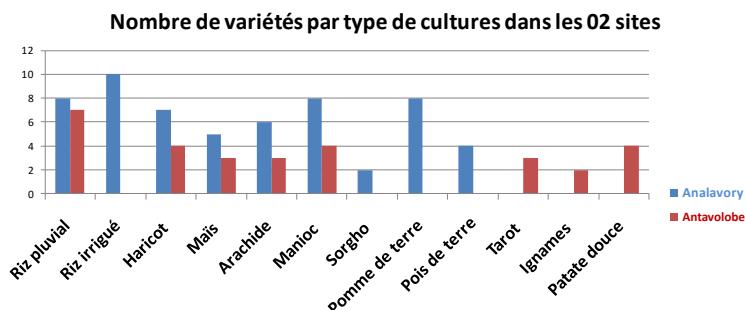
3.1. Caractérisation de la variation climatique et conséquences pour les deux sites par les paysans.

Les échanges avec les communautés locales d'Antavolobe ont permis de savoir que, localement, le changement climatique se traduit par l'allongement de la période hivernale, avec des forts crachins depuis le mois d'Avril au mois d'Août. Il y est aussi mentionné le raccourcissement de la période sèche. Pour la saison pluvieuse, l'été proprement dit ne s'étale que du mois de Janvier à Mars. Au final, il y est constaté 10 mois de pluies et 2 mois de période sèche et ensoleillée. Comme conséquence, dans le site d'Antavolobe les dates de semis sont retardées, le calendrier cultural est perturbé, la mise en place de certaines cultures vivrières est compromise et la fertilité du sol diminue. Il y est noté aussi la pourriture des grains, non seulement au niveau du semis, mais surtout à la période de récolte, due à la forte intensité des pluies et le manque d'ensoleillement. L'existence d'une période sèche critique avec des vents violents, au milieu de la floraison du riz. Cette dernière est accentuée par la pression démographique et la diminution de surface cultivable ainsi que le non-respect de période de jachère.

Pour le site d'Analavory, la variabilité climatique est une réalité palpable pour les paysans d'Analavory, Il s'agit des constats faits par les producteurs sur certains événements récents ou lointains qui les ont marqués et dont la cause est attribuée aux longs changements des températures ou des précipitations moyennes ou même de certaines variations climatiques, telles que le retard de l'installation de la saison des pluies ou une fin précoce de celle-ci et des dégâts causés par les inondations, marquée également par des épisodes de sécheresse et/ou phénomènes climatiques (cyclones) plus intenses et plus fréquents détruisant les récoltes, qui dans leur grande majorité ressentent. La perturbation climatique dans la région se traduit surtout par la perturbation du calendrier cultural puisque les premières pluies n'apparaissent que tardivement et retardent le semis. Pendant la période pluvieuse entre février et mars, des vents violents frappent la région qui s'intensifient d'année en année, affectant la production, de plus, les paysans remarquent surtout la propagation des maladies et le pullulement des insectes. Les événements cycloniques impactent fortement les cultures surtout la riziculture inondée qui s'en trouve meurtrit.

3.2. Etats des lieux /Identification des RGAA à rechercher

Suite à l'application de la méthode du « Resilient seeds systems », de nombreux types de culture ont été identifiés dans les deux sites.



A Analavory, le haricot a été choisi par les agriculteurs, comme étant une ressource ayant besoin de nouvelles accessions.

A Antavolobe, les agriculteurs ont convenu de travailler sur le riz et les haricots en raison des effets du changement climatique.

Les variétés appropriées du riz ont été identifiées et sont disponibles au niveau local à travers Africa Rice et le FOFIFA. De ce fait, le haricot a fait l'objet de recherche dans le système multilatéral à travers le monde.

3.3. Identification de germoplasmes potentiellement adaptables au SML en utilisant la modélisation de l'aptitude au climat et aux cultures pour les haricots

La sélection par SIG des haricots se sont faites sur 33057 accessions de haricots existant dans toutes les collections mondiales. Le criblage selon l'aptitude au climat et aux cultures de haricot a montré pour chaque site les résultats suivants :

Pour le cas d'ANTAVOLOBE présentant un climat frais et humide, 512 accessions potentiellement adaptables de haricots ont été identifiées. La plupart des adhésions proviennent de l'Amérique du Sud et de l'Amérique centrale spécialement en Argentine, au Pérou, au Venezuela, en Colombie et au Mexique. Ces accessions sont disponibles dans les banques de gènes du CIAT et du World Vegetable Center.

Pour le cas d'Analavory qui présente globalement un climat plus chaud et plus sec, 282 accessions de haricots ont été identifiées pour les conditions climatiques actuelles. La répartition géographique des accessions identifiées se situe en Ouganda, au Rwanda, au Congo, en République démocratique du Congo, en Éthiopie, à Madagascar, en Inde et en Australie. Ces accessions sont disponibles dans les banques de gènes du CIAT et de l'USDA.

4. Discussions

4.1. Constat des évolutions des changements climatiques dans les 02 sites :

La projection climatique vers 2055 faite par RANDRIAMAROLAZA en 2009, fait mention d'une hausse de température de 1,6°C à 2,6°C dans le Sud, de 1,1°C à 1,8°C dans les zones côtières et de 1,3°C à 2,5°C pour le reste de l'île. Il y est aussi prévu une diminution des précipitations, surtout de Juin à Novembre sur une grande partie de l'île, les épisodes sèches deviendront plus longues, tandis les pluies seront concentrées sur une plus courte période, mais il y aura augmentation des intensités des pluies sur le versant Ouest, donc plus de risque d'inondations. Comparées aux différentes observations recueillies auprès des paysans des deux sites, certaines données concordent en particulier sur la réduction des saisons pluviales et l'allongement des périodes sèches. Les autres paramètres climatiques demandent des observations à plus long terme et plus de technicité et ne peuvent être discutés.

4.2. Identification des RGAA à rechercher:

Les ressources génétiques dont il est demandé de nouvelles variétés face aux changements climatiques ne sont pas forcément les aliments de base, tels que le riz, mais sont aussi tournées vers d'autres cultures. Ces cultures peuvent répondre à différents critères tels que les comportements occasionnés par les changements climatiques, les prix de vente, la demande du marché, la possibilité d'autoconsommation en cas de mévente,...

4.3. Recherche des RGAA/SML, quand les RGAA compatibles sont identifiées, comment les acquérir?

Les communautés des paysans ont pu identifier les ressources génétiques qui peuvent leur être utiles en appliquant des méthodes éprouvées, mais les procédures d'identification des potentiels fournisseurs et de l'obtention des ressources génétiques sont presque impossibles à réaliser à leur niveau. Il est donc nécessaire de bénéficier d'appui des structures accompagnatrices pour ces derniers. Ces structures peuvent provenir du secteur public comme du secteur privé.

Une fois les ressources obtenues, il va falloir les multiplier, des appuis techniques, financiers et organisationnels sont nécessaires pour l'effectivité de ce processus d'utilisation du Système Multilatéral.

5. Conclusion

Malgré l'existence des méthodologies et des outils, l'application du SML n'est pas évidente pour les communautés locales à Madagascar. Il faudrait développer la capacité des communautés à utiliser ces outils et à s'organiser à cet effet.

Ainsi, pour la vérification de l'hypothèse 1, une partie est acceptée concernant les méthodes d'identification des besoins en ressources génétiques, une partie rejetée car la recherche des ressources génétiques dans les banques de gènes au niveau mondial nécessite beaucoup de technicité, de connaissances et de moyens qui ne sont pas à la portée de toutes les communautés locales. En ce qui concerne l'hypothèse 2, elle est acceptée.

Les communautés locales face aux changements climatiques et à l'utilisation des accès aux ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture, en dépit des outils et stratégie mis à disposition par l'administration, il est plus qu'important qu'elles sortent de cette position d'attentisme et qu'elles aient une volonté de prendre en main leur développement.

Bibliographie

- Région Alaotra Mangoro- 2006- Politique environnementale régionale- 70 pages.
- Ministère de l'agriculture, 2012- Stratégie nationale face aux changements climatiques. République de Madagascar.
- Randriamarolaza L. 2009- Le changement climatique à Madagascar- Atelier sur l'adaptation au changement climatique de la coi.
- Perrier de la Bathie- 1921- La végétation malgache- Musée colonial- Botanique- 268 pages.
- Humbert and Cours Darne- 1965- Végétation map.
- Donque G.- 1975- Contribution géographique à l'étude du climat de Madagascar- Annales de géographie.
- Région Itasy- 2006- Rapport d'analyse régionale de la Région Itasy.

IV. SECURITE ALIMENTAIRE ET NUTRITIONNELLE, VALORISATION

42. Potentialités nutritionnelles de « *Tacca pinnatifida* », tubercules consommés pendant la période de disette alimentaire dans la région de Vatovavy-Fitovinany (Madagascar)

RAKOTOARIMANANA Rija Andriamahandry. ^{(a)/ (b)}, **RASOLOHERY C. A.** ^(c),
RANDRIAMAMPIONONA R.H. ^(c), **RAKOTOZAFY J. C. R.** ^{(a), (d)}**RAZANAMPARANY J. L.**

^(a) Laboratoire de Biologie Moléculaire – Université de Fianarantsoa, ^(b) Institut Supérieur des Sciences et Technologie, Université de Fianarantsoa, ^(c) Laboratoire Plante – Santé Fianarantsoa ^(d) Laboratoire de Biochimie appliquée aux Sciences de l'Alimentation et à la Nutrition, Université d'Antananarivo

Résumé

Tacca pinnatifida est une plante à tubercule qui pousse à l'état sauvage à Madagascar et dans certains pays d'Afrique et d'Asie. Elle appartient à la famille des Taccaceae. Ce tubercule est un aliment non conventionnel, mais sa féculé est consommée pendant la période de disette alimentaire dans la région de Vatovavy-Fitovinany. Cette étude a, pour objectif, de déterminer les propriétés biochimiques et nutritionnelles de ce tubercule, ainsi que sa féculé. Les résultats ont montré que, par rapport à la matière sèche, *Tacca pinnatifida* a une teneur élevée de glucide soit 96,94% qui justifient son appellation locale « tavolo », en cendres brutes 1,45%. Sa teneur en protéine est de 1,4 %, faible par rapport à celle de *Tacca leontopetaloides*, mais notable par rapport à celle de patate douce (0,4%) et de manioc (1,3%). Sa teneur en lipides est très faible soit 0,21% qui diminue jusqu'à 0,06% pour la féculé. Après criblage phytochimique, les facteurs antinutritionnels présents sont principalement les alcaloïdes et saponines qui disparaissent dans la féculé. Cependant, la féculé de *Tacca pinnatifida* a un taux élevé de sucres simples soit 17,30% de MS par rapport au tubercule entier (0,28%).

Les apports caloriques pour 100g de matières sèches de tubercule et de féculé sont respectivement 395,25 et 400,3 Kcal. Le glucide constitue la principale source calorique. La consommation exclusive de ce tubercule et de sa féculé ne couvre pas les besoins nutritionnels, elle devrait être associée avec d'autres aliments riches en protéine et à teneur notable en lipide.

La féculé n'est pas destinée à l'alimentation uniquement, mais aussi à des fins technologiques comme agent de texture dans la transformation alimentaire, la fabrication des emballages biodégradables. Ainsi, il est déjà domestiqué par quelques associations paysannes dans les hautes terres.

Mots clés : *Tacca pinnatifida*, tubercule, féculé, potentialité nutritionnel, facteur antinutritionnel, domestication

Introduction

La malnutrition constitue un problème de santé publique dans plusieurs pays africains, en particulier à Madagascar. La plupart des malgaches ne mangent pas convenablement, à cause du faible revenu et de l'ignorance [1]. L'utilisation des ressources disponibles locales contribue à résoudre ce problème ; ainsi *Tacca pinnatifida* est une plante à tubercule dont sa féculé est consommée pendant la période de disette alimentaire [2]. Faute des données et de méconnaissance de ce tubercule, ce dernier a été presque oublié.

L'objectif de notre étude est de valoriser les ressources locales, de déterminer les potentialités nutritionnelles de ce tubercule, et de vulgariser les techniques et pratiques d'utilisation, afin de diversifier son emploi. Cela contribue davantage à l'éradication de la malnutrition



Matériels et méthodes

Matériel végétal

Tacca pinnatifida est une plante à tubercule non conventionnelle. Elle se trouve dans des zones à végétation buissonnante, de type savane et de forêts tropicales. La collecte des tubercules a été faite au mois de mai 2015, à Vohipeno de la région de Vatovavy-fitovinany où la plante est appelée « tavolo » ou « kabija ». Les tubercules ont été déterrés et mis dans un sac en jute, puis acheminés au laboratoire pour servir d'analyse. Ces tubercules ont été nettoyés à l'eau puis laissés s'évaporer jusqu'à l'égouttage total de l'eau .

Méthodes

Préparation de farine : Les tubercules sont épluchés, coupés en cossette, puis séchés dans une étuve ventilée à 45° C pendant 24h [3]. Ainsi les cossettes sèches sont broyées à l'aide d'un broyeur puis tamisées par une voile avec une maille 0,5mm. La farine obtenue sera stockée dans un endroit sec.

Préparation de féculle : Les tubercules frais ont été râpés à l'aide d'une râpe inoxydable, puis lessivés plusieurs fois à l'eau distillée. Cette opération de lessivage s'est répétée 3 à 4 fois jusqu'à l'obtention d'une féculle pure ; cela dure 16 à 18h. Chaque trempage a été fait avec 15 litres d'eau pour 1 kg de râpage, l'ensemble est laissé se décanter. Après, l'eau de décantation est jetée, une autre quantité d'eau était ajoutée pour un lessivage suivi de malaxage puis une décantation. Quand le surnageant est devenu limpide, la féculle est recueillie, puis lyophilisée ou séchée au soleil sur un imperméable en polyéthylène [4]. La féculle sèche peut être stockée dans des boîtes inoxydables hermétiquement fermées [3].

Analyse des propriétés biochimiques et nutritionnelles

La teneur en eau a été déterminée par la méthode de GUILBOT [5] ; il s'agit de dessécher la farine ou la féculle à 105°C. Les lipides totaux ont été dosés par la méthode d'extraction au solvant organique (n-hexane) à chaud [6]. La protéine a été déterminée par la méthode de Kjeldhal qui consiste en la minéralisation de l'azote organique, puis la distillation de l'ammoniac libéré suivi d'une titration [7]. Le taux de protéine total a été obtenu, en multipliant l'azote total par le facteur de conversion 6,25. Les cendres ont été obtenues par l'incinération de la farine et de la féculle à 550°C, pendant 3h [8]. Le taux de glucides totaux peut être déduit par la différence entre la teneur en extrait sec et la somme des teneurs en protéine, en lipides, et en cendres [9]. L'amidon a été dosé par la méthode polarimétrique d'Ewers [10] qui est basée sur l'hydrolyse à chaud de la farine ou de la féculle, suivie d'une défécation. Les fibres ou la teneur en cellulose ont été déterminées par la méthode de GUILLEMET [11] ; cette technique consiste à l'incinération de résidu sec obtenu après traitement à l'acide formique.

La détermination des facteurs antinutritionnels a été faite par criblage phytochimique [7]. Les alcaloïdes sont déterminés par le test de Wagner, de Dragendorff, et de Mayer. Les saponines sont déterminées par la méthode afrosimétrique basée sur la formation des mousses stables. Les flavonoïdes sont dosés par le test de Wilstatter et de Bate Smith.

L'analyse microbiologique consiste à déterminer la qualité microbiologique de la féculle stockée ou conservée. Il s'agit d'une identification des germes y présents selon la méthode AFNOR [12].

L'analyse statistique a été faite par le Test chi 2 ($p < 0,05$)

Résultats et discussions

Le résultat global des propriétés nutritionnelles de farine et de féculle, par rapport à la matière sèche, est résumé dans le tableau 1

Tableau 1 : Propriétés biochimiques et nutritionnelles de farine et féculle par rapport à MS

100g de MS	teneur en eau	Cendres	Lipides	Protéines totales	Glucides totaux	Sucre simple	Amidon	Fibres ou cellulose
Farine	10,18±2/3	1,45±0,1/0,2	0,21±0,01	1,40±0,1	96,94±11	0,28±0,03	73,5±11	23,16±2/3
Féculle	14,61±2/3	0,023±0,004	0,06±0,01	1,55±0,2	98,36±12	16,70±3/4	75,90±12	5,76±0,8

La faible teneur en eau de farine et de féculle se traduit par leur capacité de se conserver plus longtemps. Une faible activité de l'eau empêche la prolifération des microorganismes dans un produit alimentaire, ainsi que sa détérioration, étant donné que plus l'activité de l'eau augmente, plus l'aliment se dégrade rapidement [13]. Après incinération de la matière vivante, les cendres obtenues constituent les éléments minéraux [9][8]. La teneur en cendres de farine est de 1,45% qui est supérieur à celle de la féculle (0,023%). Cette baisse est due principalement au lessivage. Ces teneurs sont faibles par rapport à *Tacca leontopetaloides* qui a respectivement 2,08% pour la farine et 0,31% pour la féculle [14]. Comme *Tacca pinnatifida* a une ressemblance morphologique à la pomme de terre, ils ont presque la même teneur en cendres [15]. *Tacca pinnatifida* est pauvre en lipides dont les teneurs sont 0,21% pour la farine et 0,06% pour la féculle ($p < 0,05$). Cette diminution est proportionnelle à la variation de facteurs anti nutritionnels tels les alcaloïdes et saponines qui disparaissent après extraction de la féculle ; ces familles chimiques peuvent être liées aux lipides totaux [13]. Ces teneurs sont nettement faibles par rapport à celles de *Tacca leontopetaloides* qui a respectivement 2,34% pour la farine et 0,15% pour la féculle [14]. Quant aux protéines totales, *Tacca pinnatifida* a une teneur notable de 1,4% ($p < 0,05$) pour la farine par rapport à celle de patate douce (0,4%) et de manioc (1,3%) [16] et de 1,55% ($p < 0,05$) pour la féculle par rapport à celle de pomme de terre (0,05%) [15]. Cependant, cette teneur en protéine de farine est comparativement faible par rapport celle de *Tacca leontopetaloides* qui est de 2,74% [14]. Les glucides, constitués essentiellement de sucres simples, de l'amidon et de fibre alimentaire, représentent la majeure partie de farine et de la féculle de *Tacca pinnatifida*. La teneur en sucres simples de farine est très faible soit 0,28%, alors que celle de la féculle est très élevée soit 16,70%. Cette augmentation considérable (p

< 0,05) est due au lessivage répété au cours de l'extraction de l'amidon. Cela s'accompagne par le changement de goût entre farine et féculé. Le goût sucré est masqué par les facteurs antinutritionnels chez la farine. *Tacca pinnatifida* est riche en amidon que ce soit sous forme de farine et de féculé [14] d'où son appellation locale sous le terme « tavolo ». La teneur en fibre est de 23,16% pour la farine ; elle est largement diminuée à 5,76% pour la féculé. Cette différence est due au fait que la féculé a été obtenue après décantation du lait d'amidon, suivie d'une lyophilisation ou séchage [4] ; d'où la faible teneur en fibre pour la féculé. En matière de besoin nutritif et énergétique, *Tacca pinnatifida* est largement insuffisant en lipides et en protéines dont les besoins sont respectivement fixés de 1 à 4g/kg/jour et de 0,83 g/kg/jour [17]. Les apports caloriques pour 100g de matières sèches de farine et de féculé sont respectivement 395,25 et 400,3 Kcal. La consommation de la féculé devrait être associée avec d'autres aliments riche en protéine et à teneur notable en lipides, afin de couvrir les besoins nutritionnels, étant donné que 30 à 35% de l'apport énergétique total soient issus de lipides, 50 à 55% issus de glucides [18].

Du côté microbiologique, aucun germe n'a été identifié dans la féculé stockée ou conservée pendant 8 à 12 mois. Ceci est dû, d'une part aux conditions de conservation dans des bocaux hermétiquement fermés et dans un endroit sec [3], et d'autre part, à leur faible teneur en eau (14,61%), plus précisément à leur faible activité de l'eau ($a_w=0,14$) qui empêche la prolifération microbienne [13].

Quant au facteur antinutritionnel, le criblage phytochimique a montré que les saponines et les alcaloïdes sont présents dans le tubercule. Les saponines, un composé fréquent dans les plantes, appartiennent aussi aux glucosides. Les alcaloïdes peuvent représenter des structures complexes. Ces substances comprennent un composé organique azoté (N). Ces substances sont souvent toxiques ou dangereuses pour l'organisme, surtout à forte dose. Après extraction de l'amidon, ces familles chimiques ont disparu dans la féculé.

Conclusion

En raison de sa teneur notable en protéines et de sa qualité microbiologique, la féculé de *Tacca pinnatifida* a une meilleure potentialité nutritionnelle par rapport aux tubercules consommés couramment. Ainsi l'extraction de l'amidon permet d'éliminer les facteurs antinutritionnels. Cela confère un goût sucré et une couleur blanche à la féculé.

Nous envisageons, en perspectives, de déterminer les teneurs en amylose et en amylopectine, la capacité de rétention d'eau et d'huile, la viscosité de l'amidon, la gélatinisation et la rétrogradation, ainsi de procéder à l'enrichissement afin d'élaborer une alimentation saine et équilibrée. La féculé de *Tacca pinnatifida* est aussi destinée à des fins technologiques : fabrication des biocarburants, des tissus et d'emballages biodégradables.

Bref, ce tubercule contribue à la fois à l'éradication de la malnutrition et à la préservation de la biodiversité ; d'où son intérêt de domestication au niveau des paysans.

Remerciements

Notre reconnaissance va respectivement au Laboratoire de Biologie moléculaire, de l'Université de Fianarantsoa et au Laboratoire Plante Santé (CDM) qui nous ont permis la réalisation de ce travail.

Références bibliographiques

- ONN. Rapport annuel 2015 du secteur -Nutrition
- RETEAU A. Le tacca de Madagascar, Tubercule oublié ;2017
- FAO. Amélioration et diversification du séchage solaire domestique des fruits, des légumes et feuilles.1995 ; Rome :40p
- DELPEUCH et al. Caractéristiques des amidons de plantes alimentaires tropicales. 1978. *Ann. Technol. agric.*, 27, 809-826.
- GUILBOT. Les méthodes biologiques de contrôle analytique dans les industries de céréales. Mise au point chimie analytique, 12^e série. 1964. Paris : Masson 2-40
- AMANI et al. Etudes des propriétés physico-chimiques de l'amidon de taro. Cahier scientifique. 1993. Vol 110, n° 3 : p136-142
- MULTON J.L. Analyse des constituants alimentaires1981.Paris : APRIA. Vol 4 ; Collection des Sciences et techniques agroalimentaires :409p
- AUDIGIE C. et al. Biochimie structurale.1996. Paris : Doin ; Collection biosciences et techniques :263p
- ADRIAN J. et al. La science alimentaire de A à Z. 1995. Paris ; Lavoisier :477p
- EWERS. International organization of standardization LSD/T93/WGL.1965
- GUILLEMET R. et al. Académie d'agriculture de France. 1992 : p28-383
- AFNOR : 1994. Microbiologie alimentaire. Méthode de routine pour le dénombrement de Staphylocoque à coagulase positive par comptage des colonies à 57°C. NFV 08-057 AFNOR, p 419-433
- BAUERW. J. et al. Sciences et technologie des aliments. Principe de chimie et des constituants.2010. Lausanne ; presse polytechnique.720p

- NDOUYANG C. J. et al. Propriétés physico-chimiques et fonctionnelles de *Taccaleontopetaloides* (L.) Kuntze, tubercule non conventionnel. 2009
- DUPRAT et al. L'amidon. Dans : Les Polymères Végétaux. 1980, Paris ; ed. Gauthier-Villars. 176-231.
- AGBESSI et al. Manuel de nutrition africaine. Elément de base appliqué ACCT. 1987 : 311p
- APFELBAUM M. et al. Diététique et nutrition. 1995. Paris : Masson, 3^e éd. 479p
- ANSES. Évaluation des risques liés aux pratiques alimentaires d'amaigrissement. *Rapport d'expertise collective*. 2010.

43. Valorisation de la biodiversité Malgache : Utilisation des bananes plantains, des graines de soja et des feuilles de *Moringa oleifera* dans la production d'une farine infantile

FANAMBINANTSOA FARA Razafimandimby, RAZAFIMAHEFA,

Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement de l'Université de Mahajanga

Résumé

La principale source de malnutrition infantile est l'insuffisance protéino-énergétique alimentaire. Cette étude a, pour objectif général, de contribuer à la lutte contre cette malnutrition. Les objectifs spécifiques sont de produire des farines à partir des bananes plantains, des graines de soja et des feuilles de *Moringa oleifera*, de déterminer la composition nutritionnelle des farines produites et fabriquer la farine infantile à partir des farines produites. Les résultats obtenus ont montré que la farine de banane plantain procure de glucides et celle des graines de soja fournit de protéines et de lipides. La poudre des feuilles de *Moringa oleifera* apporte de protéines et divers éléments minéraux. La farine composite contenant 65 %, 30 % et 5 % de ces trois farines répond aux besoins énergétiques des enfants de 6 à 24 mois recommandés par OMS. La masse de cette farine composite augmente avec l'âge des enfants.

Mots clés : *Banane plantain, Soja, Moringa oleifera, Malnutrition infantile, Farine infantile, Farine composite.*

1. Introduction

Faisant partie de l'une des priorités des investisseurs internationaux, la malnutrition reste encore un grave problème mondial [1]. Elle touche plus de 852 millions de personnes dans le monde, dont plus de 95 % dans les pays en développement où au moins 250 millions d'enfants sont atteints [2, 3]. D'après des organismes internationaux, la malnutrition touche surtout les enfants à bas âge [4, 5]. Certes, les enfants malgaches n'en sont pas épargnés, étant donné que Madagascar figure encore parmi les pays en développement. De plus, des difficultés nutritionnelles persistent dans plusieurs régions de l'île. Avec un fort pourcentage de malnutrition, 52 % en milieu rural contre 47 % en milieu urbain [4], la malnutrition chronique est le cas le plus rencontré à Madagascar [5]. Ainsi, la malnutrition fait partie des causes de la mortalité infantile qui, à Madagascar, plafonne à 50 % avec la morbidité des enfants moins de 5 ans [5, 6].

Pour lutter contre ce fléau, qui met en danger l'avenir sanitaire et mental de l'humanité, l'amélioration de l'alimentation, en quantité et en qualité, est primordiale. En ce qui concerne l'alimentation des enfants sevrés, on peut utiliser rationnellement les ressources alimentaires locales pour fabriquer la farine infantile.

Cette étude a comme objectif principal de contribuer à la lutte contre la malnutrition infantile à Madagascar. Elle a, pour objectifs spécifiques, de produire des farines à partir des bananes plantains, des graines de soja et des feuilles de *Moringa oleifera*, de déterminer la composition nutritionnelle des farines produites, de mettre au point la fabrication des farines infantiles, à partir des farines produites qui répondent aux besoins énergétiques des enfants de 6 à 24 mois recommandés par OMS et déterminer la composition nutritionnelle des farines infantiles mises au point.

2. Matériels et méthodes

2.1. Matières premières

Trois matières premières ont été utilisées. Ce sont :

- Les bananes plantains, en début de maturité : elles ont été récoltées dans un champ de culture de bananier de la Commune rurale de Belobaka, District de Mahajanga II, Région de Boeny ;
- Les graines de soja : elles ont été achetées au marché de Marolaka de la Commune urbaine de Mahajanga, District de Mahajanga I, Région de Boeny ;
- Les feuilles fraîches de *Moringa oleifera* : elles ont été récoltées dans la vitrine d'Amborovy, Commune urbaine de Mahajanga, District de Mahajanga I, Région de Boeny.

Ces trois matières premières ont été choisies en raison de leur disponibilité toute l'année et à bon marché. De plus, elles sont faciles à transformer. D'ailleurs, selon les enquêtes que nous avons effectuées auprès des mères d'enfants rencontrées dans les CSB II de la ville de Mahajanga, 70 % de ces mères utilisent seulement de la banane plantain pour l'alimentation de leurs petits enfants.

2.2. Produits analysés

Durant cette étude, trois produits préparés à partir des matières premières ont été analysés. Ce sont la farine des bananes plantains, la farine des graines de soja et la poudre des feuilles de *Moringa oleifera*.

2.3. Méthodologie

2.3.1. Transformation des matières premières en farines

Les bananes plantains fraîchement récoltés ont été triées, pesées, épluchées et lavées. Les bananes ainsi lavées ont été macérées dans l'eau pendant 1 h 30 mn afin d'éliminer les amines biogènes présentes dans ces produits [7] et pour éviter le phénomène de brunissement enzymatique. Après élimination de l'eau de macération, les bananes ont été découpées en fines rondelles de 1 mm d'épaisseur, puis séchées au soleil pendant 2 jours. Les produits secs ont été broyés et tamisés. La farine, ainsi obtenue, a été pesée, puis conditionnée dans des bocaux propres étiquetés et fermés hermétiquement. Ces bocaux ont été laissés dans un endroit sec jusqu'au moment de leur utilisation.

Les graines de soja achetées ont été pesées, triées, lavées, séchées et torréfiées. Les graines torréfiées ont été broyées et tamisées. La farine ainsi obtenue a été pesée, puis conditionnée dans des bocaux propres étiquetés et fermés hermétiquement. Ces bocaux ont été laissés dans un endroit sec jusqu'au moment de leur utilisation.

Les feuilles de *Moringa oleifera* fraîchement récoltées ont été triées, mises en bouquets, séchées sur des fils tendus à l'ombre durant 9 jours. Après effeuillage, les feuilles sèches ont été pilonnées, puis tamisées. La poudre ainsi obtenue a été pesée, puis conditionnée dans des bocaux étiquetés et fermés hermétiquement. Ces bocaux ont aussi été laissés dans un endroit sec, jusqu'au moment de leur utilisation.

2.3.2. Estimation des rendements de production des farines et de la poudre

Le rendement, en pourcentage de production de chacun des trois produits obtenus, a été estimé en faisant le rapport entre la masse de produit obtenu et celle de matière utilisée, puis multiplié par 100.

2.3.3. Analyses physico-chimiques des échantillons

La détermination de la composition chimique des farines produites a été réalisée selon les méthodes suivantes :

- L'humidité et la matière sèche : par dessiccation à l'étuve à 130 ± 3 °C pendant 2 heures ;
- Les protéines brutes : par la méthode de Kjeldahl ($N \times 6,25$) ;
- Les lipides : par la méthode de dosage gravimétrique, basée sur l'extraction par l'hexane, en utilisant les propriétés d'insolubilité des lipides dans l'eau et de leur solubilité dans des solvants organiques ;
- Les cendres brutes : par incinération dans un four à 600 °C pendant 6 heures ;
- Les glucides totaux : par la méthode de différence ;
- La quantité d'énergies métabolisables : par le calcul, en utilisant les coefficients calorifiques spécifiques d'Atwater qui tiennent compte des coefficients de digestibilité des nutriments énergétiques (glucides, lipides, protéines). L'énergie métabolisable d'un échantillon est déterminée, en faisant la somme des énergies métabolisables des composants glucidiques, lipidiques et protéiques de cet échantillon ;
- Les éléments minéraux calcium, sodium, magnésium, potassium et fer : par spectrophotométrie d'absorption atomique ; le phosphore : par colorimétrie au moyen d'un colorimètre.

2.3.4. Modélisation de la fabrication de la farine infantile

Les masses des farines et de la poudre utilisées pour avoir une farine composite (farine infantile) respectant les besoins journaliers énergétiques des enfants de 6 à 24 mois par sexe ont été calculées en utilisant le logiciel Microsoft Office Excel 2007.

2.3.5. Appréciation de la valeur nutritionnelle de la farine infantile fabriquée

En connaissant les masses et les teneurs en nutriments (en %) de chaque type de produits utilisés, la valeur nutritionnelle de la farine infantile fabriquée a été appréciée et chacune des masses nécessaires pour donner 100 g de farine a été déterminée à l'aide du logiciel Microsoft Office Excel.

3. Résultats

3.1. Rendements de production des farines

Les rendements de production des farines sont :

- Pour la production de la poudre des feuilles de *Moringa oleifera* : 12,50 % ;
- Pour la farine de soja : 50 % ;
- Pour la farine de bananes plantains : 2,74 %.

3.2. Composition nutritionnelle des farines et de la poudre produites

Les quantités d'énergie, de macronutriments et d'éléments minéraux (à base de matière fraîche) contenus dans 100 g de farine et de la poudre produites sont indiquées dans le tableau 1. Ce tableau montre que ces quantités sont variables.

Tableau 1 : Quantités d'énergies et de nutriments contenus dans 100 g des produits

PARAMETRES	Farine de Soja	Poudre de <i>Moringa oleifera</i>	Farine des Bananes plantains
Energies (kcal)	413,21	270,62	306,96
Humidité (g)	6,89	10,24	11,93
Matières sèches (g)	93,11	89,76	88,07
Protéines (g)	43,48	29,72	7,96
Matières grasses (g)	18,84	2,30	0,64
Glucides totaux (g)	25,71	50,10	76,35
Cendres brutes (g)	5,08	7,64	3,12
Potassium (K) (mg)	1532,17	1545,72	1185,90
Magnésium (Mg) (mg)	582,52	597,84	434,63
Phosphore (P) (mg)	451,19	211,62	122,50
Calcium (Ca) (mg)	242,83	1376,60	82,58
Sodium (Na) (mg)	6,98	37,27	9,80
Fer (Fe) (mg)	9,93	16,81	2,12

3.3. Energies fournies par les produits

L'énergie fournie par chaque produit dans 100 g de farine composite est de : (i) 199,53 kcal par la farine de bananes plantains, (ii) 123,96 kcal par la farine des graines de soja, (iii) 13,53 kcal par la poudre des feuilles de *Moringa oleifera* et celle apportée par la farine composite (337,02 kcal). Elle indique que le mélange des trois produits utilisés donne une farine composite pouvant fournir de l'énergie jusqu'à 337,02 kcal. En basant sur ces données, les proportions des énergies apportées par les trois principes énergétiques (Protéines, lipides et glucides) contenus dans la farine composite sont 19,66 % de protéines, 15,36 % de lipides et 64,98 % de glucides.

3.4. Caractéristiques physico-chimiques de la farine infantile fabriquée

Les quantités de nutriments dans 100 g de farine infantile fabriquée sont présentées dans le tableau 2. 100 g de farine infantile fabriquée apportent 337,02 kcal provenant de 19,70 g de protéines, 6,18 g de lipides et 59,85 g de glucides et contiennent 3,93 g d'éléments minéraux (cendres brutes).

Les quantités des nutriments contenus dans la farine infantile fabriquée correspondant à chaque tranche d'âge et par sexe d'enfants sont indiquées dans les tableaux 3a et 3b. Ces tableaux montrent que la quantité des différents nutriments considérés augmente en fonction de celle de la farine infantile à utiliser. Elle est variable selon le sexe et augmente en fonction de l'âge d'enfants.

Tableau 2. Composition nutritionnelle de la farine infantile fabriquée

NUTRIMENTS	QUANTITE DE NUTRIMENTS (pour 100 g de FIF)
Calories (kcal)	337,02
Humidité (g)	10,33
Matières sèches (g)	89,67
Protéines (g)	19,70
Matières grasses (g)	6,18
Glucides totaux (g)	59,85
Cendres brutes (g)	3,93
Potassium (K) (mg)	1307,77
Magnésium (Mg) (mg)	487,16
Phosphore (P) (mg)	225,56
Calcium (Ca) (mg)	195,36
Sodium (Na) (mg)	10,33
Fer (Fe) (mg)	5,20

Tableau 3a. Quantité de nutriments dans la farine infantile par tranche d'âge

NUTRIMENTS	QUANTITE DE NUTRIMENTS DANS LA FARINE INFANTILE FABRIQUEE SELON LE SEXE ET PAR TRANCHE D'AGE					
	6 à 7 mois		7 à 8 mois		8 à 9 mois	
	Garçon (130,26 g)	Fille (119,58 g)	Garçon (134,41 g)	Fille (124,32 g)	Garçon (138,86 g)	Fille (129,07 g)
Calories (kcal)	439	403	453	419	468	435
Humidité (g)	13,46	12,36	13,89	12,85	14,35	13,34
Matières sèches (g)	116,80	107,22	120,52	111,47	124,51	115,73
Protéines (g)	25,67	23,56	26,48	24,50	27,36	25,43
Matières grasses (g)	8,05	7,39	8,31	7,69	8,59	7,98
Glucides totaux (g)	77,95	71,56	80,44	74,40	83,10	77,24
Cendres brutes (g)	5,12	4,70	5,29	4,89	5,46	5,08
Potassium (K) (mg)	1703,50	1563,83	1757,78	1625,82	1815,97	1687,94
Magnésium (Mg) (mg)	634,57	582,54	654,79	605,63	676,47	628,77
Phosphore (P) (mg)	293,82	269,73	303,18	280,42	313,22	291,13
Calcium (Ca) (mg)	254,47	233,61	262,58	242,87	271,27	252,15
Sodium (Na) (mg)	13,45	12,35	13,88	12,84	14,34	13,33
Fer (Fe) (mg)	6,77	6,22	6,99	6,46	7,22	6,71

Tableau 3b. Quantité de nutriments dans la farine infantile par tranche d'âge

NUTRIMENTS	QUANTITE DE NUTRIMENTS DANS LA FARINE INFANTILE FABRIQUEE SELON LE SEXE ET PAR TRANCHE D'AGE							
	9 à 10 mois		10 à 11 mois		11 à 12 mois		12 à 24 mois	
	Garçon (144,50 g)	Fille (130,82 g)	Garçon (148,66 g)	Fille (137,38 g)	Garçon (153,40 g)	Fille (140,94 g)	Garçon (187,82 g)	Fille (168,24 g)
Calories (kcal)	487	451	501	463	517	475	633	567
H (g)	14,93	13,83	15,36	14,20	15,85	14,56	19,41	17,39
MS (g)	129,57	119,99	133,30	123,18	137,55	126,38	168,41	150,85
Pr (g)	28,47	26,37	29,29	27,07	30,23	27,77	37,01	33,15
MG (g)	8,93	8,27	9,19	8,49	9,48	8,71	11,61	10,40
GT (g)	86,48	80,09	88,97	82,22	91,80	84,35	112,40	100,68
CB (g)	5,68	5,26	5,85	5,40	6,03	5,54	7,39	6,62
K (mg)	1889,73	1750,06	1944,13	1796,62	2006,12	1843,17	2456,26	2200,20
Mg (mg)	703,94	651,91	724,21	669,26	747,30	686,60	914,98	819,59
P (mg)	325,94	301,85	335,32	309,88	346,01	317,91	423,65	379,49
Ca (mg)	282,29	261,43	290,42	268,38	299,68	275,33	366,92	328,67
Na (mg)	14,92	13,82	15,35	14,19	15,84	14,56	19,40	17,37
Fe (mg)	7,51	6,96	7,73	7,14	7,97	7,33	9,76	8,74

H : Humidité ; **MS** : Matières sèches ; **Pr** : Protéines ; **MG** : Matières Grasses ; **GT** : Glucides Totaux ; **CB** : Cendres brutes.

4. Discussion

Après plusieurs étapes de transformation des matières premières, trois types de produits ont été obtenus. Ce sont la farine des graines de soja, la farine de banane plantain et la poudre des feuilles de *Moringa oleifera*.

De point de vue teneur en eau, la farine « Mampatanjaka » présente un taux d'humidité acceptable, à 10,33 % c'est-à-dire inférieur à la norme recommandée 12 % pour une bonne conservation de farine. De plus, ces teneurs en eau sont comparables à celles des farines de céréales rapportées par Trémolières et al. en 1968 [8]. La faible teneur en eau de ces farines est très importante pour permettre leur conservation de longue durée dans un endroit sec. Il serait, ainsi, difficile pour des microorganismes de s'y multiplier, car ils ont besoin d'une activité de l'eau assez élevée pour se proliférer [9, 10]. En outre, les réactions chimiques et enzymatiques de détérioration sont fortement ralenties dans de tels produits ayant une faible teneur en eau [8, 11].

La teneur en protéines de la farine « Mampatanjaka » qui est à 19,66 % répond largement aux besoins quotidiens en protéines recommandés, 11 % pour des enfants de 6 à 24 mois. De plus, son taux de protéines est largement supérieur à celui de Koba Aina à 13,20 % et Blédina à 13,90 %.

La farine «Mampatanjaka » répond aux besoins énergétiques journaliers des enfants (337,02 kcal), selon les sexes et par tranche d'âge. Ceci, grâce à la présence des macronutriments (glucides : 64,98 %, lipides : 15, 36 %) et protéines :19, 66 %) en quantité très considérable. Elle est aussi très riche en plusieurs éléments minéraux, tels que le Calcium à 1,9 %, le Phosphore à 2,25 %, le Potassium à 13,07 % et le Fer à 5,20 mg qui sont tous des éléments essentiels à la croissance des enfants.

5. Conclusion et perspectives

Les bananes plantains, les feuilles de *Moringa oleifera* et les graines de soja sont des produits alimentaires très intéressants. Elles sont disponibles toute l'année à Madagascar. Elles peuvent être transformées en farine.

La farine de banane plantain produite est une bonne source de glucides. La poudre des feuilles de *Moringa oleifera* est une bonne source de protéines, de vitamines et de certains minéraux. La farine de soja est aussi une bonne source de protéines et de lipides. Les trois produits obtenus peuvent être utilisés pour fabriquer une farine infantile de bonne qualité nutritionnelle.

Toutefois, les différents procédés de transformation des matières premières et de conservation des produits obtenus, ainsi que les analyses biochimiques des produits doivent être améliorés pour assurer la qualité de la farine infantile fabriquée.

Ainsi, des recherches peuvent encore être effectuées. Nos perspectives sont alors les suivantes :

- Amélioration, par d'autres ingrédients, la qualité de cette farine infantile afin d'obtenir l'équilibre protéino-énergétique recommandé par l'OMS ;
- Mise au point de la formulation des recettes équilibrées ;
- Mise au point de la fabrication des bouillies de sevrage de haute densité énergétique à base de ces trois produits ;
- Utilisation des bouillies fabriquées dans l'alimentation infantile pour savoir l'évolution des paramètres anthropométriques des enfants après l'utilisation de cet aliment complémentaire.

6. Remerciements

Nous remercions tout le personnel du Centre National de Recherches sur l'Environnement (CNRE), à Tsimbazaza, Antananarivo (Madagascar) qui a accepté notre demande de faire des analyses dans son Laboratoire.

7. Références

- [1] Bruyeron O., Monvois J. et Trèche S. (1998). – Dossier : Les farines infantiles. *Bulletin du réseau Technologie et Partenariat en Agroalimentaire*, N° 15, 48 p.
- [2] Banque Mondiale (2005). – *Améliorer les résultats en matière de santé, de nutrition et démographique*. 1818 H Street, N. M., Washington, D C 20433, USA: BM.
- [3] UNICEF (2007). – *Progress for Children: A World Fit for Children Statistical Review Number 6 revised*. United Nations Children's Fund ; New York : UNICEF.
- [4] Razafinjanahary A. M. (2007). – *Etude de l'utilisation de la farine de maïs soufflé dans la préparation de l'aliment de complément au lait maternel*. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'études de Biochimie : Antananarivo : Département de Biochimie Fondamentale et Appliquée, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, 102 p.
- [5] Razafindrafito (2008). – Fortification alimentaire : L'un des meilleurs investissements possibles. *Bulletin d'information de l'Office National de Nutrition (ONN)*. Hetsoro Aingavao, N° 9, p. 9 – 11.
- [6] Razakandrainy S. A. (2008). – *Contribution à l'élaboration et au suivi-évaluation de la stratégie NUTRIMAD Androy*. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'études approfondies de Biochimie : Antananarivo : Département de Biochimie Fondamentale et Appliquée, Faculté des Sciences ; Université d'Antananarivo, 165 p.
- [7] FAO (1991). – Racines, tubercules, plantains et bananes dans la nutrition humaine. – Rome, p. 95 – 112. – (Collection FAO : Alimentation et Nutrition humaine, N° 24).
- [8] Trémolières J., Serville Y. et Jacquot R. (1968). – *Manuel élémentaire d'alimentation humaine : Les aliments*. 4ème Edition. Paris XVII : Les Editions Sociales Françaises, Tome 2, p. 39 – 52.
- [9] Scott W. J. (1957). – *Water relations of food spoilage microorganisms advances in Food research*, 7, p. 83.
- [10] Labuza T. P. (1975). – Sorption phenomena in foods: Theoretical and practical aspect. In: Rha C. K. (Ed). – *Theory, determination and control of physical properties of food materials*. – p. 197.
- [11] Cheftel J.-C. et Cheftel H. (1976). – *Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments*. – 75008 Paris : Technique et Documentation. – 75001 Paris : Entreprise Moderne d'Édition. – Volume 1, p. 3 – 32.

44. Adaptation au changement climatique : Perspective d'utilisation des farines de patate douce, des bananes plantains et de manioc dans la boulangerie

RAZAFIMAHEFA, RAHARIMIHAJA Tojoniaina Mampionona Roméo, HIDAYA Nassur, SOANIRINA Clarisse, RAHAJASON Avelin Nestor, DHOIMIR Moussa Youssouf

Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement de l'Université de Mahajanga

Résumé

Le pain est habituellement fabriqué à partir de la farine de blé, de l'eau, du sel et de la levure boulangère. Or, pour des raisons d'ordre climatique, certains pays consommateurs du pain ne sont pas à même de cultiver du blé. Aussi, dépendent-ils des importations onéreuses au détriment de leurs rares ressources en devises étrangères. Face au changement climatique, et afin de produire des pains à moindre coût, il serait donc utile de rechercher des plantes rustiques, présentant de grandes facultés d'adaptation à des situations écologiques variées et peuvent être transformées en farine utilisable dans la boulangerie. Ce travail de recherche a donc, pour objectif général, de contribuer à la valorisation des plantes amylacées comestibles et cultivables facilement à Madagascar. Il a, pour objectifs spécifiques, de transformer des racines de manioc, des tubercules de patate douce et des bananes plantains en farines et d'utiliser ces dernières pour confectionner des pains composites renfermant 70, 75, 80, 85, 90 et 95 % de la farine de blé. Pour atteindre ces objectifs, des matériels et des méthodes ont été utilisés pour transformer les matières premières en farines, analyser les farines produites et caractériser les pains confectionnés. Les résultats obtenus ont montré que les caractéristiques physiques et biochimiques des farines produites ne sont pas les mêmes. Les hauteurs, les volumes et les volumes spécifiques des pains diminuent lorsque le taux d'incorporation des farines sans gluten augmente. Durant cette étude, jusqu'au 20 % d'incorporation de ces farines, aucune modification d'aspect des pains fabriqués n'a été observée. Ainsi, la perspective d'utilisation des farines de manioc, de patate douce et de banane plantain, dans la boulangerie semble intéressante ; elle peut être intégrée dans la politique de valorisation des cultures à Madagascar, afin de produire des pains, à moindre coût. C'est donc une des stratégies qui pourraient être adoptées face au changement climatique et elle pourrait réduire la pauvreté du peuple Malagasy avec la mise en relation directe des producteurs aux industries.

Mots clés : Blé, Manioc, Patate douce, Banane plantain, Boulangerie, Procédé, Pain, Pain composite.

1. Introduction

Le pain, aliment de tradition (Trémolières *et al.*, 1968 ; Chiva *et al.*, 1999), est habituellement fabriqué à partir de la farine de blé, de l'eau, du sel et de la levure boulangère. Au cours des dernières années, la consommation de cet aliment a connu une augmentation spectaculaire dans plusieurs pays en développement du fait d'une démographie montante, de l'urbanisation et du changement des habitudes alimentaires (Eggleston *et al.*, 1993). Ce dernier phénomène peut aussi être dû au changement climatique. Or, pour des raisons d'ordre climatique, la plupart de ces pays ne sont pas à même de cultiver du blé destiné à la panification (Eggleston *et al.*, 1993 ; Bokanga, 1995). Aussi, dépendent-ils des importations onéreuses au détriment de leurs rares ressources en devises étrangères. Dans ces pays, le prix de la farine de blé est automatiquement augmenté avec le taux de change monétaire, entraînant ainsi une élévation directe ou indirecte du prix des pains. L'obligation de satisfaire une demande accrue de blé et de pain constitue alors un problème d'une acuité croissante dans des pays importateurs de blé.

A Madagascar, le pain était, auparavant, consommé par une faible proportion de la population d'une certaine classe sociale (Ranomenjanahary *et al.*, 1995). Actuellement, il est adopté par la majorité de la population et il constitue le 2^{ème} produit de consommation des Malagasy (Indian Ocean Times, 2016). A Antananarivo, par exemple, environ, 500 000 baguettes de pains par jour sont consommées (Indian Ocean Times, 2016). A cause de cette évolution quantitative de la consommation du pain à Madagascar, et du fait de l'insuffisance de la production nationale, en matière de farine de blé, les opérateurs économiques à Madagascar sont obligés d'importer des farines de blé. Or, à présent, la monnaie malgache est fortement dévaluée par rapport aux devises étrangères. Le prix de la farine de blé est alors devenu très cher, entraînant ainsi une élévation directe ou indirecte du prix des pains.

Face au changement climatique, pour économiser les devises étrangères et stabiliser le prix des pains à Madagascar, il serait donc utile de vulgariser des plantes présentant de grandes facultés d'adaptation à des situations écologiques variées et souvent défavorables pour d'autres espèces, facile à reproduire et à cultiver et peut être transformée en farine utilisable dans la boulangerie. A cet égard, il convient d'utiliser le manioc, la patate douce et les bananes plantains.

Ce travail de recherche a donc, pour objectif général, de contribuer à la valorisation des plantes amylacées comestibles et cultivables facilement à Madagascar. Les objectifs spécifiques sont de transformer des racines de manioc, des tubercules de patate douce et des bananes plantains en farines, de caractériser les farines produites, de confectionner des pains composites renfermant 70, 75, 80, 85, 90 et 95 % de la

farine de blé et de caractériser les pains composites confectionnés pour connaître le pouvoir de panification des farines produites.

2. Matériels et méthodes

2.1. Matières premières

Des racines d'un cultivar malgache de manioc M36, des tubercules à peau rouge, à chair blanche et à chair jaune de patate douce et des bananes plantains ont été utilisées comme matières premières. Une farine de blé Iris, de type 55, sans additif a aussi été utilisée pour produire des farines composées.

2.2. Récolte des matières premières

La récolte des racines de manioc, cultivé sans engrais à Ambondrona, Commune urbaine de Mahajanga de la Région de Boeny, réalisée en saison sèche, a été effectuée manuellement. Les tubercules de patate douce ont été achetés au marché de Port-Bergé, District dudit, Région de Sofia, puis transportés vers Mahajanga, lieu de transformation des matières premières. Les bananes plantains ont été récoltées manuellement dans un champ de bananier à Belobaka, Commune rurale de Belobaka, District de Mahajanga II, Région de Boeny. La farine de blé a été achetée dans une épicerie à Tsaramandroso, Commune urbaine de Mahajanga.

2.3. Transformation des matières premières

Les racines de manioc ont été transformées en farine non fermentée, selon les procédés décrits par CTA (2008), mais avec quelques modifications, et en farine fermentée, selon les procédés proposés par Razafimahefo (2005). Les tubercules de patate douce ont été transformés en farine, en utilisant des procédés décrits par Rahajason (2017) et, Soanirina (2017). Les bananes plantains ont été transformées en farine selon les procédés employés par Dhoimir (2017).

2.4. Caractérisation des farines

Pour caractériser les farines utilisées durant cette étude, 16 paramètres suivants ont été mesurés :

- Rendement de production : par calcul du pourcentage de la masse de farine par rapport à celle des matières premières utilisées ;
- Masse volumique : par la méthode décrite par Okaka *et al.* (1991) ;
- Taux de matière sèche et d'humidité : par dessiccation à l'étuve à 105 °C pendant 48 h ;
- pH : à l'aide d'un pH-mètre ;
- Acidité : par titrimétrie ;
- Taux de protéines brutes : par méthode Kjeldahl ($N \times 6,25$) ;
- Teneur en matières grasses brutes (MGB) : par gravimétrie basée sur l'extraction par l'hexane en utilisant les propriétés d'insolubilité des lipides dans l'eau et de leur solubilité dans des solvants organiques ;
- Teneur en amidon et en sucres alcoolosolubles : par polarimétrie ;
- Teneur en cendres brutes (CB) : par incinération dans un four à 600 °C pendant 6 heures ;
- Taux de glucides totaux : par méthode de différence ;
- Quantité d'énergies métabolisables : par calcul en utilisant les coefficients calorifiques spécifiques d'Atwater ;
- Capacité de rétention d'eau : par méthode mise au point par Sosulski (1962) ;
- Pouvoir de gonflement et solubilité : par méthode mise au point par Leach *et al.* (1959).

2.5. Tests de panification

La formulation de la pâte boulangère utilisée durant cette étude est celle de la boulangerie ABAD Akram d'Aranta, Commune urbaine de Mahajanga, mais avec quelques modifications à cause d'utilisation des farines sans gluten. Ces modifications concernent la quantité de l'eau utilisée qui a été augmentée de manière à obtenir des pâtes assez molles, mais façonnables manuellement. L'augmentation de cette quantité a été fixée à 1,2 ml/10 % d'incorporation de la farine sans gluten.

Afin de connaître les taux maximum d'incorporation des farines, sans gluten dans la farine de blé, une série de tests de panification utilisant les proportions (en %) des farines sans gluten-blé 0/100, 5/95, 10/90, 15/85, 20/80, 25/75, 30/70 a été réalisée. Des procédés de panification ont donc été appliqués pour confectionner des pains à 100 % de farine de blé (FB) et des pains composites contenant de la farine de patate douce à chair blanche (FPDCB), de la farine de patate douce à chair jaune (FPDCJ), de la farine

des bananes plantains (FBP), de la farine de manioc non fermentés (FMNF) et de la farine de manioc fermentée (FMF).

2.6. Caractérisation des pains confectionnés

Pour caractériser un pain confectionné, quatre paramètres suivant ont été mesurés :

- La masse : par pesée en utilisant une balance de laboratoire ;
- La hauteur : par la méthode décrite par Roussel (1984) ;
- Volume : par le déplacement des graines de *Brassica campestris* ;
- Volume spécifique : déterminé en divisant son volume par sa masse et du déterminée

3. Résultats et discussion

3.1. Caractéristiques technologiques des farines produites

Les caractéristiques physiques, physico-chimiques et biochimiques des farines utilisées sont présentées au tableau 1. Ce tableau indique que les farines utilisées ont des caractéristiques variables. Les rendements de production des farines sans gluten sont tous inférieurs à 50 %. Cela veut dire que la production de ces farines exige la disponibilité des matières premières de quantité importante. Les masses volumiques des farines de blé, de patate douce à chair jaune et des bananes plantains sont similaires et de même pour les farines de patate douce à chair blanche, de manioc non fermentée et de manioc fermentée. Cependant, les masses volumiques sont les plus élevées pour les farines de blé, de patate douce à chair jaune et des bananes plantains. Ces farines sont donc plus denses que les autres farines.

La farine de blé et les autres farines produites sont très conservables, car elles ont des teneurs en eau inférieurs à 12 % (donc teneurs en matière sèche supérieurs à 88 %). C'est une limite généralement considérée comme maximale pour une bonne conservation des farines (Randrianantoandro, 2004). Ces farines ont un caractère acide, car leur pH est inférieur à 7 (pH neutre). Ce caractère acide est dû à la présence des acides organiques (Trémolières *et al.*, 1984). La farine de manioc fermentée est la plus acide, car son pH est le plus faible. Par conséquent, son acidité est la plus élevée. Cette farine est donc plus riche en acides organiques que les autres farines. Cette situation s'explique par la production des acides organiques, notamment l'acide lactique, l'acide acétique et l'acide butyrique, durant le rouissement des tranches des racines de manioc (Brauman *et al.*, 1995).

Les farines utilisées durant cette étude sont des aliments énergétiques. On sait que les énergies fournies par un aliment proviennent des trois principes énergétiques, tels que les protéines, les lipides et les glucides. Pour les farines utilisées durant cette étude (sauf la farine de blé), les énergies sont essentiellement d'origine glucidique, car elles sont riches en sucres. Cependant, elles ne sont pas considérées comme aliments équilibrés, puisqu'elles sont pauvres en protéines (sauf la farine de blé) et en matières grasses. Les teneurs en cendres brutes des farines sans gluten utilisées sont plus élevées que celle de la farine de blé. Cela signifie que les farines sans gluten utilisées sont plus riches en éléments minéraux que la farine de blé.

Les farines utilisées sont hygroscopiques, puisque à la température ordinaire et en présence de l'eau, elles absorbent de l'eau. Cette propriété fonctionnelle est, sans doute, due à la présence des constituants hygroscopiques qui possèdent, normalement, des groupements hydrophiles. Ils sont essentiellement des hydrates de carbone, car ces farines (sauf la farine de blé) ne contiennent pratiquement pas de protéines, des substances possédant aussi des groupements hydrophiles (=CO, - NH -). Ces hydrates de carbone peuvent être des sucres simples, de l'amidon, de l'amylose, de l'amylopectine et des fibres. Tous ces composés possèdent des groupements hydroxyle libres (- OH) qui sont hydrophiles. Ils peuvent, de ce fait, se lier avec des molécules d'eau par des liaisons hydrogène. La capacité de rétention d'eau des farines dépend donc normalement du taux des hydrates de carbone.

Les farines utilisées sont capables de gonfler. Le gonflement des farines est dû à l'introduction des molécules d'eau dans les granules d'amidon contenus dans ces farines. Lorsque ces granules d'amidon sont exposés à la fois à la chaleur et à l'humidité (chauffés dans un excès d'eau), il y a un phénomène de gélatinisation : au dessus de la température de gélatinisation, ces granules gonflent du fait d'une adsorption de l'eau sur les groupements polaires hydroxyle (Cheftel et Cheftel, 1976). Le gonflement des granules d'amidon est dépendant de la structure de l'eau contenue dans la suspension (Brun, 1948).

Les solubilités des farines utilisées durant cette étude sont variables ; la plus faible est celle de la farine de blé et la plus élevée est celle de la farine de manioc fermentée. Les solubilités des farines sans gluten sont plus élevées que celle de farine de blé. Cette solubilité est due à la présence des substances hydrosolubles. Les farines sans gluten sont donc plus riches en substances hydrosolubles que la farine de blé.

La capacité de rétention d'eau et le pouvoir de gonflement des farines sans gluten utilisées sont très élevés par rapport à ceux de la farine de blé utilisée. Ceci s'explique que, comparées à la farine de blé,

celles des farines sans gluten utilisées présentent une grande viscosité lors de la cuisson. La conséquence de cette forte viscosité sur les pains composites est un faible volume ou hauteur, car une viscosité élevée s'oppose à la levée de la pâte boulangère sous l'effet de la poussée gazeuse (Launay et Bure, 1974).

Tableau 1. Caractéristiques physiques, physico-chimiques et biochimiques des farines utilisées

PARAMETRES	FB	FPDCB	FPDCJ	FBP	FMNF	FMF
Rendement de production (%)	-	25,00	25,00	32,00	33,33	29,41
Energies métabolisables (kcal)	367,90	357,61	362,29	314,10	348,97	337,19
Humidité (%)	11,24	8,03	7,69	10,26	7,25	10,37
Matières sèches (%)	88,76	91,97	92,04	89,74	92,75	89,63
Protéines (%)	11,50	2,80	2,85	3,66	2,58	1,91
Matières grasses (%)	1,32	0,60	0,80	0,35	0,45	0,43
Amidon (%)	60,19	60,51	56,65	79,73	71,60	69,59
Sucres réducteurs (%)	9,89	8,37	8,85	8,27	12,40	12,30
Cendres brutes (%)	0,63	3,01	2,39	2,71	1,69	1,80
Glucides totaux (%)	75,31	85,56	86,27	83,02	88,03	85,49
Masse volumiques (g/cm ³)	0,67	0,50	0,67	0,64	0,54	0,51
pH	5,82	5,68	5,80	5,35	6,30	5,30
Acidité (% éq acide lactique)	0,07	0,11	0,10	0,13	0,11	0,36
Solubilité (%)	7,27	10,85	25,65	10,05	77,00	47,21
Pouvoir hygroscopique (%)	72,74	183,44	158,34	159,42	104,75	110,74
Pouvoir de gonflement (g/g)	7,78	15,52	14,94	13,02	43,22	22,21

FB : Farine de blé ; **FMNF** : Farine de manioc non fermentée ; **FMF** : Farine de manioc fermentée ; **FPDCB** : Farine de patate douce à chair blanche ; **FPDCJ** : Farine de patate douce à chair jaune ; **FBP** : Farine de banane plantain

3.2. Caractéristiques technologiques des pains confectionnés

Les hauteurs, volumes et volumes spécifiques des pains sont donnés dans le tableau 2. La valeur de ces trois paramètres diminue lorsque le taux d'incorporation des farines sans gluten augmente. La hauteur, le volume et le volume spécifique des pains diminue donc de façon linéaire avec l'élévation du taux d'incorporation des farines sans gluten. En effet, une relation linéaire négative est observée entre ces trois paramètres et le taux d'incorporation de la farine sans gluten ; c'est-à-dire, les coefficients de corrélation entre deux paramètres sont négatifs. Cette situation, qui confirme l'absence du gluten dans la farine de patate douce à chair blanche, celle de patate douce à chair jaune, celle des bananes plantains et la farine de manioc, est due à la diminution des teneurs en gluténines et en gliadines (fractions de gluten) dans le milieu farineux. Dans les farines composites, ces deux fractions protéiques, qui sont responsables de l'élasticité et de l'extensibilité des pâtes boulangères (Cheftel et Cheftel, 1976), se trouvent alors dispersées. Elles ont ainsi moins de chance de s'associer et de former un réseau viscoélastique capable de retenir le gaz carbonique de fermentation, ce qui donne des pains moins développés. La hauteur des pains est donc fortement influencée par la quantité de gaz carbonique retenu par les pâtes boulangères. En effet, chaque alvéole d'air est caractérisé par une taille critique au-delà de laquelle la rétention du gaz carbonique est aléatoire, car, le plus souvent, il diffuse dans l'atmosphère (Defloor et al., 1991).

Tableau 2. Hauteur, volume et volume spécifique des pains confectionnés

Pains fabriqués	Quantité de farine utilisée (en %)	Hauteur de pain (en cm)	Volume de pain (en cm ³)	Volume spécifique de pain (en g/cm ³)
Pains à farine de blé	100	7,58	653,02	4,35
Pains à farine de patate douce à chair blanche	5	7,43	613,63	3,84
	10	6,80	574,24	3,64
	15	6,13	554,04	3,34

	20	5,90	537,88	3,30
	25	5,40	526,76	3,27
	30	4,90	513,64	3,10
Pains à farine de patate douce à chair jaune	5	6,93	719,19	4,60
	10	6,53	657,06	4,20
	15	5,86	618,68	4,04
	20	5,73	538,88	3,35
	25	5,56	552,52	3,65
	30	4,80	601,51	3,99
Pains à farine de banane plantain	5	6,83	628,44	4,18
	10	6,67	603,73	4,02
	15	6,43	546,50	3,57
	20	6,30	519,35	3,34
	25	6,13	529,92	3,45
	30	6,10	528,91	3,32
Pains à farine non fermentée de manioc	5	6,00	414,28	2,89
	10	5,90	412,77	2,86
	15	5,43	387,63	2,65
	20	5,40	363,01	2,46
	25	5,00	325,79	1,51
	30	4,50	253,39	1,50
Pains à farine fermentée de manioc	5	6,43	421,31	3,02
	10	5,83	408,74	2,77
	15	5,63	361,98	2,55
	20	5,43	354,44	2,49
	25	4,40	332,32	2,31
	30	5,00	324,78	2,27

4. Conclusion et perspectives

Nos essais de panification ont montré qu'il est possible d'incorporer la farine de patate douce ou des bananes plantains ou la farine de manioc dans la farine de blé, pour produire des pains composites similaires aux pains à 100 % de la farine de blé. Durant cette étude, jusqu'au 20 % d'incorporation de ces farines, aucune modification d'aspect des pains fabriqués n'a été observée. Les résultats obtenus ont montré que la farine des bananes plantains est la plus panifiable que celles de manioc et de patate douce.

Ainsi, face au changement climatique, et vu les conditions climatiques exigées par le blé, la perspective de substitution d'une partie de la farine de blé par celle de ces plantes amylacées semble intéressante. Cette proposition peut alors être intégrée dans la politique de valorisation des cultures locales afin de produire des pains à moindre coût ou ayant des prix invariables et d'améliorer la sécurité alimentaire de la population à Madagascar. C'est donc, une des stratégies nécessaires pour réduire la pauvreté du peuple Malagasy avec la mise en relation directe des producteurs aux industries.

Cette étude devrait alors être élargie et approfondie. Ainsi, il faudrait réaliser des études plus systématiques sur la valeur boulangère des farines préparées à partir des tubercules des autres variétés de patate douce, des autres bananes plantains et des racines des autres cultivars de manioc. Ces études permettront d'identifier les variétés de plante les plus panifiables. Ces dernières seront ensuite vulgarisées dans le but de réduire les dépenses liées aux importations des farines de blé et de produire des pains à moindre coût ou à prix fixe.

5. Remerciements

Nous remercions tout le personnel du Centre National de Recherches sur l'Environnement (CNRE), à Tsimbazaza, Antananarivo (Madagascar) qui a accepté notre demande de faire des analyses dans son Laboratoire.

6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bokanga M. (1995). – *Cassava : Opportunities for the food, feed and other industries in Africa*. In : Agbor-Egbe T., Brauman A., Griffon D. et Trèche S. (Éditeurs). Transformation alimentaire du manioc. – Collection Colloques et Séminaires. – ORSTOM Éditions, Paris, p. 557 – 569.

Brauman A., Kéléké S., Mavoungou O., Ampe F. et Miambi E. (1995). – *Etude cinétique du rouissage traditionnel des racines de manioc en Afrique centrale (Congo)*. In : Agbor-Egbe T., Brauman A., Griffon

- D. et Trèche S. (Éditeurs). Transformation alimentaire du manioc. –Collection Colloques et Séminaires. – ORSTOM Éditions, Paris, p. 287 – 305.
- Brun H. (1948). – Composition et structure chimique de l'amidon. *Ind. Agric. et Alim.*, 65, Avril – Juin, p.135.
- Cheftel J.-C. et Cheftel H. (1976). – Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. – Technique et Documentation, Vol. 1, Paris.
- Chiva F., Hoint-Pradier F., Six M.-F., Verger P. et Vergne E. (1999). – *Aliments santé de A à Z : Guide pratique de la nourriture saine*, Première édition. – Paris, Bruxelles, Montréal. Zurich : Edition abrégée de *Aliments Santé, Aliments Danger*. – (Sélection du Reader's Digest).
- CTA (2008). – *Fabrication d'une farine de haute qualité*. Collection Guides pratiques du CTA, № 5.
- Defloor I., De Geest C., Schellekens M., Martens A. et Delcour J. A. (1991). – Emulsifiers and/or extruded starch for the production of breds from cassava. *Cereal Chem.*, 68, p. 323 – 327.
- Dhoimir M. Y. (2017). – *Essai de fabrication des pains à partir d'une farine composite à base des farines de blé et des bananes*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master en Biochimie et Sciences de l'Environnement : Mahajanga : Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement, 73 p
- Eggleston G., Omoaka P. O. et Ihedioha D. O. (1993). – Mise au point et évaluation de produits à base de farine de manioc comme substituts du pain de blé. *La Recherche à l'IITA*, № 7, septembre 1993, p. 14 – 19.
- Indian Ocean Times (2016). – Madagascar : 500 000 baguettes consommées par jour à Tananarive.
- Launay B. et Bure J. (1974). – Etude de certaines propriétés rhéologiques des pâtes de farine, influence de la durée du pétrissage sur ces propriétés. *Dechema Monographien*, 77, p. 137 – 152.
- Leach H. W., McCowen L. D. et Schoch T. J. (1959). – Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem.*, 36, p. 534 – 544.
- Okaka J. C., Okorie P. A. et Ozo O. N. (1991). - Quality evaluation of sun-dried yam chips. *Tropical Science.* , 30 (3), p. 265-275.
- Rahajason A. N. (2017). – *Essai de fabrication des pains composites à base des farines de blé et de patate douce à chair jaune*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master en Biochimie et Sciences de l'Environnement : Mahajanga : Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement, 83 p
- Randrianantoandro V. H., (2004).- *Étude de la valeur nutritionnelle de quatre variétés de manioc et d'une variété de maïs et leur utilisation dans l'alimentation infantile*.- Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'Etude Approfondie (DEA) de Biochimie Appliquée aux Sciences de l'Alimentation et à la Nutrition : Université d'Antananarivo, 101 p.
- Ranomenjanahary S., Randriambola P. et Randriambolanoro L. (1995). – La recherche sur le manioc à Madagascar : Impact sur le développement intégré des zones rurales. *Roots, Newsletter of the Southern Africa Root Crops Research Network and the East Africa Root Crops Research Network*, 2, p. 13 – 16.
- Razafimahefa (2005). – *Mise au point de production de farines de manioc panifiables et évaluation sensorielles des pains composites de manioc fabriqués*. Thèse de Doctorat en Biochimie : Antananarivo: Faculté des Sciences, 172 p.
- Roussel P. (1984). – *Tests de panification*. In : Godon B. et Loisel W. (Coordonnateurs). – Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales. – Collection Sciences et Techniques Agro-alimentaires. Technique et Documentation-Lavoisier-APRIA, Paris, p. 511 – 546.
- Soanirina C. (2017). – *Essai de fabrication des pains composites à base des farines de blé et de patate douce à chair blanche*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master en Biochimie et Sciences de l'Environnement : Mahajanga : Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement, 64 p
- Sosulski F. W. (1962). – The centrifuge methode for determining flour absorption in hard red spring wheats. *Cereal Chem.*, 39, p. 344 – 350.
- Trémolières J., Serville Y. et Jacquot R. (1968). – *Manuel élémentaire d'alimentation humaine. Les aliments*, 4^{ème} édition. – Les Editions Sociales Françaises, Paris XVII^e. – Tome 2, p. 452.

45. Boisson alcoolisée obtenue à partir de *Anacardium occidentale* par l'auto-fermentation de leurs levures endogènes

RAKOTONANDRASANA Romuald¹, PAMPHILE Mananjara¹, ANDRIANASOLONANTENAINA Jacky Michiel², RAKOTOMALALA Rivo Solotiana³

¹ : Parcours Biochimie, Microbiologie, Biotechnologie Appliquées (BMBA) – Faculté des Sciences de Technologies et de l'Environnement (FSTE)- ² : Ecole Doctorale Génie du Vivant et Modélisation (EDGVM) – Université de Mahajanga,

³ : Laboratoire de Microbiologie, d'Immunologie et Biochimie – Centre Hospitalier Universitaire de Mahajanga.

Résumé

Anacardium occidentale L. est cultivée principalement pour son amande. Ces pommes de cajou sont souvent considérées comme un sous-produit de l'industrie de noix de cajou. Cependant, les pommes de cajou sont transformées traditionnellement en boisson fermentée appelée localement : « Djawa ». Cette production de boisson alcoolisée artisanale nous a incités à étudier les microorganismes responsables de cette auto-fermentation. L'objectif principal de cette étude est de valoriser les levures endogènes de ce faux-fruit afin d'exploiter pour d'autres domaines et de mieux conserver cette biodiversité. Les objectifs spécifiques sont d'isoler et de caractériser les levures endogènes présentes dans les échantillons et puis décrire les processus de fabrication de boisson alcoolisée utilisant ce faux-fruit. Pour ce faire, des techniques, comme l'échantillonnage, l'isolement et les caractérisations biochimiques et physiologiques, ont été adoptées pour bien mener cette étude. Ainsi, la biotransformation de pomme de cajou se fait par broyage, pressage, récupération du jus et enfin son auto-fermentation. Les résultats obtenus ont montré que les échantillons utilisés renferment des dépôts blancs au fond de la bouteille après la fermentation : par la logique biotechnologique, ils renferment des souches des levures fermentaires. La caractérisation de ces levures montre qu'il y a deux types de souches dont l'une est forte probablement *Saccharomyces* et l'autre « non-*Saccharomyces* ». Ainsi, l'identification de ces levures méritent d'être approfondie pour leurs mieux valoriser non seulement dans la production de boisson alcoolisée artisanale, mais aussi en vue de rehausser leur valeur nutritionnelle et organoleptique et enfin leurs possibilité d'utilisation dans l'Industrie Agro-Alimentaire.

Mots-clés : *Anacardium occidentale*, levure, biotransformation, pouvoir fermentaire

1. INTRODUCTION

Anacardium occidentale L., est un arbre originaire du BRESIL. Il y fut découvert au XVIe siècle par les Portugais qui l'introduisent dans leurs différentes possessions d'Afrique et d'Asie [6]. Les pommes de cajou sont souvent considérées comme un sous-produit, de l'industrie de la noix de cajou, dans le sens où elles sont cultivées principalement pour l'amande et restent très peu valorisées[7] [8] . Cependant elles sont utilisées traditionnellement à Madagascar en boisson alcoolisée. Ce dernier intérêt nous a incités de savoir les microorganismes responsables de cette fermentation.

2. Matériels et méthodes

2.1. Collecte et transport des échantillons

Les échantillons ont été tous collectés dans la région Boeny, District Mahajanga I. Des gants stériles sont utilisés durant la cueillette des fruits. Ces derniers sont ensuite mis dans des sacs stériles avant de les conserver dans une glacière.

2.2. Transformation des pommes de cajou en boisson alcoolisée

D'après les enquêtes et les brainstormings effectués, les pommes de cajou pourraient être transformées en boisson alcoolisée appelée par la population locale « Djawa ». La technique de récupération du jus se fait à partir du système mortier-pilons. Après avoir terminé le broyage, le jus est récupéré par pressage manuel dans une cuvette, avant de le mettre dans les bouteilles pour son auto-fermentation. Toutefois, il est très important de ne pas remplir totalement la bouteille pour éviter l'explosion par accumulation du gaz au cours de son auto-fermentation pendant 3 jours.

2.3. Préparation des échantillons

Quatre échantillons différents ont été réalisés pendant les travaux: la première et deuxième série d'échantillonnage sont les pommes de cajou épluchées alors que la troisième et la quatrième série d'échantillonnage sont les pommes de cajou non épluchées. Toutes les préparations se sont déroulées sous une hotte pour éviter toutes sortes de contaminations de l'extérieur.

2.4. Mise en évidence de la présence des levures dans les échantillons

Pour mettre en évidence la présence des levures dans les échantillons, nous avons distribué 200ml de milieu YGC (Yeast Glucose Chloramphénicol) liquide stérile dans les flacons. 25 g d'échantillons ont été versés dans chaque flacon puis laissés s'incuber à 25°C pendant 72 h. Un flacon sans échantillon a été incubé parallèlement dans les mêmes conditions pour tester la stérilité des milieux de culture utilisés. La présence des dépôts blancs au fond du flacon témoigne la présence des levures dans ces échantillons après incubation.

2.5. Préparation des suspensions

Pour effectuer les analyses biologiques, on a utilisé la suspension mère. Cette dernière a été préparée comme suit : 25 g d'échantillon ont été dilué dans 125 ml de TS (Tryptone sel) placé dans le sac Stomacher. Ce mélange a été homogénéisé pendant 2 minutes puis laissé incuber à 25°C pendant 24 h. Le but de cette préparation est d'activer et de régénérer les levures présentes dans les échantillons.



Suspension

Pour pouvoir isolé et caractérisé les levures endogènes de nos échantillons, 1 ml de chaque suspension mère a été ensemencé dans la boîte de Pétri contenant du milieu YGC solide [5] [2]. L'ensemencement a été fait à l'aide d'une pipette stérile pour bien répartir la suspension sur toute la surface du milieu. Le surnageant a été ensuite aspiré à l'aide d'une poire. Les boîtes de Pétri sont incubées à 25°C pendant 72h. En même temps, on a incubé une boîte de Pétri contenant du milieu de culture mais sans suspension (témoin) pour vérifier la stérilité du milieu utilisé.

2.6. Ensemencement des suspensions

Après 72 heures d'incubation, on a procédé à la lecture des boîtes ensemencées et incubées. Les colonies de levures les plus isolées ont été prélevées et ré-isolées dans des milieux de culture préparés préalablement. Cette technique a été effectuée à 10 cm autour du bec bunsen pour éviter les contaminations. Cette méthode consiste à étaler les levures sous forme de stries transversales sur un autre milieu de culture afin d'avoir une colonie plus isolée les unes des autres. Des isolements successifs sont effectués jusqu'à l'obtention d'une souche isolée et nette [5].

2.8. Coloration des souches isolées par le vert de bromocrésol

Toutes les levures retenues sur le milieu YGC solide sont testées sur le milieu contenant vert de bromocrésol. Pour s'y faire, on a prélevé la colonie blanche la plus isolée puis on l'a repiquée sur un milieu YGC solide contenant du vert de bromocrésol. Une incubation est ensuite faite dans les mêmes conditions que précédent. Ce test consiste à caractériser le genre des levures présentes dans la pomme de cajou si elles sont du genre *Saccharomyces* ou non. Les levures du genre *Saccharomyces cerevisiae* ne réduisent pas le vert de bromocrésol (couleur verte sombre) tandis que les non *Saccharomyces cerevisiae* le réduisent (couleur blanche) [3].

2.9. Test d'inhibition des souches isolées par la lysine

Les colonies sur le vert de bromocrésol ont été prélevées et repiquées dans les milieux de culture solide stériles contenant de la lysine (YLC). On a procédé ensuite à une incubation pendant 72 heures dans une température 25°C. Ce test consiste à identifier les colonies sensibles avec la lysine. Le « non-*Saccharomyces* » se multiplie sur le milieu YLC (Yeast Lysine Chloramphénicol) tandis que la croissance des *Saccharomyces cerevisiae* y est inhibée [4].

2.10. Test du pouvoir fermentaire

Cette méthode a pour but de tester le pouvoir fermentaire des souches isolées [1]. Pour se faire, on a placé dans un tube à essai stérile une cloche de Durham. On y verse ensuite le milieu YGC liquide et on le remue afin de dégager les bulles d'air stockées dans la cloche et l'a coiffé du coton. A l'aide d'une anse, on a inoculé dans le tube à essai la souche à étudier. Le tube a été ensuite recouvert de coton stérile avant de l'incuber pendant 72 heures à 25°C. Parallèlement, des tubes à essai con tenant de cloche, mais sans inoculum, a été incubé avec ces échantillons pour nous servir de témoin.

2.11. Caractérisation microscopique des souches

Cette méthode renseigne sur la morphologie des cellules de levure, c'est-à-dire la forme, la taille, le mode de groupement et le mode de division des cellules. D'autre part la coloration de Gram a pour but de fixer et de distinguer les microorganismes à gram positif (coloré en violet) et à gram négatif (coloré en rose)[2].

3. Résultats et discussions

3.1. Résultat de la transformation des pommes de cajou en boisson alcoolisée

Au cours de 2 jours de fermentation, des dépôts blancs ont été observés au fond des bouteilles et après 3 jours de sa fermentation on a eu des boissons fermentées.

3.2. Résultat de la mise en évidence de la présence des levures dans les échantillons

Les tests de stérilité ont été effectués par l'utilisation de milieu YGC liquide. Ce milieu a une spécificité d'inhiber la multiplication des autres microorganismes autres que les levures. Avant et après incubation de témoin, la stérilité du milieu a été maintenue car il ne présente ni dépôt blanc ni trouble dans le milieu. Après 72 heures d'incubation, pour les flacons contenant les échantillons de la première série et la deuxième série d'échantillonnage (échantillons épluchés) aucun dépôt blanc n'a été observé (Photo 4). Tandis que, la troisième et la quatrième série d'échantillonnage, après incubation l'existence de levure a été confirmée par la présence de dépôt blanc au fond de flacon (Photo 5). Donc, les levures se trouvent dans la pelure des échantillons.



Photo 4



Photo 5

3.3. Résultats d'isolement des souches présentes

Les résultats d'isolement effectués ont permis d'obtenir deux souches différentes dont l'une est de petite taille (Photo 6) et l'autre de grande taille (Photo 7).

En observant les caractéristiques de deux souches obtenues, des caractères communs ont été constatés : les colonies sont toutes opaques, crèmeuses, lisses, bombées et à contour régulier.



Photo 6



Photo 7

3.4. Résultats du test de coloration des souches par le vert de bromocrésol

Les deux souches qui étaient dans le milieu YGC solide ont été repiquées sur le milieu YGC additionné par vert de bromocrésol et incubées parallèlement avec le témoin.

Après 72 heures, les résultats ont montré que les souches de petites tailles ne réduisent pas le vert de Bromocrésol qui ont de couleur verte sombre (Photo 8) par contre les souches de grandes tailles le réduisent en maintenant sa couleur blanche (Photo 9). Cela explique que les souches de levure de petites tailles sont probablement du genre *Saccharomyces*.



Photo 8



Photo 9

3.5. Résultats du test des deux souches sur le milieu YLC

Après 72 heures d'incubation, on a observé que la souche de petite taille est inhibée par la lysine (Photo 10) alors que la souche de grande taille y pousse encore (Photo 11). La souche de petite taille est encore confirmée du genre probablement *Saccharomyces*.

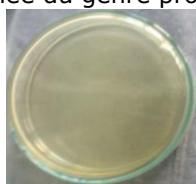


Photo 10



Photo 11

3.6. Résultats du test du pouvoir fermentaire des souches petite et grande

Durant l'incubation, le milieu témoin (**T**) non inoculé a maintenu sa stérilité. Pour les tubes contenant des inoculum, nous avons constaté que les deux souches (Photo12) de petite taille (**A**) et la grande taille (**B**) sont fermentaires, témoignées par la montée progressive de cloche de Durham vers la surface du tube à essai. Cette montée se traduit par la récupération de CO₂ contenu dans le tube et qui explique le pouvoir fermentaire des deux souches petite et grande [1].

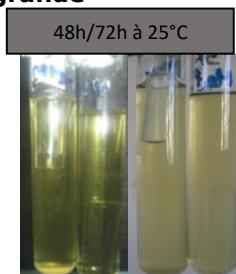


Photo 12

3.7. Résultats d'observation microscopique des souches à l'état frais et par coloration de Gram

Le résultat d'observation à l'état frais a montré qu'elles sont toutes immobiles et leur mode de division est par bourgeonnement unipolaire. D'après la coloration de Gram, les levures ainsi isolées sont des cellules Gram positif (Photo 13).

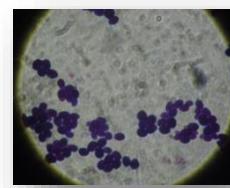


Photo 13

Conclusion

Au cours de cette étude, nous avons pu trouver du dépôt blanc au fond de la bouteille qui témoigne la présence de levures dans les échantillons. Cette dernière a été confirmée par les résultats de l'étude microbiologique en trouvant deux souches de levures fermentaires (grande taille et petite taille) dans les échantillons collectés.

Références bibliographiques

- [1]: BOUTTON B., La physiologie de levure. Ds : Larpent J.P, Biotechnologie de levure. Masson, Milan Barcelone Bonn. Paris, (1991) 12-127
- [2] : COFALEC. Caractérisation de levures de boulangerie adoptée par comité de fabrication des levures de panification de l'Union Européenne. Paris, (2006) 1-10
- [3] : HANSEN. Genre *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces carlsbergensis* et *Saccharomyces uvarum*. (1908) 15-34
- [4] : BOURGEOIS CLAUDE et THOUVENOT R. DANIEL. Effet de la lysine sur la synthèse et l'activité de l'arginase et de l'ornithine transaminase chez le *Saccharomyces cerevisiae*, Fac Science ;Eur . J. Biochem. Vol. 15, n°16, (1970) 140-145
- [5] : R. MERABTI Isolement et caractérisation des souches levuriennes amylolytiques à partir du sol Saharien Algérien. Thèse de magistère. Université de Mentourie Constantine (2006) 12-36
- [6] Norom C. Innocent, Ewuzie Ugochukwu, Mineral constituents of roasted cashew nuts (*Anacardium occidentale L.*) from Southeastern Nigeria. IOSR Journal Of Environmental Science, Toxicology And Food Technology (IOSR-JESTFT) e-ISSN: 2319-2402,p- ISSN: 2319-2399. Volume 6, Issue 4 (Sep. - Oct. 2013), PP 13-21 www.Iosrjournals.Org
- [7] : Lautié E,M, Dornier F, De Souza M, Reynes M, Les produits de l'anacardier: caractéristiques, voies de valorisation et marchés. Fruits, 56, 2001, 235-248.
- [8] Soro D. Couplage de procédés membranaires pour la clarification et la concentration du jus de pomme de cajou : performances et impacts sur la qualité des produits. Thèse de Doctorat en Sciences des Procédés-Sciences des Aliments. Institut des Régions Chaudes (France), 2012, 152p (p3).

46. Propriété physico - chimique et intérêt pharmacologique du vin rouge de Fianarantsoa Madagascar

(^a)**RANDRIAMAMPIONONA Razafindrakoto Heriniaina**, (^a)Marie Hortensia Saholinirina RANDRIANARIVO, (^b)Fabrice Andoniaina RATOLOJANAHAARY, (^c)Tafitaniaina Volahasina RANDRIANIRINA, (^d)Démétrius Ella Delphine HARISOAMALALA, (^e)Rakotovao TANAMASOANDRO, (^f) Jean Claude RAKOTOZAFY, (^g) Claudine Aimée RASOLOHERY

(^a)*Laboratoire Plante Santé Fianarantsoa*, (^b)*Laboratoire de Biologie Moléculaire, Faculté des Sciences/ Université de Fianarantsoa*.

Résumé

Les terroirs malgaches se trouvent principalement dans la région Haute Matsiatra, autour de Fianarantsoa et d'Ambalavao. On y retrouve des conditions climatiques idéales. Ce contexte place Fianarantsoa au premier rang sur la production de vin et surtout du vin rouge.

Dans le but de mettre en exergue les intérêts pharmacologiques du vin rouge, l'étude sur la quantification des familles chimiques du vin rouge de Fianarantsoa et la mesure du pH ont été faites. Pour ce, des échantillons de vins ont été prélevés. Ces vins sont des vins en vrac et cachetés des sociétés producteur de vin à Fianarantsoa. Pour les analyses physiques du vin, la mesure de densité et de pH ont été effectuées. Quant aux analyses chimiques, le criblage phytochimique a été fait sur les cinq échantillons selon les méthodes de FONG et al.. Les résultats de ces travaux ont révélé que les vins de Fianarantsoa contiennent en quantité remarquable des polyphénols, flavonone, tanins hydrolysable et une quantité plus ou moins prononcée en polysaccharide. Chacun de ces composés ont leur particularité dans le domaine thérapeutique. En effet, le flavonone, un composé chimique de la classe des flavonoïdes, présente un effet capillaro-protecteur, inhibiteur enzymatique et est un antioxydant. Le tanin hydrolysable a une propriété biologique non négligeable car il a un effet vasoconstricteur sur les petits vaisseaux superficiels. Il imperméabilise les couches les plus externes de la peau, des muqueuses. Enfin, il est un antioxydant. Les résultats du criblage ont permis de mettre en évidence les métabolites secondaires du vin et plus particulièrement la teneur qualitatif de leucoanthocyane et d'anthocyanes. En effet, les anthocyanosides sont responsables de la coloration rouge des vins et atténue les risques cardiovasculaires et est antioxydant. La mesure de densités des échantillons ont donné une valeur comprise entre 1,02 et 1,25 tandis que leurs pH entre 2,82 et 4,11. Ce dernier paramètre pourrait être un élément essentiel pour stabiliser les anthocyanes. En milieu acide fort, pH<3, la forme cationique colorée en rouge, est stable. Ainsi, les vins de Fianarantsoa sont des produits du terroir possédant sa spécificité non seulement par la diversité des vignes mise en cave, mais aussi par sa richesse en métabolites secondaires à usage thérapeutique.

Mots clé : vin rouge, Fianarantsoa, Ambalavao, propriété physicochimique, propriété pharmacologique.

I- Introduction

A Fianarantsoa, plus précisément dans la région de Haute Matsiatra, la viticulture et la vinification sont devenues des activités emblématiques de la région sud du Betsileo. Elles font depuis fort longtemps sa plus grande notoriété. Les vins sont vus de façons particulières pour des raisons qui tiennent autant à leur rôle dans l'économie qu'à leur aura culturelle et gastronomique. Toutefois, les vins sont souvent pris comme étant des simples boissons alcoolisées. Par conséquent les gens les consomment d'une manière abusive, alors que les vins sont des boissons riches en alcools. Mais ils possèdent également des substances potentiellement favorables à la santé.

Toutes ces raisons nous ont motivées pour étudier les propriétés physicochimiques et les intérêts pharmacologiques du vin rouge de Fianarantsoa Madagascar.

Dans le présent travail nous avons comme objectifs:

- Enquêter auprès des sociétés viticoles afin d'obtenir des informations sur le mode de culture et le procédé de vinification.
- Cribler les familles chimiques présentes dans les vins rouges de l'étalage des grands producteurs de vin à Fianarantsoa.
- Définir les propriétés pharmacologiques en tenant compte des données de la littérature.

II- Matériels et méthodes

1. Enquête

Des enquêtes ont été faites auprès des sociétés de vinification et en consultant d'autre source pour avoir des informations sur la viticulture, vinification et autres traitement et/ou analyses des vins.

- Echantillonage

Des vins rouge de l'étalage en vrac (V1, V2 et V3) et cacheté (V4 et V5) ont été achetés aux seins des producteurs de FIANARANTSOA, tel que : Lazan'i Betsileo, Clos Malaza, Antsahamasina et Maromby.

- Analyses physiques et chimiques

La densité de ces échantillons a été évaluée. L'acidité et le taux d'alcool ont été mesurés successivement à l'aide d'un pH-mètre et d'un alcoomètre.

Des réactions en solution ont été effectués afin de détecter les familles chimiques présentes dans les vins tel que : les polysaccharides et les polyphénols selon la méthode de Fong et al.

Les différents échantillons ont été soumis à un test antioxydant en utilisant la méthode de DPPH.

III- RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Production des vins

Localisation géographique	Localité / District	Superficies (Ha)	Capacité annuelle de production (en litres de vin)
EVA (EKAR Vignoble d'Antsahamasina)	Fianarantsoa (Antsahamasina)	30	32500
MAROMBY	Fianarantsoa (Maromby)	6	25000
SOAVITA	Manamisoa Ambalavao	30	94000
COTEAU D'AMBALAVAO	Maroparasvy Ambalavao	ND	104190
LAZAN'I BETSILEO	Soaindrana Vohibato	300	178333
Sté MAC & FRERES (CLOS MALAZA)	Ambohimalaza Isandra	40	105541
SVS (Société des Vins et de Spiritueux)	Maroparasvy Ambalavao	ND	108666

Tableau I: production de vins selon la location

Source : Région Haute Matsiatra (présentation de la production du vin pendant l'année 2009), responsables productions et vinifications (2017)

Une vingtaine de viticulteurs encaveurs a été recensé et produise environ 850 000 litres de vin par an. Six sociétés assurent environ 70 % de cette capacité de production. Parmi ces viticulteurs, la société Lazan'i Betsileo opère dans 5 districts: Ambalavao, Isandra, Ambohimahasoa, Fianarantsoa I et Vohibato.

2. Cépages cultivés pour la vinification rouge :

Tableau II: variété des cépages cultivés

Industries de vinifications	Variété des Cépages cultivés
EVA (EKAR Vignoble d'Antsahamasina)	Le petit Bouchet
	Le Syeve Villard
MAROMBY	Le Petit Bouchet
LAZAN'I BETSILEO	Le petit Bouchet
	Le Seyve Villard 18315
	Le Seyve Villard23657
	Le Seyve Villard26205
	Isabelle
	Jacquet

D'après le tableau II, six variétés de cépages rouges ont été recensé. La société Lazan'i Betsileo cultive les six variétés. Ces différents cépages sont mis dans une même cuve lors de la fabrication des moûts.

3. Caractéristiques physiques et chimiques des vins

Tableau III: caractéristiques physico-chimiques

Vins	V1	V2	V3	V4	V5
densité	1.0185	1.0200	1.0150	1.0300	1.0250
Ph	2.82	3.62	3.70	3.98	4.11

D'après le tableau III, les densités des échantillons ont une valeur comprise entre 1,02 et 1,3. La valeur de la densité de V4 (1.0300), montre qu'il est plus dense par rapport aux autres échantillons.

Ce tableau nous indique aussi que leur pH est compris entre 2,82 et 4,11. V1 est le plus acide de ces échantillons avec un pH de 2.82. De ce fait, les anthocyanes dans ce vin sont donc beaucoup plus stables puisque la forme cationique colorée en rouge est stable en milieu acide forte ($\text{pH} \leq 3$). En milieu acide faible ($4 \leq \text{pH} \leq 6$), les anthocyanes commencent à perdre ses stabilités (1). Ainsi, l'instabilité des anthocyanosides et les autres métabolites secondaires du vin dépend essentiellement de quelques paramètres notamment: la température, le temps de contacte, présence d'oxygène et la lumière(2). C'est pourquoi il est nécessaire de mettre les vins en cave, à l'ombre, sous emballage en verre brun ou sombre et au frais.

4. Taux d'alcool des vins

Tableau IV: résultats du taux d'alcool

Vins	V1	V2	V3	V4	V5
Taux d'alcool	11.0	10.85	11.5	12.5	12.5

Ce résultat nous indique que V1, V2 et V3 n'atteignent pas le taux requis pour un vin. Cela peut être dû au fait que ces vins ne sont pas bien conditionnés.

5. Caractérisation des polyphénols et test antioxydant

a) Caractérisation des polyphénols

Vins	polyphénol	anthocyane	leucoanthocyane	flavonoïdes	tanins
V1	+	+	-	Flavonone	hydrolysable
V2	+	+	+	Flavone	Condensé
V3	+++	++	+	Flavone	Condensé
V4	+++	++	+	Flavone	Condensé
V5	+++	++	+	Flavone	Condensé

Tableau V: résultats du criblage des polyphénols des vins

Le tableau V nous montre que les vins rouges de Fianarantsoa contiennent en quantité remarquable de composées phénoliques notamment des polyphénols non flavonoïdes, des anthocyanes, des leucoanthocyanes, des flavonoïdes tels que les flavonone et les flavone et des tanins condensés.

Les effets bénéfiques du vin rouge sont en grande partie dus à la présence de ces composés polyphénoliques. Le résvératrol est un des polyphénols des raisins extraite lors de la macération alcoolique. Il est reconnu pour son rôle contre les maladies coronariennes et ses effets cardioprotecteurs (french paradox) (3). Ils contribuent à la diminution de 50% des risques faces au maladies cardiovasculaires ou neurodégénératives (Alzheimer). De plus le résvératrol est antivirale, anti-inflammatoire (4) et protège les cellules des rayons nocifs lors de la radiothérapie (5). Quant aux tannins condensés, ils sont les plus abondants dans le vin rouge car sa concentration peut aller jusqu'à 1g/l (6). Ce polyphénol prévient certaines maladies cardio-vasculaires en freinant les effets du cholestérol dans le cœur et les vaisseaux sanguins (7). Ce sont des vasodilatateurs dix fois supérieures aux résvératrols. Les tannins sont aussi responsables de la propriété astringente car ils précipitent les protéines salivaires, entraînant ainsi la sensation de sécheresse buccale (8).

b) Tests antioxydants

Tableau VI: résultats des tests antioxydants

Vins	V1	V2	V3	V4	V5
Résultats	+	+	+	+	+

Ce tableau indique que les vins rouges de Fianarantsoa possèdent une activité antioxydante. Les polyphénols sont à l'origine de cette propriété. Le pouvoir antioxydant des polyphénols permet à l'organisme de lutter contre les agressions de l'oxygène responsable d'un grand nombre de maladies. Les polyphénols sont en effet des réducteurs. Lorsqu'ils passent dans le sang, ils continuent à lutter contre les radicaux libres (9).

6. Criblage des polysaccharides

Tableau VII: résultats du criblage des polysaccharides

Vins	V1	V2	V3	V4	V5
Résultats	+	-	+++	++	++

Ce tableau indique la présence des polysaccharides en quantité remarquable dans les vins sauf pour V2. Ces métabolites jouent des rôles prépondérante dans la perception du gras, la stabilisation aromatique, la diminution de l'astringence des certains tannins par enrobage, stabilisation de la matière colorante (anthocyanine), absorption des thiols volatils, stabilisation protéique et tartrique naturelle (10).

IV- Conclusion

Ainsi, les vins de Fianarantsoa sont des produits du terroir possédant sa spécificité par la diversité des vignes mise en cuve provenant des microclimats différents. Deux familles chimiques ont été mises en évidence dans le vin rouge tel que les polysaccharides et les polyphénols. La qualité et les intérêts pharmacologiques du vin rouge dépend fortement des composés phénoliques. Cette boisson possède donc des effets bénéfiques pour la santé mais elle est toujours classée parmi les boissons alcooliques. Pour éviter les risques engendrés à la consommation d'alcool, notamment la cirrhose et le cancer, il est préférable de le consommer avec modération. De plus, ce n'est que les premières années du vin que les polyphénols contribuent à la prévention des maladies cardio-vasculaires et de certains cancers (11). Afin d'extraire un potentiel polyphénolique maximum dans les raisins, la flash-détente peut être employé lors de la vinification.

Référence bibliographique

- Bruneton, J., « pharmacognosie – phytochimie, plante médicinales », 4em ed, revue et augmentée, paris, tec et doc- Edition médicales internationales, 2009, p. 375.
- Nada ELE DARRRA, « les composés phénoliques des raisins : étude du potentiel qualitatif et des procédés émergeants d'extraction », thèse présentée pour l'obtention du grade de docteur de l'UTC, janvier 2013
- S. Renaud, Michel de Lorgeril, « Wine, alcohol, platelets, and the French paradox for coronary heart disease », *Lancet*, vol. 339, n° 8808, 1992, p. 1523-6
- Kotha Subbaramaiah, Wen Jing Chung, Pedro Michaluarti, Nitin Telang, Tadashi Tanabe, Hiroyasu Inoue, Meishiang Jang, John M. Pezzuto, and Andrew J. Dannenberg, « Resveratrol Inhibits Cyclooxygenase-2 Transcription and Activity in Phorbol Ester-treated Human Mammary Epithelial Cells », *The Journal of Biological Chemistry*, vol. 273, n° 34, 1998
- Jang M, Cai L, Udeani GO, Slowing KV, Thomas CF, Beecher CW, et al., « Cancer chemopreventive activity of resveratrol, a natural product derived from grapes », *Science*, vol. 275, 1997, p. 218-220
- <https://dico-du-vin.com/tannin-ou-tanin-polyphénols-composés-phenoliques-viniculureviticulture/>, consulté le 07 juillet 2017.
- Sarah Laîne, Le vin est bon pour le cœur... à faible dose publié le 21/08/2015 à 7 :22, FIGARO.fr, santé
- P. Iacopini, M. Baldi, P. Storchi, L. Sebastiani, « Catechin, epicatechin, quercetin, rutin and resveratrol in red grape: Content, in vitro antioxidant activity and interactions », *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 21, 2008, p. 589-598
- Jean-Michel Mérillon, Bernard Fauconneau, Pierre Waffo Teguo, Laurence Barrier, Joseph Vercauteren et François Huguet, « Antioxidant Activity of the Stilbene Astringin, Newly Extracted from *Vitis vinifera* Cell Cultures », *Clinical Chemistry*, vol. 43, n° 6, 1997
- <https://dico-du-vin.com/polysaccharides-les-polysaccharides-du-vin-vinification/>, les polysaccharides (les polysaccharides du vin vinification) consulté le 07 juillet 2017.

47. Evaluation de la production de furfural à partir de biomasses locales pour une bioraffinerie agricole intégrée et durable à Madagascar

Irina RANDRIANTIANA^{1,2}, Modestine RALINIAINA³, Panja RAMANOELINA¹, Marc LEMAIRE²

¹ Ecole Doctorale Génie des Procédés et des Systèmes Industriels, Agricoles et Alimentaires, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo, ² Laboratoire International Associé, Université Antananarivo – Université Lyon1, ³Département des Recherches Zootechniques, Vétérinaires et Piscicoles, FOFIFA

Introduction

Le bioraffinage est un concept selon lequel un ensemble de méthodes et de technologies permet de transformer la totalité de la biomasse en une large gamme de produits biosourcés. Ce concept assez récent est né des préoccupations sociales majeures notamment celles relatives au changement climatique et qui poussent aujourd’hui à réfléchir sur les alternatives les mieux adaptées pour assurer un développement qui soit à la fois économiquement, écologiquement et du point de vue social acceptable. Un fort engouement pour la bioéconomie s'est alors installé. Les produits de synthèse sont présentement, pour la plupart, obtenus du pétrole. Le secteur est accusé d'être parmi les principales sources d'impacts négatifs sur l'environnement. Et des spécialistes en prédisent le tarissement notamment des gisements pétroliers stratégiques. A moyen terme, le bioraffinage est attendu devenir la meilleure option de l'industrie chimique pour un réel développement durable.

Par ailleurs, avec la croissance démographique, les alternatives proposées doivent tenir compte des besoins grandissants de la population en produits de commodité et de spécialité. Aujourd’hui beaucoup d'études et de travaux de recherche se consacrent au développement de politiques et de projets innovants basés sur la réduction de la dépendance aux ressources d'origine fossile et la mise au point de ces alternatives.

Pour Madagascar, son économie est fortement dépendante du secteur agricole. Ce dernier emploie 80% de la population et ne rapporte que 30% du PIB (www.agriculture.gouv.fr). C'est dire d'une part que le tissu industriel est très fragile (86% dans le secteur primaire) et d'autre part, que le développement de Madagascar ne pourra avoir lieu qu'en faisant développer cette grande masse. L'industrialisation du secteur agricole pourrait faire en partie par la conversion des déchets agricoles.

Les possibilités en termes de conversion de la biomasse, de procédé et de produit sont variées et leurs combinaisons, multiples. Nous rapportons ici l'évaluation de la production de furfural (le produit) à partir de deux biomasses lignocellulosiques locales constituées de déchets agricoles (les matières premières) par hydrolyse acide (le procédé).

Le furfural est un synthon ou plateforme chimique qui permet d'accéder à divers produits de haute valeur ajoutée. Pendant longtemps, il a été utilisé comme précurseur du nylon 6-6 (Silvio, 2014). Mais plus tard avec la maîtrise de la pétrochimie, ce procédé est devenu moins rentable. Aujourd’hui, la principale application du furfural est l'alcool furfuryl avec 86,3% de la production dédié à cet effet. Cet alcool est utilisé dans de nombreux domaines de la fonderie en tant que liant. Le furfural peut également être utilisé dans la fabrication de solvants. Mais la piste d'une plateforme pour les biocarburants lignocellulosiques est actuellement explorée pour aboutir au methylfurane, methyltetrahydrofurane, les valérates (esters de l'acide valérique), les éthers ethylfurfuryl et ethyltetrahydrofurfuryl et aussi bien divers produits de couplage C10 – C15 avec le candidat le plus prometteur : 2-methylfurane (Lange *et al.*, 2012)

La production de furfural est de l'ordre de 300,000 kilos en 2013. La capacité de production est attendue doubler d'ici 2020 (652,500 tonnes) et drainer près de 1,200 millions de dollars. Le marché mondial est de nos jours largement dominé par la Chine étant le principal producteur et consommateur (72,6% du marché total) (Grand View Research in Globe Newswire, 2015). Les principales applications potentielles pour Madagascar pourraient être les solvants, les biocarburants et l'exportation.

Matériels et méthodes

Matières premières

La rafle de maïs (*Zea mays*) et la bagasse de canne à sucre (*Saccharum officinarum*) ont été utilisées dans le cadre de cette étude. Les deux biomasses ont été respectivement collectées en Mars et en Mai 2017 dans le district de Morondava, Région Menabe. Après récolte, l'épi de maïs a été séché au soleil pendant dix jours puis égrainé pour donner la rafle de maïs. Le jus de la canne à sucre a été extrait puis mis de côté. Le résidu solide ainsi obtenu - la bagasse - a été lavé à l'eau puis pressé une deuxième fois pour s'assurer de l'élimination du maximum de sucre et enfin étuvé à 105°C pendant 12h.

Dans une étude antérieure, les teneurs en hémicelluloses des deux biomasses ont été déterminées par la méthode de Van Soest (1985). Puis, la méthode proposée par NREL dans le cadre des travaux de Sluiter

et al. (2010) et améliorée par Rabemanolontsoa et al. (2011) se basant sur un bilan de masse sommatif a été mise en œuvre pour déterminer leurs compositions en sucres. La teneur en sucres notamment en C5 a été à la base du calcul du rendement de conversion en furfural.

Hydrolyse acide et extraction du furfural

Le procédé de synthèse de furfural repose sur une hydrodistillation en milieu acide des biomasses lignocellulosiques. Plus spécifiquement, les hémicelluloses contenues dans les parois cellulaires des plantes sont fractionnées et libèrent les sucres C5. Ces derniers subissent par la suite une déshydratation et l'on obtient du furfural.

De par ce principe, Yu et al. (2013) ont proposé une hydrolyse à l'acide sulfurique dilué à 6% avec un ratio solide – liquide de 2,5:1 portée à 170 - 185°C pendant 3 heures. Une adaptation à ce protocole a été adoptée pour des raisons logistiques. Le réacteur contenant la biomasse et l'acide a été plongé dans un bain à 142 - 150°C pendant 5 heures. La distillation a été conduite moyennant un Dean Stark. Un prélèvement continu de l'azéotrope furfural-eau a été effectué (Xiang et al., 2014).

Une extraction liquide – liquide avec de l'acétate d'éthylène a été faite pour séparer l'azéotrope furfural-eau. L'acétate d'éthylène a été par la suite évaporé à une température de 40°C et une pression de 250 mbar.

Des analyses par chromatographie sur couche mince (CCM) pour la détermination du furfural ont été faites à trois étapes de la synthèse : la première, à l'issue de la distillation ; la deuxième, de l'extraction liquide – liquide et enfin de l'évaporation du solvant d'extraction. Le système d'éluants a été l'hexane et l'acétate d'éthylène avec un ratio 6 :4 et le révélateur de la solution de permanganate de potassium.

Pour remarque, le solvant d'extraction a été recyclé. Les essais ont été effectués en double.

Applications de diverses conditions opératoires

Afin de déterminer les conditions opératoires optimales et d'évaluer le potentiel de conversion des biomasses, trois paramètres ont été étudiés relativement au rendement en furfural: la taille des échantillons, la concentration en acide sulfurique, la quantité de chlorure de sodium.

A ce faire, les échantillons ont été réduits en poudre et en morceaux de 1 -2 cm. Afin de s'assurer de l'uniformité des échantillons en morceaux, ils ont été passés sur un système de tamis.

Pour l'évaluation de l'influence de la quantité d'acide sulfurique sur le rendement en furfural trois concentrations ont été appliquées : 2,5 – 5 – 10 – 20%.

Pour l'évaluation de l'influence de la quantité de chlorure de sodium sur le rendement en furfural des ratios NaCl – biomasse (m/m) 0 :1 – 1,4 :1 – 2,8 :1 ont été utilisés.

Bilan de conversion

Le bilan de conversion a été établi en mettant en exergue la masse de biomasse utilisée comme matière première et en bout de chaîne celle du produit en passant par celles du distillat et du résidu. Le rendement de conversion a été obtenu par le rapport entre la quantité de furfural produit et celle de sucres C5 contenus initialement dans la biomasse.

Résultats et discussions

Influence de la taille des matières premières sur le rendement en furfural

Les essais en faisant varier la taille des échantillons par réduction en poudre ou par broyage et tamisage en morceaux de 1 – 2cm ont donné les résultats résumés dans le tableau 1.

Au regard du rendement en furfural et ce, dans les deux cas, il n'y a pas eu de différence significative. Par contre, l'utilisation de biomasses réduites en poudre a engendré l'utilisation de plus de catalyseurs pour l'hydrolyse et de solvants pour l'extraction. En effet, avec la même quantité de biomasse au départ, il a été nécessaire d'utiliser deux fois le volume d'acide prévu pour la poudre afin d'immerger complètement le milieu réactionnel. Mais alors que la quantité d'acide sulfurique dans milieu réactionnel a été augmentée, aucun effet significatif sur le rendement n'a été constaté.

Par ailleurs, en augmentant la quantité d'acide dilué pour la réaction, la quantité de distillat a été beaucoup plus importante. Cette situation s'est répercutée sur la suite des opérations qui consiste en l'extraction. Les ratios Acétate d'éthylène (le solvant d'extraction)/furfural extrait sont respectivement pour la poudre et les morceaux 45 :1 et 38 :1.

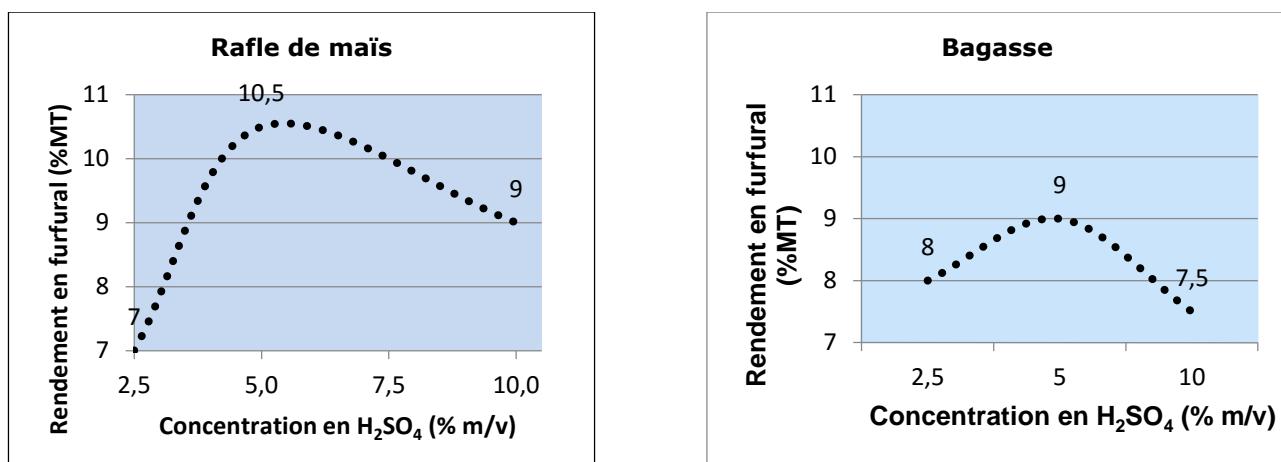
Tableau 17: Conditions opératoires et rendement en furfural en fonction de la taille des échantillons

25 g échantillon	volume acide (ml)	cc acide (% m/v)	NaCl (g)	Masse totale (g)	Rendement (%MT)
Morceaux	100	5	35	2,2698	9,1
Poudre	200	5	35	2,2281	9

Il est ainsi apparu évident que la meilleure option serait l'utilisation de biomasses en petits de morceaux de 1 – 2 cm car à rendements significativement égaux, la poudre a beaucoup plus mobilisé de catalyseur et de solvant d'extraction.

Influence de la concentration en acide sur le rendement en furfural

Les expérimentations à des concentrations différentes d'acide allant de 2,5 à 20% (m/m) ont mis en évidence une concentration optimale de 5% pour les deux biomasses à la fois. A la concentration en acide de 20%, la réaction s'est emballée. Les résultats correspondants sont représentés sur la figure 1.

**Figure 24: Influence de la concentration en acide sur le rendement en furfural**

Avec de l'acide sulfurique à 5%, la rafle de maïs a été le meilleur candidat pour la production de furfural par rapport à la bagasse et ce, relativement à sa composition en hémicellulose et en particulier, en sucres C5 de 25% contre 19% pour la bagasse.

Par ailleurs, comme le montre la figure 1, il y a beaucoup plus d'écart, soit de 2,5% entre les valeurs du rendement en furfural à différentes concentrations en acide pour la rafle de maïs contre 1,5% pour la bagasse. La rafle de maïs serait donc beaucoup plus sensible à la variation de la concentration en acide.

Influence de la quantité de sel sur le rendement en furfural

La figure 2 nous renseigne que l'ajout de chlorure de sodium parmi les catalyseurs a nettement amélioré le rendement en furfural. Le rendement en furfural est passé de 4% à 9%, la première valeur correspondant à l'utilisation d'acide sulfurique dilué sans rajout de sel. Le chlorure de sodium constituerait ainsi un bon agent de dépolymérisation des hémicelluloses et de déshydratation des pentoses en présence d'acide sulfurique. Le rendement optimal de production en furfural à partir de bagasse de 9% a été obtenu avec l'utilisation d'un ratio NaCl/biomasse de 2,8 :1.

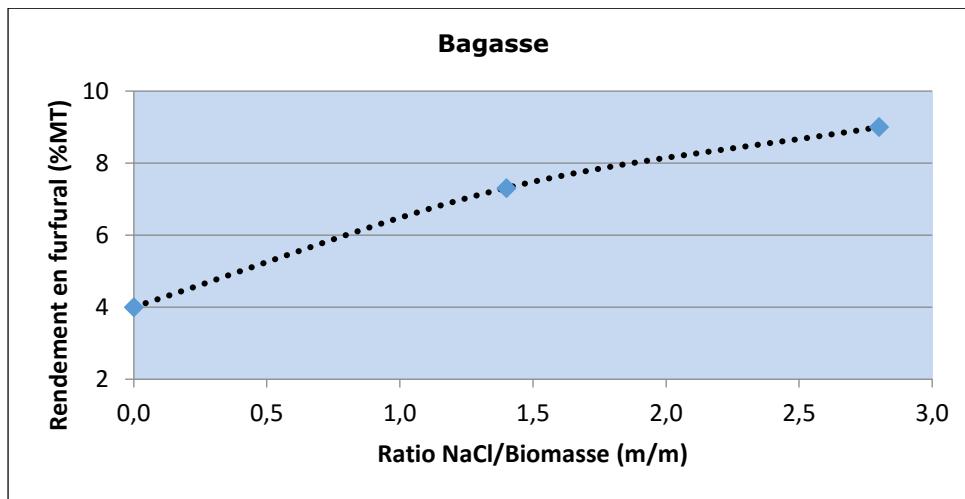


Figure 25: Influence de la concentration en acide sur le rendement en furfural

Par ailleurs, avec le chlorure de sodium pour améliorer la réaction, l'utilisation de l'eau de mer pourrait être aussi envisagée pour les bioraffineries implantées dans les zones côtières.

Bilan de conversion

La figure 3 présente le bilan de conversion de la rafle de maïs en furfural et les conditions opératoires optimales définies par l'évaluation de l'influence de différents paramètres (taille des matières premières et quantité de catalyseurs).

En appliquant les conditions opératoires optimales auparavant (taille des échantillons : 1 – 2cm ; concentration en acide sulfurique : 5% et ratio NaCl/Biomasse 2,8 :1), le rendement de conversion des sucres C5 a été de 47%. C'est un rendement tout à fait satisfaisant en comparaison avec les résultats des procédés en batch de 35 – 50% et qui sont arrivés au stade commercial (Montastruc *et al.*, 2011). Par contre, le facteur E défini par le rapport entre la quantité de déchets et de produit a été de 48. Avec une telle valeur, le procédé tomberait dans la gamme de la chimie fine (Facteur E : 5 – 50) alors que normalement il devrait être dans celle de la chimie lourde et avoir une valeur comprise entre 1 et 5 (Sheldon, 2007). Le paramètre déchet induit par le procédé serait ainsi le facteur limitant avec ce facteur E 48 et son pH 1-2.

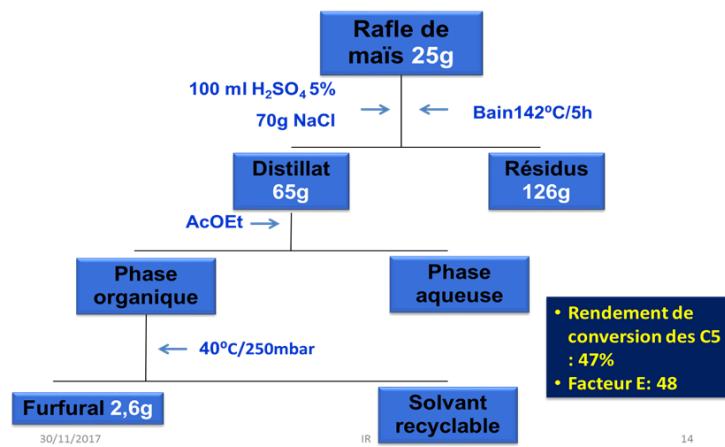


Figure 26: Conditions opératoires optimales - Rendement de conversion

Conclusion

La synthèse de furfural à partir de biomasses locales notamment la rafle de maïs, la bagasse est tout à fait possible. Des conditions opératoires appliquées tout au long du procédé en veillant sur la taille des biomasses et la concentration en catalyseurs à savoir l'acide sulfurique dilué et le chlorure de sodium ont permis d'avoir un bon rendement de conversion en furfural de 47%. Par ailleurs, des améliorations au niveau des conditions de synthèse pourront être apportées et ainsi faire encore augmenter le rendement et rendre plus efficient le procédé. Il s'agirait entre autres de travailler à plus haute température et à

durée réduite tel que prévu dans la littérature. Autrement, les déchets générés en quantité importante constituent le facteur limitant de la conversion. Cette limite pourrait être supprimée par leur valorisation.

Mots-clés : Potentiel, biomasses locales, furfural bioraffinerie agricole intégrée et durable

- Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt - Politiques agricoles à travers le monde - Fiche pays - Madagascar, 2015, www.agriculture.gouv.fr
- S 'Ilvio V.J. , Analytical techniques for the chemical analysis of plant biomass and biomass products, *Anal. Methods*, 6, 8094, (2014)
- Lange J-P.,van der Heide E.,van Buijtenen J.,Price R., Furfural—A Promising Platform for Lignocellulosic Biofuels, *ChemSusChem* 5, 150 – 166, (2012)
- Grand View Research in Globe Newswire, 2015, www.grandviewresearch.com
- Van Soest P. & Robertson J., Analysis of forages and fibrous foods. Ithaca, NY, USA: Department of Animal Science, Cornell University, (1985)
- Sluiter J, Sluiter A. Summative mass closure: laboratory analytical procedure (LAP) review and Integration: feedstocks. Golden: National Renewable Energy Laboratory NREL Report No. TP-510e48087, 14 pp., (2010)
- Rabemanolontsoa H., Ayada, S., Saka, S., Quantitative method applicable for various biomass species to determine their chemical composition, *Biomass and Bioenergy*, 35(11):4630-4635, (2011)
- Yu HL, Tang Y, Xing Y, Zhu LW, Jiang JX., Improvement of the enzymatic hydrolysis of furfural residues by pretreatment with combined green liquor and hydrogen peroxide. *Bioresour Technol.*, 147 :29–36, (2013)
- Xiang H., Runge T., Co-production of feed and furfural from dried distillers' grains to improve corn ethanol profitability, *Industrial Crops and Products*, 55: 207–216 (2014)
- Montastruc L., Ajao O., Marinova M., Barreto Do Carmo C., Domenech S., Hemicellulose biorefinery for furfural production: energy requirement analysis and minimization, *Journal of Science & Technology for Forest Products and Processes*, Vol.1, No.3, (2011)
- Sheldon R., The E factor: 15 years on, *Cutting-edge research for a greener sustainable future Green Chemistry*, Vol. 9, No 12, 1261 – 1304, (2007)

48. Paramètres écologiques et compositions chimiques d'huiles essentielles de *Citrus aurantium*, variété voasary gasy et voanginamboa ranomafana – Madagascar

RATALATA RALAIVAO Alisoa Baovola, ^(b)Arinjakatiana Tolojanahary Onjanirina VELOMAHAFALY
^(a)Razafindrakoto Heriniaina RANDRIAMAMPIONONA, ^(b)Démétrius Ella Delphine HARISOAMALALA, ^(b)Horthencia Raharisoa ANDRITIANA, ^(c)Jean Claude RAKOTOZAFY, ^(a)Claudine Aimée RASOLOHERY

^(a)Laboratoire Plante Santé Fianarantsoa, ^(b)Laboratoire de Chimie de l'Environnement, Institut des Sciences et Techniques de l'Environnement/Université de Fianarantsoa, ^(c) Laboratoire de Biologie Moléculaire, Faculté des Sciences/ Université de Fianarantsoa.

Résumé

Dans le cadre de la recherche d'alternative pour la population riveraine du parc Ranomafana, *Citrus aurantium* variété voanginamboa et voasary gasy ont été étudiés. Les méthodes utilisées ont été un relevé écologique, une enquête ethnobotanique, criblage phytochimique des feuilles, extraction de l'huile essentielle, enquête sociologique concernant la vente des fruits et du jus des fruits, analyses des chaînes de valeur de fruits et de l'huile essentielle obtenu et dérivés. Les fruits de voasary gasy sont riches en oligoéléments, vitamines et citroflavonoides lui conférant des propriétés pharmacologiques intéressants. Cependant à Ranomafana, il ne pousse que sur les bas-versants, l'abondance relative est de 3,57%, la densité est de 2 pieds/ha, le taux de régénération de l'espèce est de 2,56%. Par contre, voanginamboa a des fruits amers, plus abondants sur les bas versants, avec une abondance relative (13,85%), taux de régénération de l'espèce (14,29%), densité (0,018 pieds/m²). Les métabolites secondaires présents par ordre d'abondance qualitative sont alcaloïdes, polysaccharides, flavone et saponine pour les deux variétés. Les composants majoritaires de l'huile sont limonène 30,2%, sabinène 16,4%, linalol 12,4% pour le voasary gasy. Pour le voanginamboa ce sont linalol (47,5%), acéate de linalyle (27,7%) et a-terpinol (5.1%). Les deux variétés sont à chémotype linalol. Les composants majoritaires ont des propriétés pharmacologiques et cosmétiques valorisables. La commercialisation des produits cosmétiques de l'huile essentielle et des fruits peuvent se faire à Ranomafana. Ainsi, les deux variétés sont donc des plantes à la fois nutraceutiques, cosmétiques et médicinales qui ont de grands potentiels comme activités génératrices de revenus pour Ranomafana.

1. Introduction

Un des lieux riches en biodiversité à Madagascar est le Parc National Ranomafana d'une superficie de 41601ha. C'est une forêt humide de l'est de Madagascar inscrit dans le patrimoine naturel mondial depuis

2007. Cependant, la pauvreté, la tradition conduit la population à faire le tavy, la déforestation et de puiser dans les ressources naturelles.

Pour assurer la sauvegarde des ressources naturelles, des activités génératrices de revenus doivent être proposées à la population. Ces ressources naturelles devront être exploités de façon durable et permettre, à la fois, à la population d'avoir des activités génératrices de revenus et conserver la biodiversité menacé. Deux plantes de la famille des Rutaceae, espèce *Citrus aurantium*, variété voasary gasy et voanginamboa, adaptés au lieu d'étude ont été étudiés.

L'objectif principal de l'étude consiste à valoriser ces deux espèces pour être une activité génératrice de revenu de la population comme alternative à la conservation de la biodiversité

2. Matériels et Méthodes

2.1. Matériel végétal

Citrus aurantium (Rutaceae), est un arbre de 5 à 10 mètres.

Les feuilles de voanginamboa, en décoction, sont utilisés par voie orale pour traiter le maux de gorge, fièvre, toux, femme stérile et en cas de fatigue. Les écorces sont aussi utilisés en cas de maux de gorge, douleur vertébrale des hommes par voie orale ou en bain de vapeur.

Les feuilles de voasary gasy sont utilisées pour le bain des femmes après accouchement. Mélangé avec les feuilles de papayer, il est utilisé en bain ou en infusé en cas de fièvre, fatigue et des problèmes d'articulations

2.2. Études écologiques

Le but de cette méthode est de déterminer les facteurs favorables ou défavorables à la croissance et au développement de l'espèce sélectionnée. Cela consiste à l'étude de disponibilité en matière première en cas d'exploitations et de valorisations des espèces. Le site de relevé est celui de Talatakely.

La méthode consiste à dénombrer les individus semenciers ainsi que les individus régénérés de chaque espèce (Rothe, 1964). Les paramètres mesurés sont la hauteur totale (HT), la hauteur du fut (HF), le diamètre à hauteur de poitrine (DHP).

Le taux de régénération est calculé par **TR% = Nombre de régénérant x 100 / Nombre de semenciers**. La méthode de placeau a été adoptée. Les paramètres abondance-dominance est exprimée après estimation par les méthodes de Braun-Blanquet (1928).

2.3. Etudes chimiques

2.3.1. Criblage phytochimique

Pour connaître les familles chimiques de la plante, un criblage phytochimique a été effectué sur les feuilles suivant la méthode de Fong et al. La connaissance de ces familles chimiques permettra d'avoir des renseignements sur la propriété pharmacologique des feuilles.

2.3.2. Extraction de l'huile essentielle des feuilles

Les feuilles ont été soumise à une hydrodistillation pendant 3 h, à l'aide d'un appareillage de type Clevenger. Les huiles essentielles recueillies par décantation à la fin de la distillation ont été séchées sur du sulfate de sodium anhydre pour éliminer les traces d'eau résiduelles.

2.3.4. Identification des composées

L'analyse chimique de l'huile essentielle a été effectuée à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse (CPG). L'analyse a été faite à l'Institut Malagasy de Recherches Appliqués (IMRA), Département de Phytochimie et Contrôle de Qualité- Laboratoire de Contrôle de qualité et standardisation des médicaments. L'identification des différents constituants des huiles essentielles a été faite sur la base de leurs indices de rétention

3. Résultats

3.1. Paramètres floristiques et écologiques

D'après les relevés effectués, les espèces endémiques de la famille Anacardiaceae, Clusiaceae, Hypericaceae, Euphorbiaceae sont très abondants. Ce sont les espèces associés à la variété voasary gasy.

Tableau 1 : paramètres biologique de *Citrus aurantium*, voasary gasy dans le site Talatakely

N°pieds	HT (m)	HF (m)	DBH (cm)	topographie
1	8	2	8	Bas-versant
2	10	4	6	Bas-versant

3	6	1.5	5	Bas-versant
4	8	2	8	Bas-versant
5	10	2	6	Bas-versant
6	7	2.5	4	Bas-versant

Dans le site de relevé, aucun pied n'a été trouvé en altitude. Les pieds adultes sont plus abondants en bas altitude. Les individus sont tous semenciers. Sur les bas versants, les points d'eaux sont plus proches.

Sur le site de relevé Talatakely, les familles fréquemment rencontrés sont Rubiaceae, Clusiaceae, Euphorbiaceae et Malvaceae. Ce sont les espèces associés à la variété voanginamboa

Tableau 2: paramètres biologique de *Citrus aurantium*, voanginamboa dans le site Talatakely

N°pieds	HT (m)	HF (m)	DBH (cm)	topographie
1	6	1.30	35	Bas-versant
2	8	3	50	Bas-versant
3	2	1	18	Bas-versant
4	7	2	41	Bas-versant
5	5	2	30	Bas-versant
6	8	2.50	46	Bas-versant
7	3	1	20	Bas-versant
8	8	3	60	Bas-versant
9	6	2	30	Bas-versant
10	7	3	45	Bas-versant
11	5	1.50	28	Bas-versant
12	1.60	1.20	10	Bas-versant
13	6	2	36	Bas-versant
14	4	1	25	Bas-versant
15	3	1	24	Bas-versant
16	2	1	20	Bas-versant
17	2	0.50	16	Bas-versant
18	1.50	1	12	Bas-versant
19	2.20	1	22	Mi-versant
20	3	1.20	30	Mi-versant

Aucun pied n'a été inventorié sur le Haut-versant. Le bas-versant, plus humide et riche en humus est favorable à la culture des Citrus.

Tableau 3 : paramètres floristique de la variété voasary gasy dans le site Talatakely

Topographie	Abondance relative (pieds/ha)	Densité (pieds/ha)	Taux de régénération (%)
Bas Versant	10,71	06	7,69
Mi- Versant	-	-	-
Haut Versant	-	-	-

Le faible taux de régénération pourrait s'expliquer par la coupe des semenciers ou au contraire, par la coupe de jeunes individus et en conséquence, la plante n'a même pas le temps de fructifier.

Tableau 4 : Paramètres floristique de la variété voanginamboa dans le site Talatakely

Topographie	Abondance relative (pieds/m ²)	Densité (pieds/m ²)	Taux de régénération (%)
Bas-versant	13.85	0.018	14.29
Mi-versant	1.72	0.002	333.33
Haut versant	-	-	-
Moyenne	5.19	0.0067	-

Il a été constaté que la pérennisation des pieds pose problèmes. Les pieds qui sont rencontrés sur le bas-versants sont adultes. En montant en hauteur, les pieds deviennent rares et jeunes.

3.2. Propriétés chimiques et pharmacologiques des feuilles

Les familles chimiques dans les feuilles a une relation avec ces propriétés.

Tableau 5 : Familles chimiques dans les feuilles des deux variétés

Famille chimique	Voasary gasy	Voanginamboa
alcaloïdes	+++	+++
polysaccharides	++	++
flavone	++	++
saponine	+	+

Les saponines sont hémolitiques. Certains molécules sont cytotoxiques, anti-virale, ont des propriétés analgésiques, immunomoulatrices. Chez les Citrus, la présence de flavones appelés citroflavones comme la diosmine, l'hespéritol dans les péricarpes a été démontré. Ces molécules favorisent l'amélioration des symptômes en relation avec l'insuffisance veinolymphatiques, le traitement d'appoint des troubles fonctionnels de la fragilité capillaires, le traitement des signes fonctionnels liés à la crise hémorroidales. Les polysaccharides sont des substances responsables de la rigidité des parois cellulaires des végétaux supérieurs, protecteurs des tissus contre la déshydratation, du fait de leur pouvoir hydrophile. Enfin, les alcaloïdes sont des substances intéressantes pour leurs activités pharmacologiques qui s'exercent dans les domaines variés : au niveau du système nerveux (dépresseurs, stimulants) ou au niveau du système nerveux autonome (sympathomimétique, sympatholytique, parasympathomimétique, anticholinergique, ganglioplégique), anesthésique locaux, antifibrillant, antitumoraux, antipaludique, amoebicides...

3.3. Propriétés organoleptiques, physique et composition chimiques de l'huile essentielle des feuilles

L'extraction des huiles essentielles des feuilles de voanginamboa a été effectuée pendant la période sèche et froid. Avec 500g de feuilles, 2,3ml d'huile a été obtenu.

Tableau 6 : propriétés organoleptique et physiques de l'huile essentielle des deux variétés

variété	couleur	odeur	Rendement (%)	Masse volumique (g/ml)	Type d'huile
Voasary gasy	transparent	citronnée	0.26	0.65	Huile légère
voanginamboa	Jaune claire	citronné	0.38	0.83	Huile légère

Au Liban, une étude similaire a montré un rendement d'huile essentielle de feuille de *Citrus aurantium* variété orange amer de 0,3%.

Tableau 7 : Composant majoritaire de l'huile essentielle des feuilles

Composant	Voasary gasy (%)	Voanginamboa (%)
sabinène	16,41	-
β -myrcène	1,2	0.3
limonène	30,16	1.8
p- cymène	1,26	-
citronellal	6,03	-
Linalol	12,43	47.5
Acétate de linalyle	0,14	27.7
β - caryophyllène	1,67	-
Terpinèn-4-ol	3,24	-
α -humulène	1,11	-
β -citronellol	8,17	-
α - pinène	0,42	0,1
β -pinène	0,72	0.4
α -terpinéol	0,69	5.1
Acétate de géranyle	0,45	3.9
géraniol	0.29	2.9

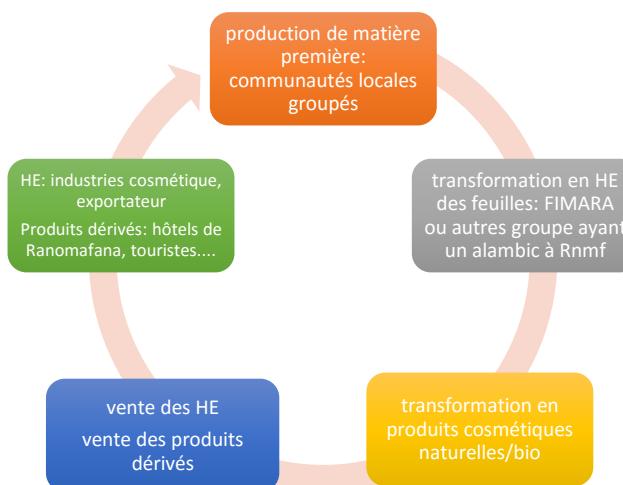
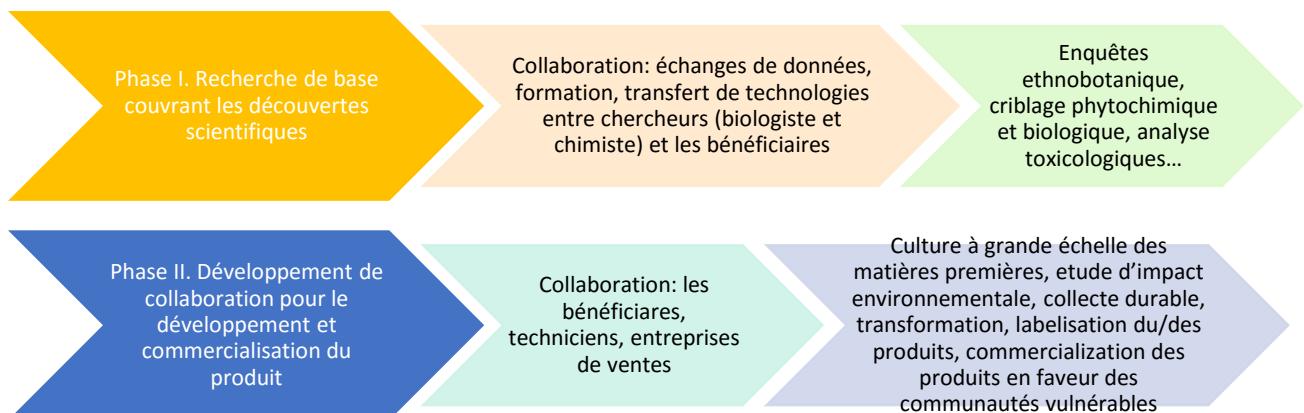
Même si ce sont deux variétés d'une même espèce et dans un même site de relevé, leur chemotype sont différents. La variété voasary gasy est à « chémotype limonène » et celui voanginamboa est à chémotype « linalol ».

Tableau 8 : Comparaison par rapport aux compositions majoritaires d'orange amer dans la littérature

composant	Voasary gasy	voanginamboa	Brésil	Iran	Algérie
Limonène	30,16	1.8	-	62	0,5
Linalol	12,43	47.5	24,1	7,5	18,6
Acétate de linalyle	0,14	27.7	36,7	-	-
α -terpinéol	0,69	5.1	8,8	-	15,1
Acétate de géranyle	0,45	3.9	5,8	-	-
géraniol	0,29	2.9	6,1	-	1,8
sabinène	16,41	-	-	-	1,8
β -citronellol	8,17	-	-	-	1,8
citronellal	6,03	-	-	-	-

La composition diffère d'un pays à l'autre suivant l'écologie du milieu. Le linalol a des propriétés antalgique, anti-inflammatoire, antiseptique et antivirale. L'acétylate de linalyle a des propriétés antalgique, spasmolytique, calmante et antiinflammatoire. Le terpineol a des activités antivirale, antinociceptive, vasodilatatrice, insectifuge. Le limonène est responsable d'une odeur et arôme citronné utilisé dans divers aliments mais aussi de diverses applications médicinales. Divers tests sur des animaux ont prouvé son efficacité contre certains type de cancer (gastrique, mammaire, pulmonaire, pancréas...). Mais des tests anti- cancer sur des humains doivent être entrepris pour confirmer ces activités.

3.5. Proposition de stratégies de vulgarisation et de vente



4. Conclusion

Cette étude a permis de renforcer les valeurs de l'espèce *Citrus aurantium* pour l'efficacité de la conservation de la biodiversité locale. La multiplication des pieds sur les bas-versants et à proximité des points d'eaux est indispensable pour la survie de l'espèce. Les feuilles pouvant être considérées comme « nutraceutique » peuvent être vendues en infusé. Ils contiennent non seulement de l'huile essentielle conférant un arôme citronné mais aussi des composés des familles d'alcaloïdes, de polysaccharides, de saponines, de flavone ayant des activités pharmacologiques intéressantes. La vente d'huile peut générer de revenu pour la population locale. Pour cela, le développement de chaîne de valeur au profit des communautés vulnérables est une stratégie qui peut être efficace dans l'utilisation durable de la biodiversité. Cette solution basée sur des plantes autochtones est favorable pour la restauration des écosystèmes fragiles et accroît les moyens de subsistance et la sécurité alimentaire de la population.

5. Remerciement

Université de Fianarantsoa

Madagascar National Parcs, Ranomafana

Centre Valbio, Ranomafana

6. Références

- [1] Abderrezak M. K., Abaza I., Aburjai T., Kabouche A., Kabouche Z. (2014) J. Mater. Environ. Sci. 5, pp. 1913-1918
- [2] Andrianotahiananahary H., Randriamalala J. R., Carrière S., Roger E. (2005) Caractéristique de la diversité interparcellaire des savoka betsileo mitoyenne du corridor Ranomafana-Andringitra
- [3] Braun-Blanquet, J. (1965) The study of plant communities. Plant sociology. New York and London. 439p
- [4] Costa C., Cury T.C., Cassettari B.O., Takahira R.K., Flório J.C., Costa M. (2013) Complementary and Alternative Medicine, 13:42
- [5] EL-Akhal F., Guemmouh R., Greche H., El Ouali Lalami A. (2014) J. Mater. Environ. Sci. 5, pp. 2319-2324
- [6] FONG G.H. et al. Protocole de screening phytochimique
- [7] Jeannot V. (2006) AYUS
- [8] Khakpour S., Khosravi M., Mashayekhipour Z., Jahromy M. H. (2014) World Journal of Neuroscience, 4, pp 427-433
- [9] Khosravi M., Khakpour S., Adibi L., Jahromy M. H. (2014) Journal of Behavioral and Brain Science, 4, 470-476
- [10] Namazi M., Akbari S. A.A., Mojab F., Talebi A., Majd H. A., Jannesari S. (2014) Iran Red Crescent Med J., 16(6): e18371
- [11] Onana J. M., Chevillotte H. (2015) ADANSONIA, sér.3 – 37, pp. 104 -129
- [12] Rabehaja J.R. (2013) Thèse de Doctorat, pp10-15
- [13] Randrianarivelo C., Rajeriarison C., Roger E. (2005) Aspect de la régénération naturelle des forêts de l'Antsingy (site du patrimoine mondial de Bemaraha), Tohiravina 1-recueil de documents pour suivi écologique programme environnementale
- [14] Salim M., Youssef B., Hanna E., Fawaz E. (2012) Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, Vol. 1 No. 4, p.63

49. Contamination des viandes fraîches sur étals par *Campylobacter* sp et *Salmonella* sp dans la ville et périphérie d'Antananarivo

RAZAFIARIMANGA Zara Nomentsoa, Pr RAKOTONDRADONA Rémi – RARIVOJAONA Hery Tina RAVAOMANANA Fleurette – RABIBISOA Francine - Dr RANDRIAMPARANY Tantely

Faculté des Sciences – Université d'Antananarivo – Mention Biochimie Fondamentale et Appliquée, Ecole Normale Supérieure – LNDV, Laboratoire de Diagnostic Vétérinaire Anosimasina Itaosy

Résumé

Les toxi-infections alimentaires sont de plus en plus fréquentes à Madagascar. Les viandes et notamment les volailles sont les principaux véhicules des germes des TIAC (Xavier C. et al. 2014). Parmi les micro-organismes principalement en cause, *Campylobacter* est à tort, insuffisamment recherché par les microbiologistes, mais il est décrit dans d'autres pays comme étant une importante cause de diarrhée et responsable de nombreux petits foyers de toxi-infections alimentaires. Ainsi une étude prospective a été réalisée dans la Commune urbaine d'Antananarivo et dans les Districts d'Antananarivo Antsimondrano et Avaradrano qui consiste à comprendre la contamination en *Campylobacter* et en *Salmonella* des viandes vendues sur étals dans les marchés. L'enquête a été menée pendant une période de deux mois, allant de 15 Janvier jusqu'au 31 Mars 2016. Au total, 198 échantillons ont été prélevés lors de l'enquête auprès des boucheries dont 66 échantillons des viandes de bœuf, 66 échantillons de viande de porc et 66 échantillons de viande de volaille.

La recherche de *Campylobacter* sur les échantillons de viandes fraîches effectuée au sein du Laboratoire National de Diagnostic Vétérinaire suit la norme internationale ISO 10 272. La recherche des salmonelles régies par la norme internationale ISO 6579.

La prévalence globale en *Campylobacter* sp des trois types de viandes est de 51,01%, sur les 198 échantillons testés, 35% ont été contaminés par *Salmonella* sp.

L'analyse des enquêtes effectuées montre que les facteurs contributifs les plus importants qui conduisent à la contamination sont dus au non-respect de la chaîne du froid, l'hygiène du personnel, le moyen de transport (transport à pied) et au mauvais état des infrastructures des boucheries (moyen étal). Des mesures doivent être prises afin de préserver la sécurité des consommateurs tels que le respect strict d'hygiènes ainsi que l'application des 5 clés des aliments sûrs établis par l'OMS.

Mots clés : *Campylobacter, Salmonella*, facteurs de risques, contamination, viandes, Antananarivo

Introduction

Au total, environ 2,2 millions de personnes meurent chaque année suite à des maladies liées à la sécurité sanitaire des aliments, dont 700 mille décès en Afrique. A Madagascar, la situation est alarmante car durant les cinq dernières années, 6 051 cas incluant 87 décès ont été signalés par l'Agence de Contrôle de la Sécurité sanitaire et de la Qualité des Denrées Alimentaires (ACSQDA).

Le pourcentage de cas de toxi-infections d'origine alimentaire collectives (TIAC) imputables aux bactéries a été estimé à 30,2 % dont *Salmonella* est l'une des premières causes (MEAD et al., 1999) et *Campylobacter* est l'un des premiers micro-organismes pathogènes responsables des infections entériques d'origine zoonotique (WHO, 2001).

Bien que certains cas de contamination puissent provenir directement des animaux domestiques, ou de l'eau contaminée, le pourcentage de transmission par les aliments consommés crus est estimé à 95 %. Les viandes crues peuvent être contaminées par des bactéries nuisibles et selon les recherches menées dans les abattoirs de 28 pays européens, 75,8% des volailles testées étaient contaminées par la bactérie *Campylobacter* et 15,7% par des salmonelles (Pauline Fréour, 2010). Alors qu'en est-il de la contamination des viandes sur étal ? Ainsi, nos objectifs sont d'abord d'évaluer la prévalence des contaminations en *Campylobacter sp* et *Salmonella sp* des viandes fraîches vendues sur étals dans la ville et périphérie d'Antananarivo, ensuite de déterminer les facteurs contributifs qui favorisent ces contaminations.

Matériels et Méthodes

Le présent travail a été réalisé au sein du Laboratoire National de Diagnostic Vétérinaire (LNDV) à Anosimasina Itaosy Antananarivo.

Type et période d'étude

Une étude rétrospective a été réalisée pendant une période de deux mois de Janvier à Mars 2016.

Population et site d'étude

Trois types d'échantillon de viandes fraîches vendues sur étals à savoir viandes de bœufs, de volailles, et de porcs ont été collectés auprès des boucheries situés dans la ville de la Commune Urbaine d'Antananarivo (6 arrondissements) et aussi dans le Districts d'Antananarivo Atsimondrano et Avaradrano. 3 à 9 Fokontany par arrondissement ont été sélectionnés au hasard.

Ces échantillons ont été mis dans des sachets stériles puis transportés dans une glacière munie d'un accumulateur de froid jusqu'au laboratoire. En plus des collectes, des enquêtes ont été menées auprès des vendeurs.

Analyses microbiologiques

La manipulation a été effectuée sous la hotte à flux laminaire ou PSM (Poste de Sécurité Microbiologique). La recherche des Salmonelles est régie par la norme internationale ISO 6579. Après les trois étapes : pre- enrichissement non sélectif, enrichissement sélectif sur RAPPAPORT VASSILIADIS (RVS) et sur MUELLER KAUFMANN (MKTn), isolement sur gélose SS et XLD, une colonie isolée de *Salmonella* a été prélevée et ensemencée sur les milieux SS et XLD afin d'avoir des cultures pures.

Ensuite des tests biochimiques d'identification ont été réalisés sur trois milieux différents. Le milieu de Kligler-Hajna est utilisé pour déterminer le type de fermentation du lactose et du glucose, pour vérifier la production de H₂S ainsi que dégagement gazeux. Le milieu de Simmons pour savoir l'utilisation de citrate par les bactéries et le milieu Urée indol pour déterminer la production d'uréase. La recherche sur la production d'indol et de l'enzyme β galactosidase a été également effectuée.

La recherche de *Campylobacter sp* suit la norme internationale ISO 10272. L'identification et la confirmation du genre ont été effectuées à l'aide de la coloration de Gram, de l'observation de l'état frais, ainsi que des tests de Catalase et Oxydase. Et la Mannitol permet de mettre en évidence la mobilité des bactéries.

La galerie classique est utilisée pour confirmer le test d'identification biochimique.

Résultats et discussions

1. Résultats des cultures sur les milieux gélosés



Figure 1. a. Culture
de *Salmonella* sp

Pour *Salmonella* sp, après culture, des colonies 1,5 à 3 mm de diamètre ont été observées et celles des *Campylobacter* sp, des colonies petites, plates et grises ou transparentes. En effet une des caractéristiques de la famille des Enterobactériacées est l'obtention de colonie de type S pendant les cultures.

Les résultats du test biochimique donnent le profil de ces deux bactéries.



Figure 27. b. Culture
de *Campylobacter* sp

Tableau 18. Profil biochimique des deux bactéries

<i>Salmonella</i> sp	<i>Campylobacter</i> sp
Fermentation lactose..... négative	Fermentation lactose..... positive
Fermentation du glucose..... positive	Fermentation du glucose..... positive
Activité H ₂ Spositive	Activité H ₂ Spositive
Production de gaz..... positive	Production de gaz..... positive
Activité citrate..... positive	Activité citrate..... négative
Uréasenégative	Mobilité positive
Production d'indole.....négative	Oxydase positive
Activité ONPG..... négative	Catalase..... Positive
	Coloration de Gram..... négative

2. Prévalence de la Contaminations des viandes

Au total, 198 échantillons ont été collectés dont 66 viandes de porc, 66 viandes de bœuf et 66 viandes de volaille. 35% (70/198) des viandes sur étals sont contaminés par *Salmonella*. Par contre 51,01% (101/198) des échantillons des viandes sont contaminés par *Campylobacter* sp, dont la majorité est la viande de volaille. *Campylobacter* est une bactérie qui s'acclimate très bien au tube digestif des volailles, ils peuvent facilement se retrouver sur la peau de la carcasse lors de l'éviscération. Et c'est là qu'il y a un risque de transmission à l'homme si l'on ne respecte pas certaines normes d'hygiène.

Tableau 19. Prévalence des contaminations selon le type de viande

Type de viande	Présence de <i>Campylobacter</i>		
	Nombre total d'échantillon	Nombre d'échantillon contaminé	Taux de contamination
Bovin	66	26	39,39%
Porcin	66	24	36,36%
Poulet	66	51	77,27%

3. Facteurs de risque associés à la contamination des viandes sur étals

Les résultats des enquêtes montrent que l'hygiène n'est pas respectée surtout au niveau des matériels tels que l'étal, le bois de découpage, sauf les couteaux. De plus la majorité des vendeurs n'utilisent ni de vitrine ni de matériels de conservation comme le congélateur.

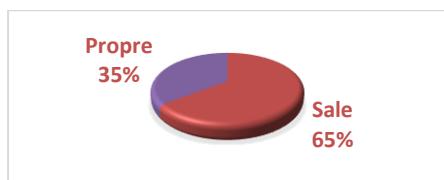


Figure 2. Etat de l'étal

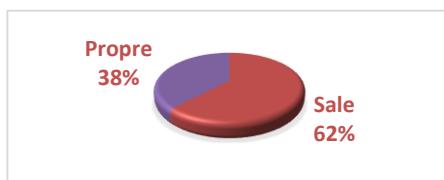


Figure 3. Etat des bois de découpage

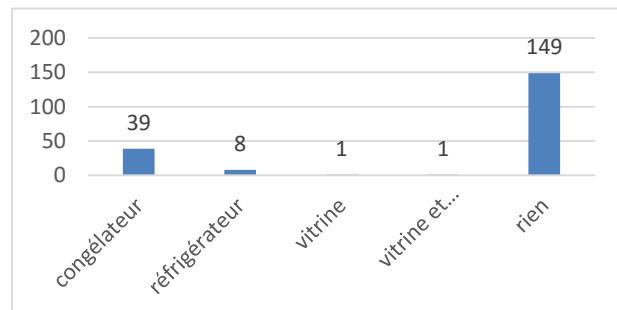


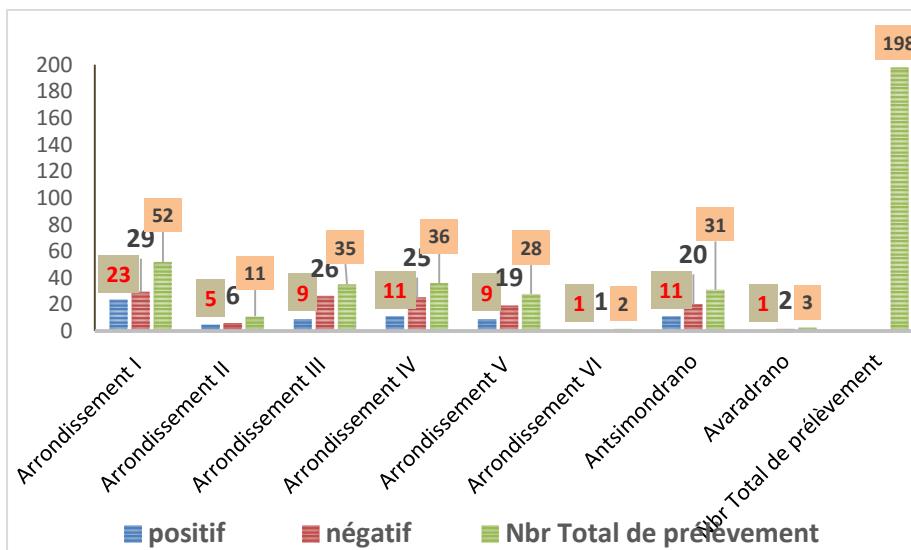
Figure 4. Matériels de conservation

Par rapport aux résultats bactériologiques, les viandes des boucheries, de type petit étal, constitué d'une table et d'un parasol, sont les plus contaminés.

Tableau 20. Types d'étais

Type de boucherie	Résultats bactériologiques		
	Négatif	Positif	Total
	Nombre (%)	Nombre (%)	Nombre (%)
Moyen étal	83 (54,97)	68 (45,03)	151 (100,00)
Petit étal	14 (29,79)	33 (70,21)	47 (100,00)
Total	97 (48,99)	101 (51,01)	198 (100,00)

Au niveau des fokontany, les viandes sur étais des fokontany du 1^{er} arrondissement sont les plus contaminés, cela s'explique par la surpopulation qui provoque la pollution atmosphérique.



Arrondissement I : 67Ha NO,
Andohatapenaka I et II, Antanimalalaka-Analakely, Ambodinisotry.
Arrondissement II : Ambolokandrina, Ankadindratombo, Ankarotokana
Arrondissement III : Ampahibe, Andravoahangy Est, Andravoahangy Tsena, Besretsy, Faravohitra Mandrosoa.
Arrondissement IV : Anosibe adrefana, Antsinanantsena, Oest Mananjary.
Arrondissement V : Ambatokaranana, Ambatomainty, Analamahintsy Tanana, Anjanahary, Manjakaray.
Arrondissement VI : Soamanandrariny.
Antsimondrano : Andoharanofotsy, Tanjombato Iraitsimivaky, Antandrokomby, Andrananahaatra, Anosimasina, Bemasoandro.
Avaradrano : Ankadikely.

Le type d'infrastructure, les moyens des transports utilisés depuis l'abattoir jusqu'au site de vente et les moyens de conservations représentent des facteurs de risque de contamination car d'après les résultats, les boucheries construites en bois, ou utilisent le moyen de transport à pied sont les plus contaminées. Le nettoyage insuffisant de réfrigérateur ou de congélateur intensifient la contamination car le sang de la viande est un milieu propice au développement des bactéries, de plus la coupure fréquente des courants par le problème de délestage dégrade les aliments. De ce fait, l'hygiène est très importante dans le domaine de sécurité des aliments. La propreté des locaux et la fréquence de nettoyage des boucheries sont parmi des moyens de prévenir la contamination des viandes (Salvat et al., 2008).

Conclusion et perspectives

Parmi les TIAC déclarés, ce sont les salmonelles qui sont le plus souvent identifiés (80% des cas). Dans le domaine de la sécurité des aliments, *Campylobacter* représente un danger émergent dont l'importance s'accroît au fil des années (GOUALIE et al., 2010).

Parmi les 198 échantillons des viandes sur étals testés, 35% sont contaminés par *Salmonella sp* et 51,01% par *Campylobacter*.

Les facteurs contributifs qui favorisent la contamination sont le manque d'hygiène des matériels, du personnel, des locaux et la mauvaise conservation des aliments.

La viande testée dans cette étude n'est pas destinée à être consommée crue, et qu'une bonne cuisson, alliée à des « règles d'hygiène élémentaires » pendant la préparation des repas suffit à écarter les risques. « Il faut éviter de mettre la viande crue en contact avec d'autres aliments destinés à être mangés crus. De même, il est recommandé de conserver les denrées sans rupture de la chaîne du froid, jusqu'à la préparation des plats. Afin de préserver la sécurité des consommateurs, à part le respect strict d'hygiène, l'application des 5 clés des aliments sûrs établis par l'OMS est aussi recommandée.

En perspectives il serait mieux de renforcer la sensibilisation de la population que ce soit au niveau des vendeurs que des consommateurs. Il faut s'assurer que, dans les abattoirs, la procédure d'éviscération soit faite proprement, sans déchirures ou éclaboussures risquant de disséminer ces bactéries sur la chair des viandes.

Références bibliographiques

- GOUALIE GB et KAROU G, BAKAYOKO S. 2010. *Prévalence de Campylobacter chez les poulets vendus dans les marchés d'Abidjan : Etude pilote réalisée dans la commune d'Adjamé en 2005.* s.l. : RASPA vol.8.
- Pauline Fréour. 2010. *En Europe, 75% de poulets contaminés par des bactéries.* Santé.lefigaro.fr> Santé publique.
- SALVAT G et CHEMALY M, DENIS M. 2008. *Evolution des risques sanitaires : Campylobacter et Salmonelle . Touraine :* In : Cecile B et Michel D, 12ème journée. Sciences du muscle et technologies des viandes, 258 : 197.
- WHO Organization World Health. 2001. *The increasing incidence of human campylobacteriosis. Report and proceedings of a WHO consultation of experts? Copenhagen.* Denmark : s.n., 21–25 November 2000.

50. Caractères microbiologiques des aliments de rue de la ville de Fianarantsoa

Jacques Live RAJAONARISON⁽¹⁾, Vololonirina A. RABEMANANJARA⁽²⁾, Volahasina. T. RANDRIANIRINA⁽³⁾, Nirina T. RAKOTOVAO⁽⁴⁾, Jean Claude RAKOTOZAFY⁽⁴⁾.

⁽¹⁾Laboratoire de Biologie Moléculaire et ISST, Université de Fianarantsoa, ⁽²⁾Laboratoire CREM et Faculté DEGS, Université de Fianarantsoa,

⁽³⁾ Mention Sciences de la Vie, Parcours Biodiversité tropicale, Faculté des Sciences, Université de Fianarantsoa: ⁽⁴⁾ Laboratoire de Biologie Moléculaire et Faculté des Sciences, Université de Fianarantsoa :

Résumé

Les études réalisées sur les 47 sites et les 667 points de vente de la ville de Fianarantsoa ont montré que les aliments de rue assurent le revenu journalier de plus de 3.500 personnes sans oublier les services intermédiaires et les producteurs des Communes environnantes. Ils affectent la consommation alimentaire journalière de toutes les classes sociales de tous les quartiers de la ville. La dimension de la consommation des aliments de rue dépasse aussi largement la Ville et la Région. Fianarantsoa est une ville de passage obligatoire avant de rejoindre les autres Régions de la Grande Ile, et c'est une destination touristique nationale et internationale. Pourtant, des sérieuses menaces et risques de contaminations par rapport aux types d'aliment (offres), aux sites, aux points de vente, aux opérateurs, aux technologies et aux consommateurs (demandes) sont identifiés. Les répartitions des microorganismes indicateurs d'hygiène et pathogènes frôlent le seuil accepté.

Mots clés : microbiologie, aliments de rue, nutrition, économie des ménages, Fianarantsoa, Madagascar

1- introduction

Comme la plupart des villes et des agglomérations dans le monde et à Madagascar, les activités commerciales y compris la vente des aliments de rue sont actuellement très développées dans la ville de Fianarantsoa, capitale de la Région Matsiatra Ambony (Madagascar). Ce sont généralement des activités informelles [05]. Actuellement, la consommation des aliments en dehors du foyer y compris les aliments des rues figurent dans les habitudes et comportements de la population urbaine à cause de l'accessibilité spatiale et économique, de la diversité et disponibilité des offres à tout moment : matin, midi, soir et même la nuit [01]. Au niveau régional, la diversité des produits agro-alimentaires exposée pendant les foires économiques signifie que l'accessibilité des ménages, des organisations paysannes et des coopératives aux technologies de transformation agro-alimentaire des aliments est de plus en plus significative. Ces produits artisanaux sont actuellement visibles aussi dans les rues et les épiceries. Conscients de l'enjeu socio-économique et nutritionnel de ces phénomènes [04], la question principale se pose s'il n'est pas temps de mettre en place des mesures d'accompagnement scientifiques et techniques appropriés à la ville et la Région ? Ainsi, cette communication a fixé comme objectif d'exposer la qualité microbiologique des aliments vendus dans les rues de la Ville de Fianarantsoa afin de mettre en lumière la dimension et la préoccupation relative à la situation.

2- Méthodologie

2.1- Définition

Nous avons défini aliment de rue les aliments prêts à être consommés, préparés et/ou vendus par des vendeurs ou des colporteurs, en particulier dans les rues et d'autres lieux publics [03].

2.2- Zone et période de l'étude

Cette étude a été réalisée entre le mois de Décembre 2016 et Mars 2017 dans les marchés communaux, les places et les jardins publics, et à l'intérieur des quartiers de la Commune Urbaine de Fianarantsoa, Madagascar.

2.3- Collecte des données sur terrain

Elle a été réalisée en trois étapes : recensement des sites, des points de vente, des types d'aliment vendus à l'aide des fiches de recensement, observation de comportement des vendeurs et des clients en utilisant des fiches d'observations et élaboration d'une liste des aliments à risques suivant les résultats de recensement et d'observation [08].

2.4- Analyses microbiologiques

Il s'agit de rechercher la présence des microorganismes indicateurs des mauvaises pratiques de fabrication, de conservation ou de préparation, des indicateurs d'hygiène et des pathogènes et dangereux. Les échantillons des aliments ont été prélevés au hasard dans les points de vente pendant les heures de pointes de la consommation, c'est-à-dire entre 10h et 14h. Les échantillons sont isolés dans des flacons stériles et réfrigérés puis acheminés au laboratoire ($t \leq 2\text{h}$ à $\theta \leq 4^\circ\text{C}$). Après l'ensemencement sur le milieu de base et l'identification par le kit GRAM-Nicolle RAL. Les bactéries pathogènes ont été isolées sur des milieux sélectifs, (Mueller-Hinton ou UriSelect- BioRad) [06 ;07 ;10 ;11 ;12].

2.5- Traitements des résultats

Le logiciel XLSTAT 2008 a été utilisé pour le traitement statistique. Les tests de comparaison khi-2 et ANOVA suivant les hypothèses et objectifs préalablement formulés ont été adoptés.

3- Résultats et discussions

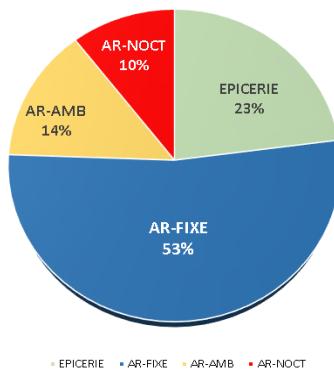
3.1- Disponibilité spatiale des aliments de rue

L'accessibilité aux aliments de rue est très vaste, tous les Fokontany et tous les quartiers sont concernés. Ainsi, toutes les classes sociales sont supposées consommateurs potentiels de ces aliments. Autrement dit, les aliments de rue vendue pendant la journée comme la nuit ont des effets et impacts sur les habitudes alimentaires de la majorité des ménages de la ville. Et dans un horizon plus large, la ville de Fianarantsoa est également l'une des destinations touristiques nationales et internationales potentielles. C'est également une ville de passage obligatoire des taxi-brousse avant de rejoindre les autres Régions de la Grande Ile : le Sud (Ihorombe et Atsimo Andrefana), l'Est (Atsimo Atsinana et Vatovavy Fito Vinany), et le Nord (Amoron'i Mania et Vakinankaratra). Ainsi, la qualité des aliments disponibles et accessibles, crus et cuits, couvre une dimension spatiale au-delà de la Ville et de la Région. La défaillance de la qualité des aliments risque de nuire l'état sanitaire des consommateurs et la réputation de la ville et de la Région.

3.2- Points de vente des aliments de rue

Au total 47 sites et 667 point de vente des aliments de rue sont identifiés et groupés en

Fig. 1: Points de vente



4 grandes classes.

- **des épiceries (23%)** qui offrent à la fois des PPN et des aliments prêts à consommer sur place ou à emportés, (faits maison ou déposés quotidiennement par des fournisseurs locaux),
- **des vendeurs des aliments de rue permanents** dont
 - 53% des vendeurs du jour
 - et 10% des vendeurs nocturnes
- **des vendeurs ambulants (14%).** Ce sont des intervenants saisonniers ou ponctuels. Ce sont des propriétaires, des sous-traitants ou des employés.

Légende :

AR-FIXE : vendeur des aliments de rue fixe ;

AR-AMB : vendeur ambulants ;

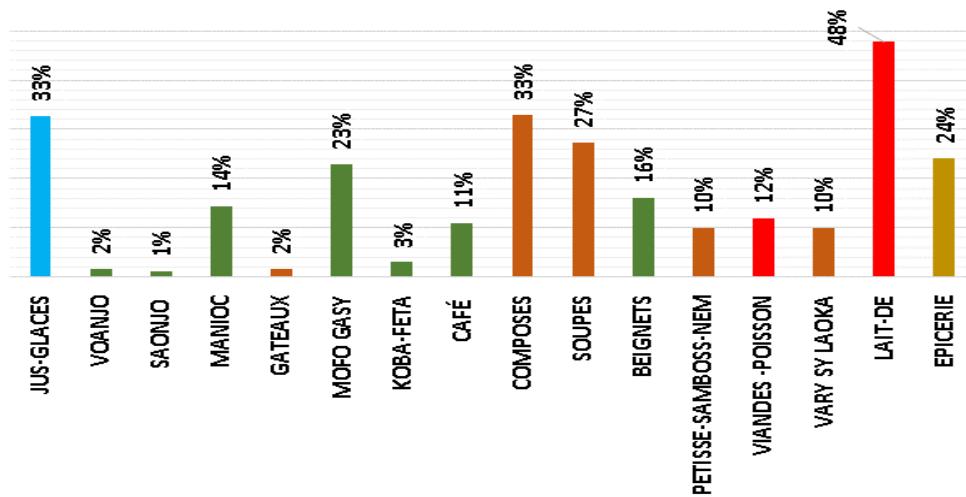
AR-NOCT : vendeur pendant la nuit.

Source : auteurs

3.3- Diversité des aliments vendus

La figure suivante récapitule les principaux types des aliments de rue les plus visibles vendue dans les 47 sites d'observation.

Fig. 2: Diversité des aliments



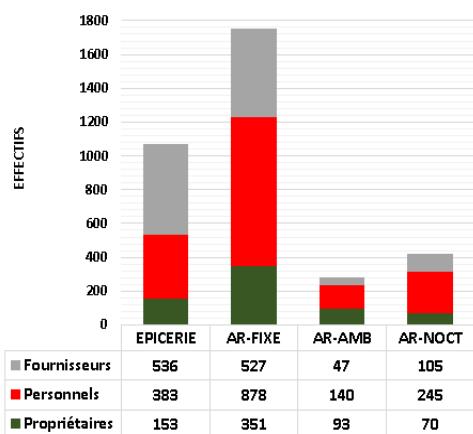
Source : auteurs

La vente du lait et produits dérivés (LAIT-DE) prédominent (48%), suivi par les légumes composés, les jus et les glaces (33%), puis les mofo gasy (23%). Il paraît que les aliments transformés par les processus modernes prédominent devant les processus traditionnels. La visibilité de ces types d'aliment dans les rues est le synonyme de l'accessibilité des ménages aux technologies agro-alimentaire plus ou moins avancés. Ce sont les impacts positifs des années d'intervention des Programmes de Développement Rural (productions et transformations Agro-alimentaire) [10].

3.4- Dimension socio-économique des aliments de rue

La figure suivante représente les intervenants directement dans les 47 sites d'observation

Fig. 2: Effectif des intervenants directs



Les aliments de rue assurent le revenu permanent ou secondaire ou ponctuel de plus de 3.500 personnes sans compter les personnels des services intermédiaires et les producteurs.

- **18 %** sont **des propriétaires** dont 10% sont propriétaires-vendeurs *AR-FIXE*
- **47 %** sont **des employés** permanents ou temporaires dont 25% travaillent pour les vendeurs *AR-FIXE* et 11% pour les épiceries
- **34 %** sont **des fournisseurs** dont 15% dans les Epiceries et 15% dans *AR-FIXE*. Ces derniers profitent essentiellement les épiceries et les *AR-FIXE* en déposant périodiquement leurs propres produits.

Légende :

AR-FIXE : vendeur des aliments de rue fixe ;

AR-AMB : vendeur ambulants ;

AR-NOCT : vendeur pendant la nuit.

Source : auteurs

3.5- Dimension nutritionnelle des aliments vendus dans les rues

Les aliments des malgaches sont de type céréalier à riz pauvre en apports protéiques d'origine animale [02;10]. La diversité et l'accessibilité des produits ayant des ingrédients d'origines animales dont le lait, les poissons, les viandes, les œufs et leurs dérivées (coloré en marron et rouge sur l'histogramme de la figure 2 ci-dessus) contribuent à l'amélioration du score de diversité alimentaire journalière. Le prix reste aux alentours de 100 à 500Ar l'unité, donc économiquement accessible. Et indirectement, l'amélioration de revenu générée par la vente des aliments de rue a un effet positif entre autres sur la consommation alimentaire journalière (qualité et quantité) des ménages producteurs, des vendeurs, des employés et des prestataires.

3.6- Aliments à risques

Les analyses des comportements des vendeurs et des clients consommateurs ont largement démontré que les aliments ayant subis des manipulations et des technologies de préparations et de cuissons avancés (viandes, poissons, lait, jus et leurs dérives respectifs) sont plus à risques (++) par rapports aux aliments traditionnels (manioc, patate douce, feta).

Fig. 3: Analyses des risques aux proliférations microbiennes

Aliments	Hab /Cons	Durée	Niveau des risques			
			(1)	(2)	(3)	(4)
Fritures et Grillades	±CHAUD	24-48h	+++	+++	+++	+++
Amuses gueules	±CHAUD	24-48h	+++	+++	+++	+++
Pâtisseries	±FROID	24-48h	++	++	+++	+++
Jus naturelle	±FROID	24-48h	+++	+++	+++	+++
Jus en poudre	±FROID	24-48h	+++	+++	+++	+++
Clarinettes	±FROID	24-48h	+++	+++	+++	+++
Vary sy laoka	±CHAUD	24h	+++	+++	+++	+++
Sandwiches	±FROID	<24h	+++	+++	+++	+++
Composé	±FROID	<24h	++	+++	+++	+++
Soupes	±CHAUD	<24h	++	++	++	++
Lait nature	±CHAUD	<24h	++	++	+++	+++
Yaourt maison	±FROID	24h	++	+++	+++	+++
Fromage maison	FROID	>48h	++	+++	+++	+++
Feta	±CHAUD	<24h	+	+	++	++
Kobaravina	±CHAUD	<24h	+	++	+++	+++
Beignets	±CHAUD	<24h	++	+++	+++	++
Pomme frite	±CHAUD	<24h	+	++	++	++
Mofo gasy	±CHAUD	<24h	+	+	++	++
Manioc	±CHAUD	<24h	+	+	+	+
Saonjo ou igname	±CHAUD	<24h	+	+	+	+
Arachides	-	>24h	+	+	+	+
Glaces	±FROID	24h	++	++	+++	+++
Café	±CHAUD	<24h	+	+	+	+
Thé	±CHAUD	<24h	+	+	+	+

Selon les observations sur place, les vendeurs des aliments de rue fixes et ambulants ont des accessibilités très limitées en eau propre. Les points d'eau sur les sites sont payants. Ainsi, la gestion de nettoyage des ustensiles et le lavage des mains figurent parmi les risques majeurs de la qualité hygiénique des aliments. En plus, les points de ventes sont exposés aux proximités des dépôts des ordures (79% des sites) ou de rejet des eaux usagées (80% des points de ventes). Ce sont des secteurs qui profitent les moindres espaces disponibles au marché et dans les rues.

3.7- Microbiologie des aliments

Fig. 4: Répartition microbienne dans les aliments

ALIMENTS	ACCESSIBILITE	MICROORGANISMES (24-48h - 37°C)
Petisses (n=20)	100Ar/Unité	<i>Staphylococcus aureus</i> ($\approx 10^6/g$) <i>Escherichia Coli</i> ($\approx 10^6/g$)
Beignets légumes feuille (n=20)	100Ar/Unité	<i>Staphylococcus aureus</i> ($\approx 10^4/g$)
Piments (gratuit *) (n=20)		<i>Staphylococcus aureus</i> ($\approx 10^6/g$) <i>Candida sp</i> ($>10^6/g$)
Feta (n=20)	100Ar/Unité	<i>Candida sp</i> ($>10^6/g$) <i>Saccharomyces</i> ($>10^6/g$)
Sambos (n=20)	200Ar/Unité	<i>Escherichia Coli</i> ($>10^6/g$)
Nem (n=20)	200Ar/Unité	<i>Staphylococcus aureus</i> ($\approx 10^6/g$) <i>Candida sp</i> ($>10^6/g$)
Beignets piment vert (n=20)	200Ar/Unité	<i>Candida sp</i> ($>10^6/g$)
Yaourt fait maison (n=20)	300Ar/Verre	<i>Lactobacillus</i> ($>10^7/ml$) <i>Streptococcus sp</i> ($\approx 10^5/ml$) <i>Staphylococcus aureus</i> ($\approx 10^6/ml$) <i>Candida sp</i> ($>10^6/g$)
Lait cru (n=20)	(vente en litre)	<i>Lactobacillus</i> ($>10^7/ml$) <i>Streptococcus sp</i> ($\approx 10^5/ml$) <i>Staphylococcus aureus</i> ($\approx 10^3/ml$)
Cuillères utilisées /vente ambulant yaourt (n=5)		<i>Candida sp</i> ($>10^6/g$) <i>Saccharomyces</i> ($>10^4/g$) <i>Clyveromyces</i> ($>10^4/g$)
Ecologie microbienne / sites Vary sy laoka (n=3)		<i>Salmonella sp</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Streptococcus</i> <i>Staphylococcus</i> <i>Lactobacillus</i> <i>Candida sp</i>

En général, les aliments non soumis à des traitements antimicrobiens ont des charges normales de $10^4/g$.

Les analyses microbiennes n'ont pas identifié la présence des *Salmonella* et *Clostridium* pathogènes dans les échantillons. Mais les résultats de l'analyse de l'écologie microbienne des sites ont montré la potentialité des risques. La répartition des germes indicateurs de la contamination fécale et urinaire évaluée à $10^5\text{-}10^6/\text{g}$ est très préoccupante, notamment pour les cuillères et les piments qui s'échangent d'un consommateur à un autre. Les conditions hygiéniques de la vente, les contaminations croisées et la durée d'exposition des aliments à l'air libre, au soleil et aux proximités des ordures et des eaux usagées sont parmi les premières causes probables de la situation.

4- Conclusion et perspectives

Les aliments de rues sont des avantages à exploiter pour le développement de la nutrition et des filières agro-alimentaires. Mais devant les menaces permanentes, la dynamisation du système de contrôle de la qualité et de l'authenticité des aliments est désormais incontournable. Nous recommandons la mise en place d'un Laboratoire de contrôle sanitaire des aliments au niveau Régional pour la Ville de Fianarantsoa et la Région Matsiatra Ambony. Et comme perspective, ce travail va se poursuivre dans la caractérisation moléculaire des toxines produites dans les aliments de rue et à la contribution à la dynamisation des systèmes de contrôle qualité existante.

5- Références bibliographiques

- FAO, IFAD, WFP. 2014. The State of Food Insecurity in the World 2014. Strengthening the enabling environment for food security and nutrition.
- FAO, PAM. 2015. Rapport spécial. Mission FAO/PAM d'évaluation des récoltes et de la sécurité alimentaire à Madagascar
- FAO. 1990. Les aliments vendus sur la voie publique. Rapport d'une consultation FAO d'experts, 5-9 décembre 1988, Yogyakarta, Indonésie.
- INFOSAN, 2010. Mesures de base pour améliorer la sécurité sanitaire des aliments vendus sur la voie publique, 30 juin 2010.
- INSTAT Madagascar. 2013. Enquête nationale sur l'emploi et le secteur informel – ENEMPSI 2012 (Etude national)
- Manguiat L.S et al 2013. Microbiological quality of chicken- and pork-based street-vended foods from Taichung, Taiwan, and Laguna, Philippines. *Food Microbiology* 36 57-62.
- Mankee A.; Ali S et al. 2003. Bacteriological quality of "doubles" sold by street vendors in Trinidad and the attitudes, knowledge and perceptions of the public about its consumption and health risk. *Food Microbiology* 20 (2003) 631–639
- Marchal N., Bourdon J.L et al. 1991, Les milieux de culture pour l'isolement et l'identification biochimique des bactéries. *Biologie appliquée*, nouvelle édition, p.30, 239-240, 261.
- OMS, FAO. 2009. Caractérisation des risques liés aux dangers microbiologique d'origine alimentaire (Directive). Série évaluation des risques microbiologiques (n.17). 150p
- ONN, 2017. Plan National d'Action pour la Nutrition-III, 2017-2021.
- Rakotozafy J.C. et al. 2016. Factors of risk of the Nosocomial Infection in the Hospital Inher Environment. *Clinical Medicine and Diagnostics* 2016, 6(2): 38-43 DOI: 10.5923/j.cmd.20160602.03
- Vojkovská H.; Mysková P.; Gelbícová T. et al.; 2017. Occurrence and characterization of food-borne pathogens isolated from fruit, vegetables and sprouts retailed in the Czech Republic. *Food Microbiology* 63 (2017) 147-152.

COMMUNICATIONS AFFICHEES

I. BIODIVERSITE DES ESPECES ET ECOSYSTEMES – STATUT ET TENDANCES ESPECES

1. Utilisation de la Diversité génétique pour une résistance durable à la Pyriculariose du riz à Madagascar

ANDRIANTSIMIALONA Rabemananjara Dodelys

Parc Botanique et Zoologique d'Antananarivo

JUSTIFICATION

La pyriculariose du riz, causée par le champignon *Magnaporthe grisea* (Hebert) Barr ou *Pyricularia grisea* (Cav) provoque d'importants dégâts à la riziculture dans des conditions favorables à la maladie sur le riz pluvial. La maladie cause la perte de la totalité de la récolte sur des cultures intensifiées et avec des variétés sensibles. L'utilisation de fongicide est le plus souvent hors de portée des paysans. La résistance génétique s'est avérée être le moyen de contrôle le plus efficace, sans nuisance pour l'environnement et sans coût additionnel pour les paysans. La résistance des variétés populaires développées ultérieurement se trouvent toutefois contournée par le pathogène quelques années après leur diffusion, tel fut le cas pour la variété Tche Kouai (2798) à Alaotra ou de la 2067 à Vakinankaratra. Ce phénomène est expliqué par la grande variabilité du pathogène.

La connaissance des gènes de résistance (R-gènes) efficaces dans un pays ou région permet l'adoption de différentes stratégies d'utilisation de ces gènes pour augmenter la durabilité de la résistance, stratégie comme la rotation organisée des variétés, l'utilisation de mélange portant différent R-gènes, de multilignées (variétés de riz génétiquement proches) ou le pyramidage (introgression de plusieurs R-gènes dans une même variété).

Pour atteindre la résistance durable, des études plus fines des deux antagonistes, le pathogène et la plante ont été entreprises par la recherche depuis les années 90, dans des stations ou centres de recherche à Madagascar.

OBJECTIF

L'objectif de cette communication est de présenter les gènes de résistance identifiés comme étant efficaces dans des sites à forte pression de pyriculariose.

METHODES

-Test en champ des variétés traditionnelles, introduites ou lignées en cours de sélection. Parmi les sites de test étaient : Antananarivo (Mahitsy), Alaotra (CALA), Tamatave (Ivoloina), Antsirabe (Talata et Ivoloina) et Manakara (Ankepaka). Pour la région de Manakara et de Vakinankaratra, quatorze variétés portant un R- gène connu chacune ou variété différentielle ou/et des lignées en cours de sélection sont cultivées sur sites infestés avec le dispositif de blast nursery.

-Test d'inoculation en milieu contrôlé : Des échantillons de plants malades ont été collectés sur différents endroits de la région d'Alaotra, sur différentes rizières d'Antananarivo, d'Ambozorobe, de Vakinankaratra, de Fianarantsoa et de Manakara. Les isolats de *M. grisea* sont obtenus à partir des échantillons malades collectés en champ. Le champignon pathogène est mis à sporuler, purifié à l'aide de culture monospore, ensuite séché et conservé au froid pour garder leur virulence. Les isolats obtenus sont conservés au laboratoire de FOFIFA Antsirabe et du CIRAD/UMR BGPI. Pour les inoculations, les spores sont multipliées à partir de ces stocks, ensuite mises en suspension avec une concentration de 50 000 spores par ml et inoculées sur les variétés à tester à l'aide d'un pulvérisateur connecté à un pompeur d'air. Les lésions formées sont évaluées 7 jours après inoculation, avec une échelle variant de 1 à 6 : dont 1 et 2 sont notées résistantes (R), 3 et 4 modérément résistantes (MR), et 5 et 6 sont considérées comme type de lésion sensible (S).

RESULTATS :

Les résultats obtenus à partir des différentes inoculations permettent de conclure que les lots de gènes de résistance efficaces sur les Hauts plateaux, représentés par Antsirabe et ceux de la région de Sud Est représentés par la région de Manakara, sont nettement très différents. En fait, la région de Manakara a été rapportée depuis les années 60 comme étant une région à forte pression de pyriculariose, d'après les Phytopathologistes aînés du FOFIFA (RASOLOFO RAZAFINDRAMAMBA et RALIARISON Aimé Victor, Communication personnelle).

Pour la région d'Antsirabe, 10 R-gènes sur les 13 testés sont efficaces dans la région, c'est-à-dire montrant un haut niveau de résistance au pathogène de la région. Il s'agit des gènes Pi-33 porté par IR1529, Pi-1+Pi-33 porté par C101Lac, Pi-ta² porté par Pi-N°4, Pi-zt porté par Toride1, le même Pi-zt mais porté par 75-1-127, Pi-1+ks porté par Fujisaka N°5, Pi-k porté par Kanto51, Pi-ta porté par K1, Pi-kp+a porté par K2, Pi-kh porté par K3, et Pi-t porté par K59. Un seul gène présente une réaction de type modéré avec une surface de lésion rétrécie à Antsirabe, il s'agit du gène Pi-2 ou Pi-z5 porté par C101A51. Les tests en milieu contrôlé ont montré que ce gène Pi-z5 montre un haut niveau de résistance à la plupart des isolats testés, un faible nombre d'isolats faisant des réactions de type MR pour la région d'Antsirabe.

Pour Manakara, 13 gènes majeurs portés par 14 variétés différentielles ont été utilisés. Trois gènes sur treize (3/13) seulement sont efficaces (R) aux pathogènes de Manakara. Ce sont les gènes Pi-2 (ou Pi-z5) porté par la variété C101A51 ; le gène Pi-ta² porté par la variété appelée Pi-N4; et le gène Pi-zt porté par la variété 75-1—127. Deux gènes présentent une réaction modérée (MR) au site de Manakara. Ce sont les gènes Pi-zt porté par Toride-1 et le gène Pi-kh porté par K3.

Ainsi donc, pour Antsirabe, 10 gènes sur les 13 testés sont efficaces alors que pour Manakara, 3 des 13 gènes seulement sont efficaces. La population de *M. grisea* de Manakara possède un large spectre de virulence.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les résultats obtenus sur différents sites montrent des populations de pathogène variable en virulence suivant le type de riziculture et selon les régions. Au vu des résultats obtenus dans la région de Vakinankaratra, la virulence des isolats en irrigué est plus stable tandis que celle du riz pluvial a tendance à augmenter plus rapidement.

Trois R-gènes ont été trouvés efficaces à la fois à Manakara et à Vakinankaratra. Ce sont les gènes Pi-2 (ou Pi-z5), Pi-ta², Pi-zt. En outre, 10 sur les 13 R-gènes testés possèdent un large spectre de résistance à Vakinankaratra. Ces informations peuvent servir au développement des variétés résistantes à la pyriculariose du riz, à l'adoption de différentes stratégies d'utilisation des gènes de résistance, ceci dans le but d'augmenter la durabilité de la résistance.

Certaines de nos variétés traditionnelles (landraces) ont montré un niveau de résistance élevé, contrôlé par des gènes inconnus. Beaucoup de variétés ou lignées nouvellement introduites se sont montrées également hautement résistantes à la pyriculariose, sur différents sites. Les R-gènes de ces variétés devront être identifiés et servir à augmenter la diversité des R-gènes du Pays.

SOURCES

- ANDRIANTSIMIALONA D.: *Analysis of blast resistance gene composition in Malagasy rice (*Oryza sativa*) cultivars, landraces and exotic lines. Master Thesis, October 1998, 59pp.*
- ANDRIANTSIMIALONA Dodelys: *Structure et dynamique de la population de Magnaporthe grisea sur les Hauts Plateaux de Madagascar. (Résultats non publiés).*
- MUNDT, C.C. 1994. Use of genetic diversity to control cereal diseases: Implication for rice blast In: Proceeding of the International Blast conference, Madison Wisconsin. pp.293-308.
- Ou, S.H.1985. Blast, Rice diseases. 2nd edition. Commonwealth Agricultural Bureau. pp. 380.

2. Introduction de nouveaux cultivars de taro : un levier pour le développement durable

ANDRIANAVALONA Razaiarisoa Voahangy¹, RAKOTONDRAVAO Arsène², Vincent LEBOT³

¹FOFIFA/CENRADERU Département de Recherches Agronomiques, Madagascar, ²FOFIFA/CENRADERU Centre de Recherches Régionales Est, Madagascar ; ³- CIRAD Vanouatou

Résumé

Les cultures propagées végétativement (manioc, patate douce, igname et taro) fleurissent et/ou donnent rarement des graines, de sorte que l'adaptation aux nouvelles conditions provoquées par les ravageurs et les maladies, l'évolution des besoins du marché et, en particulier, le changement climatique, représente un véritable défi.

Le Projet INEA (International Network of Edible Aroids, Réseau International des Aracées Alimentaires) a été créé afin d'utiliser le taro *Colocasia esculenta*, comme modèle pour aider les plantes à multiplication végétative, à s'adapter aux changements environnementaux.

Une introduction de 50 cultivars de taro provenant de patrimoine, d'origine géographique distante, sous forme de vitroplants indexés indemnes de virus a été réalisée. Ces vitroplants proviennent du

germoplasme de SPC (Secrétariat de la Communauté du Pacifique) au Fiji et 16 pays, dont Madagascar, en ont bénéficié,. Ils ont d'abord été multipliés *in vitro* au FIFAMANOR, ensuite au champ dans la station du FOFIFA à Ilaka Est Vatomandry. La caractérisation agro-morphologique, à l'aide de descripteurs restreints dérivés de ceux de l'IPGRI, a permis de présélectionner 27 cultivars aux fins de distribution aux paysans pour des tests multi-locaux. 4 zones agro écologiques de Madagascar (Nord Est, Sud Est, Hauts Plateaux Sud, Moyen Ouest) ont été choisies pour une sélection participative afin d'identifier les variétés élites. Les tests multi-locaux ont été réalisés en collaboration avec le BIMTT (Birao Ifandrainan 'ny Mpampiofana eo amin'ny Tontolon'ny Tantsaha).

Des cultivars ont montré une performance variable, ainsi qu'une grande diversité morphologique. La plupart sont de type dasheen, quelques-uns sont de type eddoe. Le cycle végétatif varie de 08 à 12 mois, la couleur de la chair est variable : blanc, rose, jaune, orange, violet et combinaison de couleurs. Les cultivars, en provenance de Samoa et de Papouasie Nouvelle Guinée sont les plus productifs, surtout en basse altitude. En combinant le rendement et la qualité gustative, 10 cultivars sont prometteurs.

Les résultats obtenus aident non seulement les chercheurs pour le programme d'amélioration du taro (croisement des cultivars locaux avec les cultivars introduits), mais aussi les producteurs à utiliser les cultivars élites adaptés pour augmenter leurs revenus.

Mots-clés : diversité, amélioration, cultivar, changements environnementaux, adaptation

Introduction

Le taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) est la base de l'alimentation de nombreuses populations du Sud, notamment en Asie, en Afrique et en Amérique Centrale. Mais la plupart des racines et tubercules dont il fait partie présente un handicap commun. Ces plantes à multiplication végétative sont plus vulnérables aux changements environnementaux que les plantes à reproduction sexuée. Les études sur l'ADN ont montré que dans tous les pays où le taro a été introduit, sa base génétique est étroite. Comme la variabilité génétique est la source de potentiel d'adaptation la plus importante, il est primordial d'augmenter la diversité génétique du taro, pour renforcer la capacité des petits exploitants à s'adapter au changement climatique.

Matériel et méthode

Matériel végétal

➤ *Cultivars introduits*

Dans le cadre d'un projet intitulé « Adaptation des plantes à multiplication végétative aux changements climatiques et commerciaux », Madagascar a reçu 50 cultivars de différentes origines géographiques, représentant une diversité génétique élevée, à raison de 05 vitroplants/cultivar. Leurs caractéristiques majeures sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : *Cultivars reçus par Madagascar*

CePaCT* code	Nom	Origine	Type	TLB	Goût
BL/HW/26	BC99-11	Hawaï	hybride	Tolérant	bon à excellent
BL/HW/37	Pa'akala	Hawaï	hybride	sans information	sans information
BL/PNG/10	C3-12	Papouasie Nouvelle Guinée	hybride	Résistant	acceptable
BL/SM/13	Samoa13	Samoa	hybride	Tolérant	bon
BL/SM/80	Alafua	Samoa	hybride	Tolérant	excellent
BL/SM/97	Gagasavea	Samoa	hybride	Tolérant	excellent
BL/SM/111	Pauli	Samoa	hybride	Tolérant	excellent
BL/SM/115	Malaela	Samoa	hybride	Tolérant	excellent
BL/SM/116	Manu	Samoa	hybride	Tolérant	excellent
BL/SM/120	Manono	Samoa	hybride	Tolérant	excellent
BL/SM/128	Nu'utele 2	Samoa	hybride	Tolérant	excellent
BL/SM/132	Fanuatapu	Samoa	hybride	Tolérant	excellent
BL/SM/134	Sapapalii	Samoa	hybride	Tolérant	excellent
BL/SM/143	Vaimauga	Samoa	hybride	Tolérant	excellent
BL/SM/149	Lepa	Samoa	hybride	Tolérant	excellent

BL/SM/151	Letogo	Samoa	hybride	Tolérant	excellent
BL/SM/152	Saleapaga	Samoa	hybride	Tolérant	excellent
CE/IND/07	IND 167	Indonésie	cultivar	Sensible	bon
CE/IND/12	IND 237	Indonésie	cultivar	Sensible	bon
CE/IND/14	Lamputara	Indonésie	cultivar	Sensible	bon
CE/MAL/12	Klang	Malaisie	cultivar	Résistant	excellent
CE/MAL/14	Kluang	Malaisie	cultivar	Résistant	médiocre
CE/THA/07	Srisamrong	Thaïlande	cultivar	Sensible	bon
CE/THA/09	Ta Daeng	Thaïlande	cultivar	Sensible	acceptable
CA/JP/08	Takenoko-imo	Japon	cultivar	sans information	sans information
BL/HW/08	PE x PH15-6	Hawaï	hybride	sans information	sans information
BL/PNG/03	C2-E3	Papouasie Nouvelle Guinée	hybride	Résistant	bon
BL/PNG/11	C3-22	Papouasie Nouvelle Guinée	hybride	Résistant	acceptable
BL/SM/43	Samoa43	Samoa	hybride	Tolérant	bon
BL/SM/147	Asau	Samoa	hybride	Tolérant	excellent
BL/SM/148	Malaela 2	Samoa	hybride	Tolérant	excellent
BL/SM/157	Malae-o-le-la	Samoa	hybride	Tolérant	excellent
BL/SM/158	Lalomanu	Samoa	hybride	Tolérant	excellent
CE/IND/06	IND 155	Indonésie	cultivar	Sensible	Bon
CE/IND/16	Lebak	Indonésie	cultivar	Sensible	bon
CE/IND/17	Gelang	Indonésie	cultivar	Sensible	bon
CE/IND/24	IND 512	Indonésie	cultivar	Sensible	médiocre
CE/IND/31	Manokwari	Indonésie	cultivar	sans information	sans information
CE/IND/32	IND 231	Indonésie	cultivar	très sensible	sans information
CE/MAL/02	Cina	Malaisie	cultivar	Immune	mauvais
CE/MAL/06	Hitam	Malaisie	cultivar	Immune	mauvais
CE/PHL/05	PH 055	Phillipines	cultivar	Tolérant	excellent
CE/THA/03	Banmao	Thaïlande	cultivar	Sensible	bon
CE/THA/05	Hom	Thaïlande	cultivar	Sensible	bon
CE/THA/10	Klonglan	Thaïlande	cultivar	Sensible	acceptable
CE/THA/12	Khamin	Thaïlande	cultivar	Sensible	bon
CE/THA/24	Boklua	Thaïlande	cultivar	Sensible	bon
CA/JP/01	Tsuronoko	Japon	cultivar	sans information	acceptable
CA/JP/02	Wasehasuba-imo	Japon	cultivar	sans information	sans information
CA/JP/04	Shogatsu-imo	Japon	cultivar	sans information	sans information

*CePaCT : Centre of Pacific Crops and Trees

➤ *Graines de taro*

Des graines issues de pollinisation ouverte au Vanouatou sont également ramenées lors d'une mission dans ce pays.

Propagation, distribution et évaluation des introductions

➤ *Multiplication des cultivars*

La multiplication *in vitro* est réalisée dans les laboratoires du FIFAMANOR.

Les plants sont ensuite transportés à la Station du FOFIFA à Niarovana Caroline, Vatomandry pour y être multipliés au champ.

➤ *Evaluation agro-morphologique au champ*

Les cultivars introduits sont évalués en station avec des données qualitatives et quantitatives suivant les descripteurs restreints de l'IPGRI présentés ci-dessous.

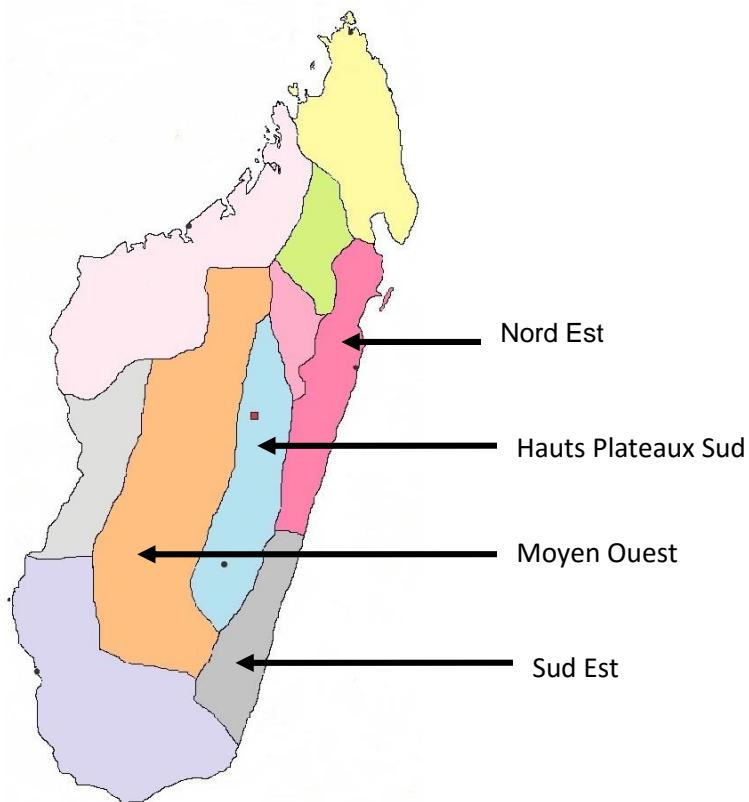
Tableau 2 : Descripteurs agro-morphologiques

Formation de stolons	Absent	Occasionnel	Uniquement des stolons				
Hauteur du plant	Nain <50 cm	Moyen 50-100 cm	Grand 100-150 cm	Très grand >150 cm			
Forme du limbe	Plat	Lobes retombants	Bords retombants	En forme de tasse			
Orientation du limbe	Verticale	Semi-verticale	Pointe vers le bas	Semi horizontale	Horizontale		
Bord du limbe	Entier	Vagues ondulées étroites	Vagues ondulées larges				
Couleur du limbe	Blanchâtre	Jaune	Vert normal	Vert foncé	Violet clair	Violet foncé	
Bigarrure du limbe	Absent	Présent					
Sinus (espace entre les lobes)	Etroit pointu	Large	Arrondi	Large et arrondi	Lobes débordants		
Jonction des nervures	Blanchâtre	Jaune	Vert clair	Vert foncé	Violet clair	Violet foncé	Rouge
Couleur du pétiole	Vert clair	Vert foncé	Rouge	Violet clair	Violet foncé	Marron-violet	
Variation couleur du pétiole	Absent	Partie supérieure plus foncée	Lignes claires	Lignes foncées	Taches claires	Taches foncées	
Floraison	Jamais	Rare	Fréquent				
Résistance aux TLB	Sensible	Tolérant	Résistant				
Maturité	Précoce < 6 mois	Intermédiaire 6-8 mois	Tardif 8-10 mois				
Forme de la corme	Arrondi	Conique	Cylindrique	Ramifié	Allongé		
Poids	Léger 0,25-0,5 kg	Moyen 0,5-2 kg	Lourd 2-4 kg				
Couleur de la chair	Blanc	Jaune	Orange	Rose	Rouge violet	Violet	Mélange de couleur
Qualité gustative	Non consommable	Mauvais	Acceptable	Bon	Très bon	Excellent	
Feuilles et pétioles	Non consommable	Mauvais	Bon	Excellent			

➤ *Distribution et évaluation des cultivars introduits*

Les meilleurs cultivars introduits sont pré-sélectionnés et distribués aux agriculteurs à des fins d'évaluation participative à la ferme. Cette distribution s'est faite en collaboration avec le BIMTT (Birao Ifandrainan'ny Mpampifana ny Tontolon'ny Tantsaha), dont le réseau couvre assez bien Madagascar.

Figure 1 : zones agro-écologiques couvertes



L'expérimentation, sur le comportement des cultivars introduits comparés aux témoins locaux, est mise en place avec les agriculteurs. Les descripteurs leur sont expliqués, afin qu'ils puissent remplir la fiche correspondante.

Les agriculteurs choisissent les cultivars qui correspondent à leurs besoins, notamment en termes de précocité, de rendement et de goût. Ce dernier est réalisé avec les cormes épluchés, lavés et découpés en morceaux de 5 x 5 cm environ avant d'être cuits à l'eau. L'évaluation porte sur le goût, la texture, l'arôme et l'âcreté.

➤ *Distribution et évaluation des plants issus des graines de Vanouatou*

Les graines provenant de Vanouatou sont semées en pépinières à Ambatobe et à Ilaka Est. Les plantules sont mises en pots et acclimatées sous ombrière. Ces plants sont directement distribués aux agriculteurs pour être évalués. Des agriculteurs d'Ilaka Est, d'Ambohimanambola et de Fihaonana ont participé à cette évaluation.

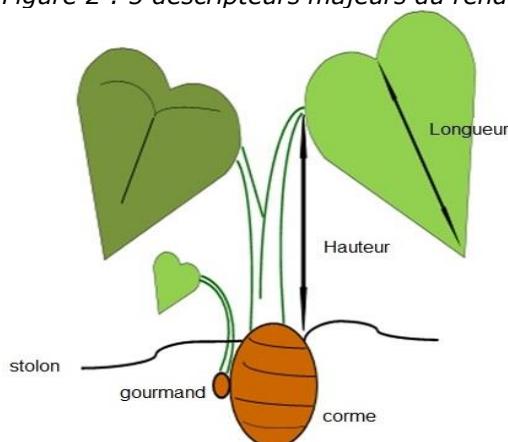
Une évaluation rapide du rendement potentiel est obtenue avec la formule suivante :

$$VGI = [(L/1,4 \times L) \times H/100] - (\text{gourmands} + \text{stolons})^2$$

VGI : Vegetative Growth Index ou Indice de croissance végétative

Une corrélation hautement significative et positive existe entre le VGI et le rendement potentiel. VGI élevé = rendement élevé.

Figure 2 : 5 descripteurs majeurs du rendement potentiel



➤ *Croisement avec les génotypes introduits*

L'amélioration des cultivars locaux peut se réaliser grâce au croisement avec les cultivars introduits. Pour créer ces hybrides, la floraison doit avoir lieu. Si elle ne survient pas naturellement, elle peut être provoquée à l'aide de l'hormone AG3 (Acide gibberellique), appliquée entre 3-5 semaines après la plantation, à la dose de 300 mg/l.

Résultats

- 37 des 50 cultivars introduits ont survécu.
- Après évaluation en station, 23-27 cultivars sont pré-sélectionnés et distribués aux agriculteurs. 143 agriculteurs ont participé.
- Une grande variabilité est observée sur les caractères morphologiques des cultivars introduits : taille du plant (petite, moyenne, grande), couleur des feuilles et des pétioles, fleur (couleur, taille, absence/présence), production de rejets et/ou stolons, forme des cormes (dasheen, eddoe, intermédiaire) et couleur de la chair (blanc, rose, jaune, violet, combinaison de couleur).
- Caractères agronomiques : les 4 variables mesurées pour les 2 campagnes 2013-2014 et 2014-2015 diffèrent suivant les accessions, mais le corme est généralement unique : poids du corme : 32,2 -776 g/plant ; nombre de cormelles : 0 -17 ; poids des cormelles : 0 - 885 g/plant ; poids total (corme et cormelles) : 32 -1,162 g/plant.
- 12 cultivars donnent les meilleurs rendements, 10 ont un bon goût et 09 ont un goût excellent. En combinant le rendement et le goût, 10 cultivars sont prometteurs. Les cultivars en provenance de Samoa donnent les meilleurs rendements et les zones côtières sont plus favorables à la production de taro.
- 2 000 plants issus des graines de Vanouatou sont plantés et 139 sélectionnés sur la base du VGI.
- Croisements : les cultivars locaux n'ont pas donné de fleurs, et par ailleurs, l'acide gibberellique n'étant pas disponible, les croisements entre cultivars introduits en floraison ont été réalisés. Sur 67 croisements menés à Ilaka Est, 2 800 plants sont plantés et 130 sélectionnés.

Conclusion et perspectives

Bien que sa multiplication soit végétative, le taro peut aussi donner des fleurs. Cela ouvre des perspectives d'amélioration génétique par l'hybridation, et fournit une réponse aux différents stress biotiques et abiotiques, dont le changement climatique. L'enrichissement de l'agro biodiversité a été rendu possible par l'introduction de nouveaux cultivars, renforcé par une approche participative.

Le développement durable repose sur la préservation et la valorisation des ressources génétiques végétales agricoles. La reproduction sexuée du taro peut être reproduite pour les autres plantes à multiplication végétative comme le manioc, l'igname ou la patate douce. L'augmentation de la variabilité génétique est une assurance pour la résilience des cultures et la sécurité alimentaire face à la croissance démographique et la dégradation de l'environnement.

Références bibliographiques

- Lebot, V. and al. (2017) Adapting clonally propagated crops to climatic changes: a global approach for taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), Genetic Ressources and Crop Evolution Vol.64., pp. 1-16.
- Chaïr, H. and al. (2016) Genetic Diversification and Dispersal of Taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), PloS ONE, Vol.11 (6), pp.1-19.
- Lebot, V. (2009). Tropical Roots and Tuber Crops: Cassava, Sweet Potato,Yams and Aroids. CABI, Wallingford, U.K. pp. 413.
- Ivancic A. & Lebot V. (2000). Taro (*Colocasia esculenta*): Genetics and Breeding. Collection « Repères », CIRAD, Montpellier, France, 194p.
- Carmichael A., and al. (2008); Taropest: an illustrated guide to pests and diseases of taro in the South Pacific. ACIAR Monograph No.132,76 p.

3. Sélection de génotypes de maïs tolérants à la plante parasite *Striga asiatica* (L.) Kuntze à Madagascar

RAKOTOARISOA Noronirina.Victorine., RABEFIRAISANA¹, J.H., RASOAMAMPIONONA¹, B., TOKINIAINA FANDRESENA Maminirina Edwine¹, RAZAFINDRASOA Mbolatiana Alinà¹, RAKOTONJANAHARY², X.R.T., ANDRIANJAKA¹, A.

(1): Laboratoire/Institution d'appartenance : Unité Biotechnologie et Amélioration des Plantes (UBAP), Mention Biologie et Ecologie Végétales, Faculté des Sciences Université d'Antananarivo.

(2) : Département de Recherches Rizicoles, FOFIFA, Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural. BP : 1690

Résumé

L'insuffisance de la production de maïs 1t/ha est due à la pauvreté du sol, la non utilisation de semences améliorées et les superficies cultivables attaquées par des ennemis de culture comme les criquets, les plantes parasites comme *Striga asiatica*, etc..., d'où l'existence d'insécurité alimentaire. *Striga asiatica* cause une réduction importante du rendement dans la maïsculture, de l'ordre de 75-100%, due à la taille des graines minuscules pouvant rester longtemps dans le sol. Le manque de variétés résistantes au parasite *Striga sp.*, constitue parmi le problème majeur. La pratique de la mutation induite accélère l'amélioration voulue, car elle pourrait induire un changement héritable au sein du génome de la plante. L'objectif de cette recherche vise à développer des variétés de maïs productives et tolérantes à *Striga asiatica*. Pour cela, des enquêtes et des prospections sur terrain ont été effectuées et les variétés choisies ont été irradiées à différentes doses, ensuite, cultivées au champ infesté de ce parasite. La sélection a commencé à partir de la 2^{ème} génération M2 jusqu'à présent. Les génotypes de maïs ont été cultivés avec la variété parent IRAT200 et PLATA, dans un champ infesté de ce parasite. La méthode de sélection utilisée est la sélection massale basée sur le phénotype, généalogique et individuelle jusqu'à l'obtention de lignées stables.

Dix-neuf génotypes de maïs dont 4 provenant de la variété IRAT200 -100Gy et 200Gy, et 15 issus de PLATA 100-200 et 300Gy ont été sélectionnés. Les génotypes IRAT200 irradiés ont été évalués moyennement tolérants à tolérants avec un taux d'infection, variant de 30 à 34% comparés à celui du témoin 96%, le nombre de plantes de *S. asiatica* émergé par parcelle est significativement faible, il varie de 30 à 37, comparé à celui de la variété parent qui est de 68. Ceux issus de la variété Plata, irradiés à 100- 200 et 300 Gy sont tolérants à moyennement résistants à *S. asiatica*, comparés à ceux du parent Plata-0Gy qui est sensible. Le nombre de *Striga* émergés par parcelle est de 19 à 36 contre 52,6 pour la variété parent et le taux d'infection, au niveau de la plante hôte est de 20 à 32% contre 90% pour le parent. La culture de ces génotypes de maïs tolérants à *S. asiatica* a réduit considérablement le nombre de plants de *Striga* émergés, le taux d'infection, au niveau de la plante hôte dans la parcelle d'expérimentation et améliore aussi la production en grains de maïs de 1,35 à 2,8t/ha pour les lignées sélectionnées contre 0,58 à 0,68t/ha pour les variétés parent.

Ces génotypes sélectionnés, observés tolérants à *Striga asiatica* sont très prometteurs et seront multipliés sur terrain, pour assurer la continuation des différentes analyses moléculaires et physicochimiques et ensuite, pour la vulgarisation paysanne.

Mots clés : maïs, mutation induite par irradiation, tolérantes, plante hôte, *Striga asiatica*.

INTRODUCTION

Le maïs représente à Madagascar une denrée de soudure importante pour l'alimentation humaine, une culture de rente et une production de provende dans l'alimentation animale. La production de maïs couvrait 148.000ha avec un rendement moyen de 1t/ha (ADF, 2005) est faible, due aux différentes contraintes, comme la pauvreté du sol, la non utilisation de semences améliorées et les superficies cultivables attaquées par les ennemis de culture dont les criquets, les plantes parasites comme le *Striga asiatica* (EJETA et al. 1992 ; PALIWAL et RIPUSIDAN, 2002). Ce dernier est un parasite des céréales surtout le maïs, le riz en cultures pluviales et le sorgho des zones tropicales arides et semi-arides (<http://2>). Il constitue également, une menace sérieuse pour la culture des céréales de base (RALISON, 2000), car ses graines peuvent être stockées longtemps pendant plus d'une dizaine d'années dans le sol, jusqu'à ce que les conditions de germination soient atteintes. Pour cela, la graine germe après sécrétion de l'exsudat racinaire « Strigolactone » de la plante hôte (BOUWMEESTER et al. 2003 ; SALLE, 2008), qui est marquée par la sortie d'un haustorium par lequel elle s'attachera sur la racine de la plante hôte pendant la phase souterraine et se présente sous forme de parasite stricte en détournant à son profit les éléments nutritifs et l'eau de la plante hôte (<http://3>). Cet attachement cause par la suite une réduction importante du rendement dans la maïsculture, de l'ordre de 75-100% selon le degré d'infestation du sol (ANDRIANAIVO et RAZAFINJARA, 2000). Ainsi, différentes techniques ont été déjà pratiquées par d'autres chercheurs pour faire face à ces problèmes, comme le sarclage manuel, le report du semis, la culture en rotation, l'utilisation des herbicides et l'utilisation des engrangements organiques ou minéraux etc... (HESS, et al., 1999),

mais la production reste faible et la plante parasite n'est pas éradiquée. L'utilisation de variétés tolérantes à *S. asiatica* pourrait donc une meilleure solution pour atténuer l'attaque de ce fléau. Mais jusqu'à présent, aucune variété n'a été identifiée comme tolérante à ce parasite. La pratique de la technique de la mutation induite a apporté beaucoup de progrès dans l'amélioration des plantes, surtout chez les céréales, comme l'augmentation du rendement, le développement de variétés résistantes au froid, à la sécheresse etc... (MBA, 2013). Elle peut induire un changement au sein du génome de la plante et pourrait accélérer l'amélioration voulue, en donnant naissance à un nouveau caractère héréditaire induit chez les plantes (VAN HARTEN, 1998). Pour cela, l'objectif général de cette recherche vise à améliorer la production de maïs à Madagascar et l'objectif spécifique consiste à sélectionner des lignées de maïs productives tolérantes voire résistantes à *Striga asiatica*.

MATERIELS ET METHODES

1- Site d'étude

L'expérimentation a été menée au champ d'expérimentation du FOFIFA à Kianjasoa, dans la région du Bongolava au Moyen-Ouest du pays moyennant deux saisons distinctes : saison chaude, de température moyenne 27°C, de pluviométrie moyenne de 271,6mm /an et une saison sèche à température moyenne de 24°C, de pluviométrie moyenne de 44,3mm/an, et du type de sol ferrallitique, conditions favorables au développement de *S. asiatica*.

2-Matériels végétaux

2-1- Semences de maïs : Les semences de la variété Plata et Irat200, parmi les plus cultivées et appréciées par les paysans mais sensibles à *Striga asiatica*, d'après nos enquêtes et prospections sur le terrain, fournies par le Centre Multiplicateur de Semences de Sakay (CMS) ont été utilisées pour cette expérimentation.

2-2- Graines de *Striga asiatica* et pré conditionnement : les plantes entières de *S. asiatica* ont été collectées sur les champs infestés et stockées dans des sacs de 50kgs dans un endroit sec à la température ambiante de la salle (25°C) avant leur utilisation pour assurer la dormance des graines (7 à 8 mois). Avant la plantation, les capsules de *S. asiatica* ont été enlevées de la plante et pressées pour en faire sortir les graines, tamisées, ensuite à l'aide d'un tamis de différentes mailles dont la plus petite est de 180µm. Puis, les graines ont été mélangées avec du sable fin au dosage (20/80 en M2, puis 40/60 en M3 et 50/50 en M4 et M5) ensuite, l'ensemble a été gardé dans des boîtes jusqu'à leur utilisation.

3- Protocole expérimental

3-1-Irradiation des semences : Les grains de maïs des variétés Plata et Irat200, sensibles, non contaminées, de bonne couleur et ayant une homogénéité élevée >96% ont été utilisées pour cette étude. 1 000 grains (VAN HARTEN, 1998) de maïs par variété par dose ont été irradiés à Vienne-Autriche à l'aide du rayon gamma aux doses 0-100-200Gy (Gray), pour la variété Irat200, ajouté de 300Gy pour Plata, en utilisant la source Cobalt 60 (⁶⁰Co) selon les résultats du test de RAZAFINIRINA (2011).

3-2- Préparation du champ d'expérimentation : Un terrain de 1,5 ha a été labouré et pulvérisé à l'aide d'un tracteur, puis le sol a été plané, à l'aide d'une bêche. Le désherbage et la mise en parcelles ont été ensuite faits manuellement, avant le semis par la main d'œuvre. Le champ d'expérimentation choisi est déjà infesté naturellement par le parasite *S. asiatica*.

3-3-Infestation artificielle du sol et semis : Tous les 1000 grains de maïs, irradiées de la 1^{ère} génération (M1) de chaque dose d'irradiation de la même variété, ont été semés un à un dans des poquets espacés de 70 x 50cm sur des parcelles de 10 x 10m dans 4 sous parcelles, afin de produire les graines de la 2^{ème} génération (M2). Ces sous parcelles ont été espacées de 1m. La distance entre les deux variétés est de 200m et 2m entre les doses d'irradiation. Les graines de chaque plante M2 représentent une famille. Les poquets sont distants de 70cm x 25cm à la M2, pour pouvoir tester le maximum de population, mais dans les générations M3-M4, l'espacement est de 75 x 50cm et il s'agit de 50 x50 cm pour M5 et M6. Afin d'assurer l'existence d'interaction entre plante hôte et le parasite ainsi que l'uniformisation de la quantité des graines du parasite dans le sol, ce dernier a été artificiellement infesté par *S. asiatica* à partir de la plantation des graines M2. Pour cela, une pincée (~ 3 000) de graines pré-conditionnées/poquet a été inoculée à une profondeur de 8-10cm puis couvert par un tas de sol de 5-6cm d'épaisseur et finalement les grains de maïs ont été semés et couverts encore par 3-4cm de sol. 200 grains de maïs par famille de chaque plante M2 de la même dose et de la même variété ont été cultivés une à une suivant des lignes dans les parcelles infestées avec la variété parent 0Gy (non irradiées) dont cette dernière se cultive dans les 3 lignes au milieu de la parcelle. Soient, 382 660 génotypes ont été cultivés en M2 pour le criblage des génotypes tolérants dont 179 400 pour IRAT200 et 203 260 pour Plata. Aucune fertilisation n'a été apportée pendant toutes les expérimentations afin d'assurer la bonne interaction entre plante hôte et parasite. Et en M6, les restes des grains de *S. asiatica*, ainsi que les résidus de ses plantes ont été épargnés sur les cultures pour assurer une infestation sévère.

3-4- Contrôle de la pollinisation : Pendant la phase reproductive, l'épi a été caché dans une enveloppe propre, avant la sortie des soies, afin d'éviter la formation d'individu composite par la pollinisation venant d'autres plantes. Pour cela, les pollens venant de l'extérieur ont été enlevés par tapage de la panicule, deux fois, ensuite les pollens de la même plante ont été collectés sur une feuille propre pendant le 3^{ème} tapage et versés sur les soies de l'épi de la fleur femelle de la même plante et l'ensemble sera couvert de nouveau jusqu'à la maturation.

3-5- Méthode de sélection adoptée : En M2, la sélection massale a été adoptée, et seules les plantes de bon comportement, ayant donné des graines, ont été sélectionnées pour la culture de la génération suivante. La sélection individuelle et généalogique a commencé, à partir de la 3^{ème} génération (M3), pendant laquelle les plantes testées de bon comportement morphologique, dépourvues ou à moindre symptômes au niveau des feuilles (échelle de 1 à 5 selon Haussmann, 2007), ont été sélectionnées pour la prochaine plantation.

3-6- Paramètres étudiés : le taux de plants de maïs survivants en M2, le degré d'infection au niveau de la plante hôte représentée par le degré de la brûlure au niveau des feuilles (Kim, 1998 ; Haussmann, 2008). Ce taux a été calculé à partir du nombre de feuilles par plante qui présentent des symptômes d'infection dans l'aire minimale (3x3m) considérée au hasard, le nombre de plants de *Striga* émergés par parcelle, ainsi que le symptôme au niveau de l'épi ont été considérés (Figure 1). Chaque épi sélectionné représente un génotype putatif mutant tolérant à *Striga asiatica*.

4- Analyse statistique des données

Les données collectées ont été analysées par l'analyse de variance (ANOVA), suivie du test de comparaison multiple, en utilisant le logiciel R version 3.1.2. L'Analyse en Composantes Principales (ACP), utilisant le logiciel XLSTAT, version 19.6, a servi pour examiner le lien entre les variables dont le nombre de *Striga* émergé par sous parcelle, le taux d'infection au niveau des feuilles, la hauteur maximale, le taux de survivant des plants de maïs et le rendement en grains de maïs (t/ha) pour la 6^{ème} génération (M6).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

1-Le taux de plantes survivantes en M2

La figure 1 ci-dessous montre que les taux de plantes survivantes en M2 de toutes les variétés testées sont supérieurs à 50% (dose létale). A dose faible, le taux de survivant est élevé et plus la dose d'irradiation augmente, plus le taux diminue. Ces résultats confirment ceux obtenus par Razafinirina (2011) en faisant le test de radiosensibilité de ces variétés irradiées à différentes doses.

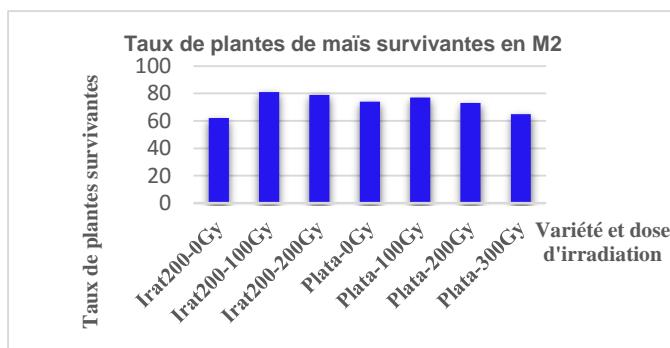


Figure1 : Taux de plantes de maïs survivantes en M2 en fonction sensible à *S. aiatica* des variétés irradiées

Photo1 : Epis de maïs



2-Nombre de génotypes sélectionnés en M2 à M6

En tenant compte des conditions de sélection massale, les plantes rabougries et/ou stériles ont été éliminées. Seules, celles à bonne stature et ayant donné des épis munis de grains ont été considérées et collectées pour la prochaine sélection en M3. Ces nombres varient de 587 à 670, pour toutes les variétés et pour toutes les doses. A partir de M3, les plantes continuent la ségrégation et celles donnant une échelle de tolérance supérieure ou égale à 5 (Haussmann, 2008) ont été considérées pour les prochaines sélections, celles qui ne présentent pas de symptômes ont été évaluées comme résistantes et ont besoin d'être resélectionnées l'année prochaine pour confirmer la tolérance ou la résistance. La diminution du nombre par génération est due à la ségrégation des caractères puis expression phénotypique des caractères récessifs.

Le nombre de génotypes sélectionnés pour la plantation, dans les années culturales successives est représenté dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Nombre de génotypes sélectionnés par génération pour la plantation de l'année suivante

Variétés	Nb d'individu sélectionnés en M2	Nb d'individu sélectionnés en M3	Nb d'individu sélectionnés en M4	Nb d'individu sélectionnés en M5	Nb d'individu sélectionnés en M6
Irat200-100 Gy	630	250	65	18	1
Irat200-200 Gy	670	204	70	22	3
Plata 100 Gy	640	260	68	40	3
Plata 200 Gy	587	245	85	42	5
Plata 300 Gy	610	238	115	45	7

Nb : Nombre

M2-M3 ... : N° de la génération

3-Nombre moyen de plantes de *Striga asiatica* émergées par parcelle : Les différents paramètres suivants (tableau 2) ont été utilisés pour évaluer les plantes de la 6^{ème} génération (M6). Le nombre moyen des plantes de *S. asiatica* émergées par aire minimale dans une parcelle pendant la phase végétative est très élevé 68 pour la variété parent Irat200-0 Gy et 52,6 pour Plata parent (0 Gy). Par contre, il est de 30 et 37 pour les lignées de maïs améliorées issues de l'Irat200 -100 et 200 Gy, et faible 19 et 28 pour Plata 200 et 300 Gy. La différence est significative entre les variétés. Ces résultats montrent la supériorité des caractères des lignées améliorées M6, en terme de tolérance à *S. asiatica* et l'efficacité de la sélection, car le nombre de plantes de *S. asiatica* est presque doublé chez la variété Irat200-0Gy, et triplé pour le parent Plata (0Gy).

4-Taux d'infection au niveau des feuilles (tableau 2) : Ce sont les variétés parent Irat200-0 Gy et Plata 0 Gy qui présentent un taux d'infection élevé respectivement de l'ordre de 64 et 90 alors que les lignées améliorées issues de l'Irat200 ont un taux faible 30 et 34% et il s'agit de 20 et 27 pour Plata 200 et 300 Gy. Les différences sont significatives entre les variétés parent et lignées améliorées.

Ces résultats montrent que les variétés de maïs et les lignées améliorées utilisées dans cette expérience contiennent le Strigolactone, substance stimulatrice de la germination des graines de *Striga asiatica* mais peut être la quantité et sa qualité par variété ou lignée est différente d'une lignée à l'autre, ce qui est expliquée par la différence du taux d'infection au niveau des feuilles /plante et le nombre de plants de *S. asiatica* par parcelle dans chaque lignée. Mais le taux d'infection est faible, ce qui prouve que le parasite n'a pas pu pénétrer à l'intérieur du xylème pour puiser entièrement les éléments nutritifs de la plante hôte, mais elles semblent posséder un système de résistance ou barrière due à l'induction de mutation au sein du génome. Selon l'échelle de Haussmann (2007), ces lignées améliorées sont considérées comme moyennement tolérante à tolérante (Irat200) et de tolérante à résistante pour Plata améliorée.

5-Le rendement en grains : les variétés parent Irat200-0 Gy et Plata-0Gy (tableau 2) présentent les rendements les plus faibles 0,58 et 0,68 t/ha comparées à ceux des lignées améliorées qui varient de 1,35 à 1,67 t/ha (Irat200- améliorées) et 1,6 à 2,3 t/ha (Plata améliorées). Ces rendements des lignées améliorées sont élevés car ils sont doublés pour les lignées Irat, par rapport à la variété parent Irat200 -0Gy et plus du triplé pour Plata-100 et 200 Gy, comparés à celui du parent Plata -0Gy. Il est important de rappeler qu'aucun fertilisant n'a été apporté au cours des différentes générations et cultures et l'infestation était sévère surtout en M6. La récapitulation des caractéristiques des génotypes sélectionnés est représentée dans le tableau 2 suivant.

Tableau 2 : Récapitulation des caractéristiques des génotypes sélectionnés en M6

Lignées \ Caractères	Nombre de lignées sélectionnées	Moyenne du nombre de plantes de <i>Striga asiatica</i> émergés par parcelle	Moyenne du Taux d'infection au niveau des feuilles (%)	Niveau de résistance (Haussman, 2008)	Rendement en grain (t/ha) (2016) avec infestation sévère de <i>Striga asiatica</i>
IRAT200-0Gy (parent)	-	68 ± 3.16 ^e	64 ± 5.09b	sensible	0,58 ± 0.03a
IRAT200-100Gy	01	30 ± 3.60b	30 ± 3.60a	moyennement tolérantes	1,35 ± 0.06b
IRAT200-200Gy	03	37 ± 1.58c	34 ± 5.11a	tolérantes	1,67 ± 0.15c
Plata-0Gy (parent)	-	52,6 ± 3.16d	90 ± 15.81c	sensible	0,68 ± 0.21a
Plata -100 Gy	03	36 ± 1.45c	32 ± 7.24a	Moyennement tolérantes	1,61 ± 0.13c

Plata-200Gy	05	$19 \pm 2.54a$	$20 \pm 5.52a$	moyennement résistantes	$1,6 \pm 0.17c$
Plata-300Gy	07	$28 \pm 3.22b$	$27 \pm 2.54a$	tolérantes	$2,8 \pm 0.18d$
Total	19	Sans fertilisant + infestation sévère			

Afin d'évaluer les relations entre les différents variables, l'analyse en Composante Principale (ACP) (Figure 2) montre qu'il y a une corrélation positive entre la variété étudiée et le nombre de plantes de *S. asiatica* émergées ainsi que le taux d'infection au niveau des feuilles. Ces paramètres influent le rendement des variétés testées. Ce sont les variétés parent qui présentent un nombre de plantes de *S. asiatica* émergées le plus élevé et ce caractère est opposé à ceux des lignées améliorées. Par conséquent, l'analyse de variance montre une différence significative entre les valeurs de ces différents paramètres et différentes variables. Entre autre, le rendement des lignées sont significativement supérieurs (1,35 à 2,3 t/ha) par rapport à ceux des parents (0,58 à 0,68 t/ha). Nos rendements avec les semences améliorées sans apport d'intrants exogènes ni endogènes mais en présence d'infestation sévère sont identiques à ceux obtenus par MAEP (2004) qui sont de l'ordre de 2-3t/ha pour la culture semi-intensive avec utilisation de fumure minérale et de variétés améliorées.

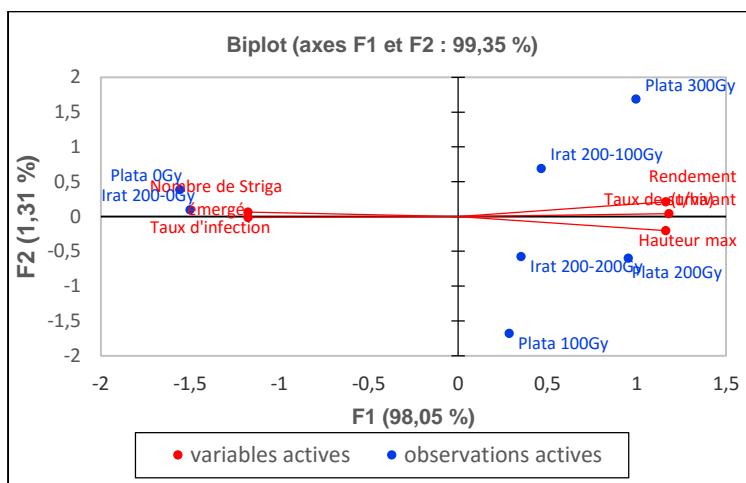


Figure 2 : Schéma du résultat de l'Analyse en Composantes Principales



Photo 1 : épis de maïs var. Plata tolérante des différents variables et observations

Le rendement moyen du MAEP (2004) est de 0,875t/ha, alors que les variétés parents sont entre 0,58 à 0,68t/ha avec infestation sévère de *S. asiatica*. Ces résultats confirment aussi la qualité des variétés parents appréciées et parmi les plus cultivées par les paysans à cause de leur rendement élevé. Selon la figure 2 ci-dessous, la lignée Plata 300 Gy est la plus résistante avec le rendement le plus élevé de l'ordre de 2,3 t/ha.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'étude a montré que seize (16) génotypes de maïs ont été sélectionnés phénotypiquement comme tolérants à *S. asiatica*. La plantation de lignées améliorées a réduit l'attaque de *S. asiatica* au niveau de la plante hôte de maïs, a réduit également le nombre de plants de *S. asiatica* émergés et augmente finalement le rendement. Nous envisagerons, dans le futur, de faire une analyse physico-chimique de la substance stimulatrice de la germination des graines de *S. asiatica* de chaque génotype sélectionné suivie

de l'analyse moléculaire du gène mutant. La multiplication et le test multi-locaux seront envisagés dans l'activité de la prochaine année culturelle.

Remerciements :

Les auteurs remercient l'AIEA pour son support matériel et formations scientifiques pour bien mener les sélections au champ (projet TC MAG5/022 ; 5/023 ; à l'INSTN par son intermédiaire avec l'AIEA, nous avons pu bénéficier des matériels et des stages ; au chef station FOFIFA –Kianjasoa pour leur collaboration pendant la réalisation de ce travail ainsi qu'à la population pour leur chaleureux accueil.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bouwmeester, H., Matusova, R., Zhongkui, S. and Beale, M.H., 2003. Secondary metabolite signaling in host-parasitic plant interactions in Plant Biology, n°6: 358-364.
- Diagne, A., 1999. Criblage du Niébé (*Vigna unguiculata (L)Walp.*) pour la résistance au *Striga gesnerioides (Willd.) Vatke*. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des travaux agricoles. CNRA/ISRA de Bambey Sénégal. 96p.
- Ejeta, G., Buler, L., et Babiker, A., 1992. New approaches to control of *Striga*. Research at Pardue University. International Crop Science Congress. Ames Iowa. 12 - 22 July 1992.
- FAO, 2009. Forum d'experts de haut niveau - Comment nourrir le monde en 2050. 12 - 13 Octobre 2009. Viale delle Terme di Caracalla, Rome, Italie, 4p.
- Fonds Africain de Développement, 2005. Projet national maïs. République de Madagascar. Rapport d'achèvement de projet. Département agriculture et développement rural- ONAR. Régions nord, est et sud, août 2004.
- Hess, D.E., and Lenne, J.M., 1999: *Striga* control in *Sorghum* and *Millet*, ICRISAT. BAMAKO, Mali 27-28 May 1996, 38-40.
- MAEP-UPDR, 2004. 108-Filière Maïs, juillet 2004. Ministère de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche. Actions du Ministère de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche. Océan consultant, 10 pages.
- Mba, C.R., 2013. Induced Mutations Unleash the Potentials of Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. *Agronomy* 2013, 3, 200-231; doi:10.3390/agronomy3010200.ISSN :2073-4395-ww.mdpi.com/journal/agronomy.
- Paliwal. R. et Ripusidan, 2002. Le maïs : Le maïs en zones tropicales, Amélioration et Production. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et Agriculture. FAO/CIMMYT. Rome, 376p.
- Ralison, E. 2000. Vakinakaratra : la riziculture irriguée encore plus permanente. In : KAROKA 2000. FOFIFA, Département de la recherche et du développement, 3p.
- Razafinirina, L. 2011. Test de radiosensitivité de quelques variétés de riz pluvial et de maïs cultivées à Madagascar. Mémoire de DEA. Faculté des Sciences. Université d'Antananarivo, 75p.
- Sallé, G., 2008. L'herbe sorcière.
- Vance, C. P., 2001. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition: plant nutrition in a world of declining renewable resources. *Plant Physiology*, 127: 390 - 397.
- Van Harten, A. M. 1998. Mutation breeding, theory and practical applications. Svalof Weibull, Plant breeding Company, Sweden. 302 p.
- WEBOGRAPHIES
- http1 : <http://www.fao.org/docrep/004/y3557f/y3557f08.htm>
- http2 : <http://www.fao.org/worldfoods situation/csdb/fr/>
- http3 : <http://www.afriqueinfos.com/articles-sur-le-riz>

4. Caractérisation de la composition pariétale des cellules bordantes et du mucilage racinaire des lignées de maïs (*Zea mays L.*) putatives mutantes tolérantes à *Striga asiatica* (L.) Kuntze

RABEFIRAISSANA Harimialimalala Jhonny ⁽¹⁾, Azeddine Driouich⁽²⁾, Carol Burel⁽²⁾, Carol Plasson⁽²⁾, Ratsimiala Ramonta Isabelle⁽¹⁾, Rasoamampionona Berthe⁽¹⁾, Andrianjaka Alice⁽¹⁾, Rakotoarisoa Noronirina Victorine⁽¹⁾, Maité Vicré-Gibouin ⁽²⁾

(1) : Université d'Antananarivo – Faculté des Sciences BP : 906 – Mention Biologie et Ecologie Végétales – Laboratoire de Physiologie Végétale- Unité Biotechnologie et Amélioration des Plantes-MADAGASCAR.

(2) : Université de Rouen UFR des Sciences et Techniques Boulevard de Broglie - Laboratoire de Glycobiologie et Matrice Extracellulaire Végétale (EA 4358 GlycoMEV) - 76821 Mont Saint Aignan- FRANCE.

RESUME

La plante parasite *Striga asiatica* (L.) ravage la céréaliculture, comme le riz, le maïs et le sorgho, de l'ordre de 75 à 100% à Madagascar. Elle prélève directement l'eau, les éléments nutritifs et les substances de croissance qui lui sont nécessaires, par l'intermédiaire de sucoirs connectés au niveau du système racinaire de l'hôte. L'utilisation de variétés de maïs améliorées est une autre stratégie qui pourrait lutter contre ce parasite. La protection de la racine au sein de la rhizosphère est assurée par des cellules particulières appelées cellules bordantes, qui sont issues de la différenciation de la coiffe racinaire et sont programmées pour être libérées dans la rhizosphère. Le détachement des cellules bordantes de la racine s'accompagne d'une modification importante dans l'expression de leurs gènes, ces cellules deviennent spécialisées dans la synthèse de molécules antimicrobiennes telles que des protéines de défense ou des phytoalexines (Wu et al., 2007 ; Cannesan et al., 2011 ; Hawes et al., 2011).

Nos objectifs consistent à (i) caractériser la morphologie des cellules bordantes chez les différentes lignées de maïs putatives tolérantes à *S. asiatica* et celles des parents, (ii) comprendre le mécanisme de défense impliqué au niveau de la racine en réponse de l'attachement de *S. asiatica*. Pour cela, la paroi cellulaire végétale, constituant la première barrière de défense contre les pathogènes ainsi que la composition pariétale des cellules bordantes et du mucilage racinaire les enveloppant seront analysées par microscopie et immunofluorescence.

Les résultats montrent des diversités de morphotypes entre les cellules bordantes des plantes de maïs putatives mutantes et celles de leurs parents. Par ailleurs, les approches immunocytochimiques révèlent des différences en termes de densité de marquage des épitopes qui sont associés aux pectines, aux arabinogalactanes protéines (AGP) et aux extensines, au niveau de la paroi primaire des cellules bordantes et du mucilage des plantes mutantes comparés à celles de leurs parents. Ces différences peuvent être dues aux caractères améliorés des génotypes des plantes de maïs testées.

Des études approfondies doivent être entreprises afin d'examiner l'implication des cellules bordantes dans la défense de la racine face à l'attaque de *S. asiatica*.

Mots-clés: cellules bordantes, paroi primaire, mucilage, *Striga asiatica*, *Zea mays* (L.).

INTRODUCTION

Après la riziculture, la maïsculture constitue l'une des principales cultures vivrières et de rente à Madagascar, utilisée dans diverses industries de transformation et procure des revenus durables aux paysans, par sa commercialisation sur le marché local et international. Actuellement, des milliers d'hectares de maïsculture sont ravagés par *Striga asiatica*. Ce dernier est une plante parasite de cultures annuelles d'importance majeure comme le riz, le maïs, le sorgho et le mil. *S. asiatica* puise la totalité de ses besoins dans la plante hôte, prélève directement l'eau, les éléments nutritifs et les substances de croissance qui lui sont nécessaires par l'intermédiaire de sucoirs connectés au système racinaire de l'hôte. Pour augmenter les informations sur la connaissance du degré de la tolérance de la plante hôte au parasite, des études des compositions pariétales des cellules bordantes, au niveau des racines des génotypes de maïs putatifs mutants tolérants avec leur parent seront étudiées.

Les cellules bordantes (BCs) sont des cellules vivantes et métaboliquement actives issues de la coiffe racinaire (Gunawardena et al., 2002). Ces cellules, à l'interface sol racine, jouent un rôle essentiel dans la protection racinaire en synthétisant des métabolites spécifiques, tels que des anthocyanines aux propriétés anti-oxydantes, des phytoalexines aux propriétés antibiotiques, et des enzymes pour limiter la progression du pathogène (Cannesan et al., 2012). Les BC pourraient servir de leurre pour attirer et piéger les pathogènes et réduire l'infection racinaire. Sachant que la plante *S. asiatica* parasite les racines

des plantes hôtes, ces études consistent (i) à caractériser la morphologie des cellules bordantes chez différentes lignées de maïs putatives tolérantes à *S. asiatica* et celles des parents, (ii) et à comprendre le mécanisme de défense impliqué au niveau de la racine en réponse du *Striga*.

MATERIELS ET METHODES

1- Matériel végétal utilisé

Les grains de maïs de la variété parent Plata et Irat200 et ceux des putatifs mutants tolérants à *Striga asiatica* de la 4^{ème} génération (M4), issus de l'irradiation au rayon gamma ont été utilisés.

2- Protocole expérimental

2-1- *Stérilisation du matériel végétal* : les grains de maïs ont été stérilisés en surface avec 70% (v/v) d'éthanol pendant 5mn, puis immersés dans de l'eau de javel 20% (v/v) avec du Tween 20 à 0,1% (v/v) pendant 20 mn, puis rincés dans de l'eau milliQ.

2-2- *Culture des grains de maïs* : Afin d'obtenir des racines, les grains ont été semés sur un milieu nutritif gélosé MS (Murashige et Skoog, 1962) additionné de 1% (p/v) d'agar et le pH a été fixé à 5,7. Le milieu de culture stérilisé a été versé sur des boîtes de Pétri carrées et les graines ont été cultivées à orientation verticale et incubées à 24°C pendant 5 jours.

2-3- *Détermination des morphotypes des cellules bordantes de chaque génotype* : Les cellules bordantes de *Zea mays* ont été placées sur une lame de polysine recouverte par une lamelle dans de l'eau milliRo. Après, le tout est observé au microscope optique à lumière transmise (Leica FW 4000) pour observer les différents morphotypes.

2-4- *Marquage immunocytochimique des composés pariétaux de la paroi des cellules bordantes* : Les expériences d'immunofluorescence ont été réalisées sur les cellules bordantes de la racine des maïs testés. La technique utilisée consiste à une méthode indirecte, utilisant un anticorps primaire et un anticorps secondaire, ce dernier est couplé à une molécule fluorescente « la fluorescéine isocyanate (FITC) ». Les anticorps primaires et secondaires utilisés dans cette expérience ainsi que les épitopes reconnus sont récapitulés dans le Tableau 1 ci-dessous.

Tableau 21: tableau récapitulatif des anticorps primaires et secondaires et les épitopes utilisés

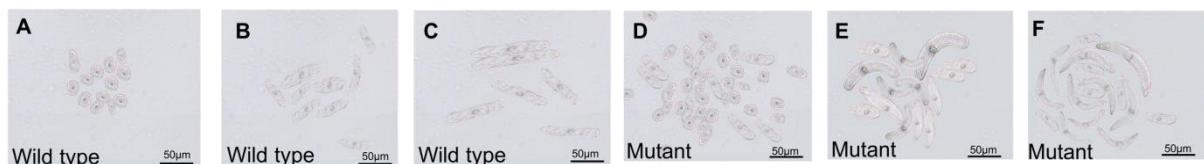
Anticorps primaires	Anticorps secondaires	Epitopes
LM 19	Anti-rat (FITC)	Homogalacturonane (Verhertbruggen et al., 2009)
JIM 11	Anti-rat (FITC)	ExtensineArabinane (http://www.plantcellwalls.net)
JIM 13	Anti-rat (FITC)	Arabinogalactane protéine (http://www.plantcellwalls.net)

2-5- *Immunofluorescence et observation microscopique des BCs* : Les anticorps primaires ont été dilués au 15^{ème} dans un tampon phosphate salin PBS Tween 0,1% ; pH 7,2 ; (NaCl 137mM ; KCl 2,7 mM ; Na₂HPO₄,12H₂O 7mM ; KH₂PO₄ 1,5 mM). Les apex racinaires de maïs de chaque génotype ont été déposés délicatement sur les lames à puits. La solution de fixation (50mM piperazine diethane sulfonic acid (Pipes) pH 7 ; 1mM CaCL₂, 2H₂O ; paraformaldéhyde (PFA) 4% (v/v) a été déposée sur les échantillons pendant 1h à température ambiante. Au bout d'une heure, les lames ont été rincées à l'aide d'une solution 50mM de Pipes. Les cellules bordantes sont incubées dans une solution de saturation PBS 0,01M, BSA 3% (w/v), pH=7,2 pendant 30 mn, puis rincées par le PBSTween 0,05% 5x 10 min. Pour finir, les BCs de maïs ont été marquées en deux étapes, selon les principes suivants : La première étape consiste à mettre les BCs en incubation avec les différents anticorps primaires pendant une nuit à 4 °C et la deuxième étape, à incuber les BCs avec les différents anticorps secondaires. Chaque anticorps primaire est mis en présence de l'anticorps secondaire qui lui correspond (anti-IgG de rat couplé au FITC ou anti-IgG de lapin couplé au FITC), pendant 1h à 37°C et à l'obscurité. Les anticorps secondaires ont été dilués au 50^{ème} (v/v). Les racines et les BCs sont, à nouveau, rincées avec la solution de PBS Tween 0,05% 5x10mn. Enfin, les échantillons ont été montés entre lame et lamelle, dans un milieu anti-effacement contenant du Citifluor AF2 (Agar Scientific) pour préserver la fluorescence. Des contrôles négatifs ont été réalisés en parallèle (BCs et apex racinaires mis en présence des anticorps secondaires seulement ou en PBS Tween 0,1%). Les observations se font au microscope optique à épifluorescence (Leica FW 4000) avec une longueur d'onde d'excitation de 488 nm et une fenêtre d'émission de 550 à 600 nm pour la molécule FITC. Les échantillons immuno-marqués et les contrôles négatifs ont été observés dans les mêmes conditions

d'acquisition.

RESULTATS

Morphotypes des cellules bordantes



Photos 1 : Morphotypes des cellules bordantes ; WT : parent, MUT : mutant tolérant ; MUTI : mutant tolérant intermédiaire

Trois (3) morphotypes de cellules bordantes ont été observés chez les variétés parents Plata et Irat200 : forme ronde, allongée et intermédiaire (Photos 1 : A, B, C). Deux (2) morphotypes de plus ont été observés chez les mutants : forme croissant (demi-lune) à bouts pointus et à bouts arrondis (photos 1 : E, F).

1- Immunomarquage

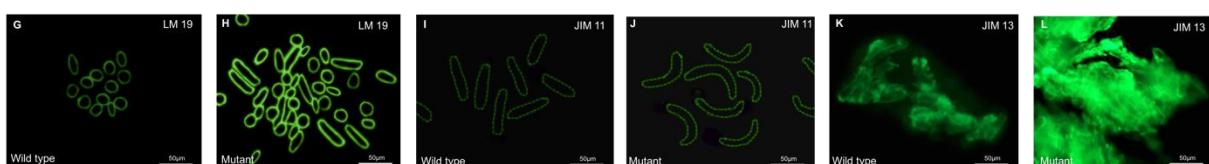


Photo 2 : Approche immunocytochimique à l'aide des anticorps LM19 (photo 2G, 2H), JIM11 (photo 2I, 2J) et JIM 13 (photo 2K, 2L) dirigés contre des épitopes associés aux homogalacturonanes (photo 2G, 2H), extensines (photo 2I, 2J) et protéines arabinogalactanées (photo 2K, 2L) de la paroi des cellules bordantes et du mucilage

Des approches immunocytochimiques révèlent des différences en termes de densité de marquage des épitopes associés aux pectines, aux arabinogalactanées protéines (AGP) et aux extensines au niveau de la paroi primaire des cellules bordantes et du mucilage : les racines des mutants montrent la présence des épitopes bien marqués (Photos 2 : H, J, L).

DISCUSSIONS

Nos résultats sur les morphotypes sont conformes à ceux de Zhang et al. en 2014, sauf sur la forme croissant ou demi-lune de nos BCs de maïs mutants. Ces BCs qui ont des morphotypes différents proviennent de la différente zone de la coiffe. En 2014, Zhang et ses collaborateurs ont montré que les BCs du maïs détaché de la coiffe pourraient continuer à subir des changements de morphologie et de structure. Ces changements sont issus du stress venant de l'environnement dont le froid, la sécheresse ou autres facteurs extrinsèques. Pour nous, cette forme croissant qui se présente uniquement sur notre BCs des mutants peut être issue de la mutation induite au sein du génotype de maïs.

Les homogalacturonanes sont bien présents et bien marqués sur les parois des cellules bordantes des 2 mutants par rapport à leur parent. Les homogalacturonanes (HG) sont considérés comme les polysaccharides pectiques les plus abondants de la paroi cellulaire végétale et représentent plus de 60% du total des pectines pariétales (Mohnen, 2008). Sur la base de la constatation que homogalacturonane (épitopes reconnus par l'anticorps monoclonale JIM5 et LM19) sont abondants dans la paroi cellulaire de ces cellules. En 2005, Vicré et al ont suggéré que la pectine peut être nécessaire pour le maintien de leur organisation unique. Les pectines sont également impliquées dans les mécanismes de défense et de signalisation (Carpita et Gibeaut, 1993). Avec l'anticorps JIM 11, les extensines sont bien marquées sur les parois cellulaires des mutants tolérants par rapport à leur parent. Ces glycoprotéines sont présentes aussi dans le mucilage de mutant tolérant. Pour le contrôle négatif (NC), l'absence totale de fluorescence est bien notée. Avec l'anticorps JIM 12, les extensines sont bien marquées sur les parois cellulaires des mutants tolérants et sur leur parent. Pour le contrôle négatif (NC), l'absence totale de fluorescence est encore notée. Les extensines sont retrouvées au niveau de nombreux organes végétatifs comme les tiges, les feuilles, les racines (Nguema Ona et al., 2012). A l'échelle subcellulaire, elles sont présentes au niveau de la membrane plasmique et de la paroi cellulaire (Oka et al., 2010). Des gènes codant des extensines sont induits en réponse aux stress mécaniques (Jamet, 2008) et à la blessure (Guzzardi et al., 2004).

Les AGP sont bien présents et marqués sur les parois cellulaires des mutants tolérants et sur leur parent. Ces AGP sont plus abondants et sont bien marqués dans les mucilages des mutants. Pour le contrôle

négatif (NC), la présence d'une auto fluorescence de l'apex est notée. Showalter (2001) a montré que les protéines Arabinogalactane sont trouvées dans tous les types cellulaires. Elles sont localisées au niveau des membranes plasmiques et des espaces intercellulaires (Borner et al., 2003). En 2004, Schultz et ses collaborateurs montrent que les AGP existent dans les exsudats (Schultz et al., 2004). Les AGP ont été impliquées dans la signalisation hormonale, la défense des plantes, la réaction au stress (Lamport et al., 2006).

CONCLUSION

Les analyses de la composition globale des polysaccharides et des glycoprotéines, dans divers systèmes et des types de liaison impliquées, ainsi que l'analyse de la paroi des mutants, ont fourni d'importantes informations structurelles. Ces différences observées entre les maïs mutants et leur parent au niveau de la morphologie des cellules bordantes ainsi que la composition pariétale des cellules bordantes pourraient confirmer la présence de mutation dans chaque génotype de maïs améliorés testés. En bref, nous pouvons donc penser que ces différences renforcent la tolérance des génotypes de maïs mutants à l'attaque de *Striga asiatica*.

Remerciements :

Les auteurs présentent leurs sincères remerciements et reconnaissances au Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique de Madagascar, pour l'organisation et la prise en charge du « Forum de la recherche de la 5ème Edition du 29 au 30 Novembre 2017, à Fianarantsoa sur l'Agrobiodiversité » ; au projet Dream ACP qui nous a financés durant notre stage et l'Université de Rouen UFR des Sciences et Techniques Boulevard de Broglie - Laboratoire de Glycobiologie et Matrice Extracellulaire Végétale (EA 4358 GlycoMEV) à l'endroit du Pr AZEDDINE Driouich qui nous a accueilli dans son laboratoire pour la réalisation de ce projet de recherche ; à l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (IAEA), qui nous a fourni un service d'irradiation aux matériels végétaux nécessaires à la réalisation de ce projet.

Références bibliographiques

- Borner G., H., Li, I., I., K., Stevens T., J., Dupree P., (2003) Identification of glycosylphosphatidylinositol-anchored proteins in *Arabidopsis*. A proteomic and genomic analysis. *Plant Physiol* 132: 568-577
- Cannesan M., A., Durand C., Burel C., Gangneux C., Lerouge P., Ishii T., Laval K., Follen-Gueye M., L., Driouich A., Vicré- Gibouin M., (2012) Effect of arabinogalactan proteins from the root caps of pea and *Brassica napus* on *Aphanomyces euteiches* zoospore chemotaxis and germination. *Plant Physiol* 159 : 1658-1670
- Cannesan MA, Gangneux C, Lanoue A, Giron D, Laval K, Hawes M, Driouich A, Vicré-Gibouin M (2011) Association between border cell responses and localized root infection by pathogenic *Aphanomyces euteiches*. *Ann Bot* 108: 459-469
- Carpita N., C., Gibeaut D., M., (1993) Structural models of primary cell walls in flowering plants, consistency of molecular structure with the physical properties of the walls during growth. *Plant J* 3: 1-30
- Gunawardena U., Hawes M., C., (2002). Tissue specific localization of root infection by fungal pathogens: role of root border cells. *Mol Plant Microbe Interact* 15 :1128-1136
- Guzzardi P., Genot G., Jamet E., (2004) The *Nicotiana sylvestris* extensin gene, *Ext 1.2A*, is expressed in the root transition zone and upon wounding. *Biochim Biophys Acta* 1680: 83-92
- Hawes M, Curlango-Rivera G, Wen F, White GJ, VanEtten HD, Xiong Z (2011) Extracellular DNA: The tip root defenses. *Plant Science* 180:741-745.
- Jamet E., Albenne C., Boudart G., Irshad M., Canut H., Pont-Lezica R., (2008) Recent advances in plant cell wall proteomics. *Proteomics* 8: 893-908
- Lamport D., T., A., Kieliszewski M., J., Showalter A., M., (2006) Salt stress upregulates periplasmic arabinogalactan proteins: using salt stress to analyse AGP function. *New Phytol* 169: 479-492
- Mohnen, D., (1999) Biosynthesis of pectins and galactomannans. In B Pinto, ed, Carbohydrates and their Derivatives Including Tannins, Cellulose, and Related Lignins. Elsevier Science Ltd, Oxford, pp 497-527
- Murashige T., Skoog F., 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol Plant.* 15 : 473-497
- Nguema-Ona E., Coimbra S., Vicré-Gibouin M., Mollet J.C., Driouich A., (2012), *Ann Bot*. 110 : 383-404.

- Schultz C., J, Ferguson K., L., Lahnstein J., Bacic A., (2004) Post-translational modifications of arabinogalactan-peptides of *Arabidopsis thaliana*. Endoplasmic reticulum and glycosylphosphatidylinositol-anchor signal cleavage sites and hydroxylation of proline. *J Biol Chem* 279: 45503-45511
- Showalter A., M., (2001) Arabinogalactan-proteins: structure, expression and function. *Cell Mol Life Sci* 58: 1399-1417
- Verhertbruggen Y., Marcus S., E., Haeger A., Ordaz-Ortiz J., J., Knox J., P., (2009) An extended set of monoclonal antibodies to pectic homogalacturonan. *Carbohydr Res* 344 :1858-1862
- Vicré M., Santaella C., Blanchet S., Gateau A., Driouich A., (2005) Root border cell of *Arapidopsis*. Microscopical characterization and role in the interaction with rhizobacteria. *Plant Physiol.* 138: 998-1008.
- Wen F, VanEtten HD, Tsaiprailis G, Hawes MC (2007) Extracellular proteins in *Pisum sativum* L. root tip and border cell exudates. *Plant Physiol* 143: 773-783
- Zhang Y., Chen B., Gao S., Rong T., 2014. **Biological Characters of Root Border Cells Development in Maize (*Zea mays*). Science alert. Biotechnology 13(3): 89-98.**
- Référence webographique
 - (<http://www.plantcellwalls.net>)

5. Etude de la valeur nutritive d'*Heteropogon contortus* [L] dans le fokontany d'Ivaro Est, Kibanimato et Ambatolahy Centre, de la Commune Rurale d'Ambatolahy, District d'Ihosy

FRANÇOIS CHRISTIAN Payet¹, TSIMILAZA Andriamihamina¹, RAKOTONDRAMASY Vokatsoa Christian², RAZAKARIVELO Jacquis², RALABIA Boniface Erménégilde²

¹ENS : École Normale Supérieure, Université de Fianarantsoa , ²LCUF : Faculté des Sciences / Laboratoire de Chimie de l'Université de Fianarantsoa

Résumé

L'étude de la valeur nutritive d'*Heteropogon contortus* L. a été faite dans la Commune Rurale d'Ambatolahy, District d'Ihosy, Région d'Ihorombe, afin de gérer, améliorer et protéger l'alimentation du zébu. Les collectes ont été faites dans les Fokontany d'Ivaro Est, de Kibanimato et d'Ambatolahy. Plus des 80 % de personnes vivent dans des zones rurales et la plupart d'entre elles subsistent grâce à l'agriculture et notamment l'élevage (Projet du Millénaire de l'ONU, 2004).

Après le prélèvement sur terrain et le séchage au laboratoire, nous avons pu déterminer que *Heteropogon contortus* contient 59% d'eau et 41% de Matières Sèches (MS). L'analyse de ces dernières a montré que la plante est constituée à 44,61% d'extractif non azoté (ENA) ; à 37,80% de cellulose brute (CB) ; à 8,33% en matières minérales (MM) ; à 7,80% en protéines brutes (PB) et à 3,20% en matières grasses (MG). A partir de ces résultats, la valeur énergétique de ce fourrage est évaluée à 4587 kcal/kg de la matière sèche (MS). Par conséquent, nous pouvons avancer que ce fourrage est favorable et adéquat au meilleur développement d'un zébu.

Mots clés : *Heteropogon contortus* L., analyse bromatologique, Ambatolahy Ihosy, Ahidambo, zebu.

I- Introduction

Le secteur de l'élevage représente 40 % de la production agricole mondiale. Il contribue aux moyens d'existence et à la sécurité alimentaire de près d'un milliard de personnes. L'élevage bovin assure d'un côté, une bonne partie de l'alimentation humaine par les productions de viande et du lait. D'un autre, il est une source de revenus pour les éleveurs et les agriculteurs (FAO, 2009).

À Madagascar, l'élevage de zébu est de type pastoral. Les animaux se nourrissent essentiellement dans les savanes qui occupent 70 % du territoire (Faramalala, 1988) dont une grande partie, soit 62 %, est située dans les régions de l'Ouest et du Sud (Rakotoarimanana, 2002). Étant donné que *Heteropogon contortus* occupe 90 % de la savane à Madagascar, une étude s'impose. À notre connaissance, aucune étude chimique n'a été réalisée sur cette espèce. La présente recherche a été menée, en premier lieu, pour évaluer la qualité nutritive d'*Heteropogon contortus* et en second lieu, pour conscientiser la population locale afin de protéger les ressources naturelles. En effet, le changement climatique et les feux de brousse contribuent à la dégradation des zones de pâturage et sont néfastes aux bétails. Le choix de la Région d'Ihorombe se comprend aisément, puisque c'est un gros producteur de viande bovine.

Il ne faut pas oublier les volets cultuel et culturel associés à l'élevage bovin sachant que dans la Grande Ile, la possession de bétail revêt de rites et croyances ancestrales (Horowitz, 2001 ; Harris, 1978 et Ashdown, 1992). En outre, elle reflète le statut social de l'agriculteur (Berner, 1999).

Matériels et méthodes

II.1. Identification de la plante

La plante a été récoltée, le 15 Août 2016, dans la savane de la Commune d'Ambatolahy puis identifiée au Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza (PBZT) d'Antananarivo, comme étant *Heteropogon contortus* (L) de la famille des POACEAE. Elle est connue sous les noms vernaculaires *Boka*, *Boka Ahidambo*, *Ahidambo* et *Danga*. Un herbier de référence a été déposé au Laboratoire de Chimie de l'Université de Fianarantsoa (LCUF).

II.2. Préparation de l'échantillon

Les échantillons à analyser, 1 kg de plante à chaque fois, soit en tout 3kg de matières brutes (P_1) ont été collectés le 05 janvier 2017, dans trois sites différents : le Fokontany d'Ivaro Est de latitude 22°31'56" Sud, longitude 45°48'36" Est et d'altitude 1,680 km ; le Fokontany Ambatolahy de latitude 22°29'24" Sud, longitude 45°50'18" Est et d'altitude 1,690 km et le Fokontany de Kibanivato de latitude 22°27'25" Sud, longitude 45°47'57" Est et d'altitude 1,350 km, sur une parcelle de 5 m² chacune. Ils sont placés dans des sacs plastiques (Photo 1).



Photo 1: Collecte d'échantillons

II.3. Analyses bromatologiques

L'analyse chimique a été faite au Laboratoire de Chimie Nutrition du Département de Recherches Zootechniques et Vétérinaires DRZV/FOFIFA, à Ampandrianomby – Antananarivo.

II.3.1. Séchage

Les plantes récoltées ont été séchées, à l'air libre pendant 5 jours et, à l'étuve pendant 24 heures à 103°C puis placées dans un dessiccateur pendant 30 mns. Les pourcentages d'humidité résiduelle (HR), d'humidité totale (HT) et des matières sèches (MS) sont calculés, respectivement, par les formules suivantes :

$$\%HR = \frac{P_1 - P_2}{P_e} * 100 , \quad \%HT = HB + HR , \quad \%MS = 100 - HT ; \quad \text{avec :}$$

HR : Humidité Résiduelle

HT : Humidité Totale

HB : Humidité Brute

P1 : Poids de la capsule (balance) et la prise d'essai

P2 : Poids de la capsule plus le contenu avant et après l'étuvage à 103°C

P_e : Prise d'essai

HR : Humidité Résiduelle

MS : Matières sèches

II.3.2. Azote et Protéine : 0.3g d'échantillon a été analysé. La teneur en azote total (%N) et en protéine sont calculés par la méthode Kjeldahl dont les formules sont respectivement les suivantes :

$$\%N = \frac{D.B * 0.0014 * 100}{P_e} , \quad \%PB = \%N * 6.25 , \quad \text{avec :}$$

D.B : Descente de burette lors du dosage

Pe : Prise d'essai

6.25 : Coefficient qui prend en compte la masse molaire moyenne des acides aminés de protéines par rapport à la masse molaire de l'azote

II.3.3. Matière grasse : L'extraction de la matière grasse est effectuée par la méthode du Soxhlet utilisant, comme solvant l'éther de pétrole 2 l et 5 g d'échantillon. La teneur en matière grasse est obtenue à partir de la formule suivante :

$$\%MG = \frac{m_1 - m_0}{P_e} * 100 , \text{ avec :}$$

m0 : Poids du ballon vide

m1 : Poids du ballon contenant le résidu

Pe : Prise d'essai

II.3.4. Cellulose Brute : La teneur en cellulose brute (CB) est obtenue, par la méthode de Weende, 3g d'échantillon sont portés rapidement à ébullition pendant 30 mn en présence de 200ml d'acide sulfurique (H_2SO_4 , 0.26N). Après filtration sur une couche de sable, le résidu est lavé à grande eau jusqu'à pH 7. Les mêmes opérations sont répétées mais cette fois en utilisant une solution basique (KOH 0,23 N). Le résidu ainsi obtenu est séché à l'étuve. La quantité de cellulose est donnée par la formule suivante :

$$\%CB = \frac{a - b}{P_e} * 100 , \text{ avec :}$$

a : Poids du creuset avec la préparation après étuvage à 103°C

b : Poids du creuset avec la préparation après calcination à 550°C

Pe : Poids de la prise d'essai

II.3.5. Matières minérales : Elles sont obtenues par l'incinération à 550°C dans le four à moufle de l'échantillon jusqu'à ce qu'il se transforme en cendre blanche. La durée de cette opération est 6h environ. L'échantillon est refroidi dans un dessicteur pendant 30 mn, puis pesé. La proportion de cendres brutes est obtenue à partir de la formule :

$$\%MM = \frac{P_3 - P_0}{P_e} * 100 , \text{ avec :}$$

P0 : Poids de la capsule vide

P3 : Poids de la capsule vide avec son contenu après incinération à 550°C

Pe : Prise d'essai

II.3.6. Dosage du calcium (Ca) : Après incinération à 550°C pendant 6 h, les cendres sont traitées avec du HCl. Ainsi, le calcium est précipité sous forme d'oxalate de Ca . Après dissolution du résidu par l'acide sulfurique, l'acide oxalique formé est titré par une solution de permanganate ($KMnO_4$) 0,1N.

$$\%Ca = \frac{2.004 * D.B * V}{P.A * Pe * 1000} , \text{ avec :}$$

D.B : Descente de Burette ou volume en ml de $KMnO_4$ correspondant au virage de couleur

P.A : Prise Aliquote

V : Volume de la dilution (250 ml)

Pe : Prise d'essai

2.004 : Facteur de correspondance de quantité de Ca multiplié à la valeur de D.B pour obtenir la quantité de Ca.

II.3.7. Dosage du phosphore (P) : Le phosphore donne, avec le molybdate d'ammonium, un précipité. Ce dernier est réduit par le métavanadate d'ammonium avec formation d'oxyde bleu de molybdène. L'intensité de la coloration bleue est proportionnelle à la concentration en phosphore.

$$\%P = \frac{L * V}{P.A * Pe * 1000} , \text{ avec :}$$

L : Longueur d'onde correspondant à la densité optique

P.A : Prise Aliquote

V : Volume de la dilution (250 ml)

Pe : Prise d'essai

II.3.8. Extractif Non Azoté : La teneur en extractif non azoté est obtenue par la différence entre les matières organiques et la somme des teneurs en matières grasses, protéines et cellulose selon la relation suivante :

$$\%ENA = 100 - (MG + PB + CB + MM)$$

II.4. Détermination de la valeur énergétique de la plante : Elle est obtenue par la formule :

Energie Brute : **EB** (kcal/kg **MS**) = 55, 76 * **PB** + 100, 03 * **MG** + 48, 42 * **CB** + 44, 88 * **ENA**

Avec, EB : Energie Brute (kcal/ kg MS) ; MAT : Matière Azoté Total ; MG : Matière Grasse ; CB : Cellulose Brute ; ENA : Extractif Non Azoté.

III. RESULTATS

III.1. Résultats d'analyse bromatologique :

3 kg (Pi) de matière brute ont été réduites, après séchage, en 1,380 kg (Pf). Ainsi, les taux d'humidité sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 1 - Taux d'humidités

Humidité brute	Humidité Résiduelle	Humidité totale	Matière sèche
%HB = 54.00%	%HR = 4,5 %	%HT = 59 %	%MS = 41 %

Le tableau montre que la matière brute est constituée à majorité d'eau soit 59%. La matière sèche (MS) représente 41 % et est composée de protéines brutes (PB), de celluloses brutes(CB), des matières grasses, des extractifs non azoté (ENA) et des matières minérales (MM).

III.2. Récapitulation des valeurs des éléments nutritifs

Les résultats de l'analyse bromatologique sont rapportés dans les tableaux 2 et 3.

Tableau 2 – Récapitulation des différents composés organique et inorganique de la plante.

Composition d' <i>Heteropogon contortus</i>	PB %	CB %	MG %	ENA %	MM %
Matière sèche	7,80	37,80	3,20	44,61	8,33
Matière brute	3,59	17,39	1,47	20,52	3,83

Tableau 3 – Récapitulation des composés inorganiques ou MM matières inorganiques

Cis %	Ca %	P %	Reste %
4,70	0,25	0,85	2,53

Par matière sèche(MS), *Heteropogon contortus* comporte 91,66 % de matières organiques et à 8,33% de matières inorganiques soient 4,70% de Cendres Insolubles (Cis), 0,25 % de Calcium (Ca) et 0,85 % de Phosphore (P). Le reste représente 2,53%.

On remarque, dans le tableau 2, que la matière sèche (MS) contient des pourcentages très élevés d'Extractif Non Azoté (ENA) et de Cellulose Brute (CB), respectivement 44,61% et 37,80% alors que ceux des Matières Grasses (MG) et Protéines Brutes (PB) sont respectivement de 3,20% et 7,80%.

Par rapport à la matière brute, les différentes teneurs sont donc : ENA de 20,52%, CB 17,39%, MG 1,47% et PB 3,59%.

La teneur en MG pour un bon fourrage de zébu doit être comprise entre 2 et 5 % de lipides. La teneur trouvée pour *Heteropogon contortus* est, par conséquent, acceptable. Les autres valeurs conviennent également pour la ration journalière de zébu. Par contre, la teneur en PB n'est pas suffisante pour l'élevage d'une vache laitière. L'analyse plus avancée des 2,53 % restant de matières inorganiques est à faire, afin de connaître l'existence d'autres éléments et d'évaluer leurs effets.

III.3. Valeur énergétique

Dans cette étude, la valeur de EB énergie brute est calculée en s'inspirant des travaux de RUMOKOY et donne EB= 4587,3968 kcals/ kg de MS.

Cette valeur est conforme pour un zébu mais il faut considérer la valeur énergétique nette. Cette dernière nécessite une étude plus approfondie.

IV. Conclusion

L'étude de la valeur nutritive de l'*Heteropogon contortus L.* a été faite dans la Commune Rurale d'Ambatolahy, District d'Ihosy, Région d'Ihorombe afin de gérer, améliorer et protéger l'alimentation du zébu.

La technique d'enquête socio-économique liée au zébu a été adoptée. L'interview des responsables et de la population cible ainsi que des études bibliographiques, nous a permis de connaître que la plante *Heteropogon contortus* est comestible et qu'elle est adaptée pour l'alimentation du zébu à bosse. Comme la commune rurale d'Ambatolahy a une surface de 270 km², les Fokontany d'Ivaro Est, de Kibanivato et celui d'Ambatolahy, Chef-lieu de la Commune, ont été choisis pour réaliser les échantillonnages. Le choix est dicté par l'homogénéité de la parcelle, dans une unité de 5 m². L'analyse bromatologique a été effectuée au sein du Laboratoire de Chimie de Nutrition du Département de Recherche Zootechnique et Vétérinaire (DRZV) de la FOFIFA, sise à Ampandrianomby Antananarivo.

Après le traitement préliminaire sur terrain et le séchage au laboratoire, nous arrivons à déterminer que *Heteropogon contortus* est constituée de 59% d'eau et 41% de Matières Sèches (MS). Et, à partir de ces matières sèches, nous avons défini que la plante contient 44,61% en extractif non azoté (ENA) ; 37,80% en cellulose brute (CB) ; 8,33% en matières minérales (MM) ; 7,80% en protéines brutes (PB) et 3,20% en matières grasses (MG). Les résultats montrent que la valeur énergétique de ce fourrage vaut 4587 kcal/kg de la matière sèche (MS). Donc, ce fourrage est véritablement favorable et adéquat pour le meilleur développement d'un zébu à ce stade. Ces données sont précieuses. Les propositions sur la gestion du pâturage intégrant les problèmes rencontrés, entre autres, la déforestation et feu de brousse feront l'objet d'une prochaine publication.

Bibliographie

- Kjeldahl J. , 1883. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in Organischen Körpern. Z. Anal. Chem. 22 pp. 366-382.
- Centre provincial de l'agriculture et de la ruralité (CPAR), 2006. L'analyse des fourrages de ferme, tome v
- 1984, Alimentation des Bovins, *Edition I.T.E.B* (Institut Technique de l'Elevage Bovin), pp.129-136.
- Rumokoy L., 1994. Valeur énergétique de ration à base de fourrages ligneux distribués à des moutons. Productions animales en région chaude, Cirad-emvt/ ENVA, Maisons-Alfort (FRA) / INAPG, France, 36 p.
- Rakotoarimanana V., 2002. *Feu, pâturage et dynamique des savanes à Heteropogon contortus dans le Sud-Ouest de Madagascar (Région de Sakaraha)*, Antananarivo Madagascar, 177p.

Remerciements

- ENS : Ecole Normale Supérieure, Université de Fianarantsoa
- LCUF : Faculté des Sciences / Laboratoire de Chimie de l'Université de Fianarantsoa
- Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza (PBZT) Antananarivo.
- Laboratoire de Chimie Nutrition du Département de Recherches Zootechniques et Vétérinaires DRZV/FOFIFA à Ampandrianomby – Antananarivo.

6. Le maciba, une espèce prometteuse pour la préservation des ignames sauvages en danger d'extinction de Madagascar

ANDRIAMAMPANDRY Hanitra Viviane¹, ANDRIANAVALONA Razaiarisoa Voahangy¹, RAJAONAH Mamy Tiana²

¹ : FOFIFA/CENRADERU , ² : RBG Kew

La dernière révision du statut UICN des plantes de la grande île a fait ressortir qu'une douzaine d'espèces d'ignames sauvages endémiques de Madagascar sont en danger d'extinction. Madagascar, possède environ les 10% de la totalité des espèces du genre *Dioscorea* de tous les continents.

Le maciba (*Dioscorea maciba*) est l'une des 40 espèces d'ignames sauvages endémiques de l'île. Cependant, les sept (7) espèces en danger d'extinction se trouvent dans la même aire de distribution que

le maciba, à savoir : *D. acuminata*, *D. alatipes*, *D. bako*, *D. buckleyana*, *D. namorokensis*, *D. orangeana*, *D. pteropoda*, *D. sambiranensis* spp.

En 2014, quatre (4) millions d'habitants des zones rurales sont en situation d'insécurité alimentaire à Madagascar (FAO, 2014). Toutefois, dans la mise en œuvre de sa Stratégie Nationale pour la Gestion de la Biodiversité, « l'attention de Madagascar, s'oriente vers les espèces à haute valeur économique comme les *Diospiros*, *Dalbergia* et *Prunus*, les autres espèces comme les Espèces Sauvages Apparentées aux Plantes Cultivées sont peu considérées ». Parmi ces espèces, le maciba (*Dioscorea maciba*) en fait partie. Par son goût, doux et légèrement sucré, son tubercule est très recherché, en effet, une sur exploitation de son tubercule engendrant une réduction de son habitat a été constatée dans son aire de distribution.

Ainsi, notre principal objectif est de valoriser *D. maciba* en l'introduisant dans le pool des ignames cultivées.

Pour atteindre cet objectif, des études bibliographiques, des enquêtes écogéographiques et des suivis dans des parcelles d'observations ont été effectués. Une étude sur la diversité génétique utilisant des marqueurs SSR a été conduite. Des tests de germination ont été réalisés

Les enquêtes menées dans son aire montrent que par son goût, doux et légèrement sucré, le tubercule de maciba est très recherché, donc très exploitée par les paysans vivant aux environs de son habitat, car ceci constitue un aliment de substitution en période de soudure. La vente de ces tubercules constitue aussi une source d'argent pour ces paysans. Ainsi, l'impact de son exploitation sur son habitat et le milieu environnant, a un effet très dégradant.

Les résultats des enquêtes montrent que le maciba répond aux besoins alimentaires spécifiques des populations locales et peut combler les déficits alimentaires importants de la façon suivante : *en aliments d'appoint*, *en aliments saisonniers* et *en aliments de crise*. Il constitue aussi la principale source de revenus de certains ménages ruraux, il guérit certaines maladies et soulage certaines souffrances. Son tubercule, contient 80.01% d'amidon dans la Matière Sèche. Sa farine fermentée par *Saccharomyces cerevisiae* produit de l'alcool, composé essentiellement de l'éthanol, et fait partie du rhum léger.

Cette espèce possède une large distribution géographique sur le versant occidental allant du nord au sud. Elle pousse également dans divers types de milieu : forêt dégradée, clairière, lisière forestière, forêt secondaire ou secondarisée, vestige de forêt, savane arborée. C'est aussi une « espèce pionnière » qui pousse après passage de feu et sur la lisière forestière, mais elle ne présente aucun risque d'envahissement.

10 SSR marqueurs microsatellites ont été optimisés et utilisés pour étudier la diversité génétique du *D. maciba*. Ces 10 marqueurs sont productibles à cette espèce et nous ont permis de détecter 128 allèles de *D. maciba*. Les polymorphismes enregistrés dans ses habitats naturels sont mis en évidence. L'étude de la diversité génétique de cette espèce, montre aussi que cette espèce possède, en même temps, les gènes des espèces d'igname cultivée (*Dioscorea alata*) et ceux des espèces d'ignames sauvages originaires des autres continents (*Dioscorea japonica* entre autre), elle possède donc, une large diversité génétique. En ce qui concerne, la structuration de la population génétique de *D. maciba*, dans son aire de distribution naturelle, la population de cette espèce est structurée en deux sous populations : suivant leur région géographique d'appartenance : le Nord et le Sud et suivant l'agressivité climatique.

Ces résultats nous ont permis de dire que les marqueurs SSR (microsatellites) sont un outil prometteur pour l'étude de la diversité génétique de *D. maciba* et probablement pour les ignames sauvages de Madagascar. Ils indiquent aussi, que les populations étudiées ont une diversité génétique satisfaisante qui peut être utilisée comme information de base pour le programme de conservation de cette espèce et des autres ignames sauvages, et, aussi pour le programme d'amélioration génétique des ignames cultivées

Des études faites sur la régénération naturelle de *D. maciba*, par suivi dans des parcelles permanentes, montre une capacité de régénération de 300% (Rakotondratsima). Des observations faites dans des parcelles de suivi, dans le cadre du projet CWR ont montré aussi qu'après le passage de feu, une abondance de régénération naturelle de *D. maciba* a été constatée. Des études sur la germination des graines de cette espèce ont fait ressortir un taux relativement élevé de germination de l'ordre de 95% en conditions normales de température et d'humidité, avec des graines matures et conservées en température ambiante dans des enveloppes kraft, ne subissant aucun traitement préalable. *D. maciba* a un bon pouvoir germinatif quand la maturité de graines est atteinte.

Défini comme « marqueur de crise », *Dioscorea maciba* Jum & Perr joue un rôle important, du point de vue économie de ménage, agronomique et génétique. Cette espèce présente beaucoup d'intérêt non seulement pour les populations vivant aux environs de ses habitats naturels mais aussi pour les scientifiques car être parent sauvage des ignames cultivées il constitue aussi une source de gène.

Un des moyens pour la préservation d'une espèce est sa conservation et sa valorisation : *ennoblissement*, *conservation ex situ*, etc... Pour ce faire, des opérations de réensemencement des graines de maciba dans

sa zone d'occurrence : son habitat et celui des autres espèces en danger pourront contribuer à leur préservation ainsi qu'à la sécurité alimentaire. Son introduction dans le système agroforestier est envisageable.

De nombreux bénéfices découlent de la préservation de cette espèce, tels que l'enrichissement du pool génétique, la sécurité alimentaire et nutritionnelle, des sources de revenus du ménage, la valeur médicinale, la préservation de l'habitat, et, plus que tout, l'atténuation de l'exploitation des espèces endémiques en danger d'extinction sus mentionnés.

Comme la majorité des espèces du genre *Dioscorea* possède le double avantage : elle se multiplie par voie végétative et par voie sexuée, tout ceci nous amène à envisager de continuer notre étude sur la domestication de cette espèce.

7. La vanille : une plante tropicale aromatique et levier de développement socio-économique de la Région SAVA, Madagascar

RALAINIRINA Razokiny Eric^{1,2}, Pr. Henri RASAMOELINA¹, Pr RAZAFINDRAJAONA Jean Marie²

¹Faculté de Lettre, Sciences Humaines et Sociales, Université de Tuléar, ²Institut Supérieur de Technologie d'Ambositra (IST-A)

INTRODUCTION

La vanille est cultivée depuis plus d'un siècle et demi à Madagascar et sa gousse est un produit agricole stratégique qui fait la réputation mondiale de la grande île. Cette plante a une grande valeur socio-économique et s'adapte bien aux conditions écologiques de la Région SAVA. Toutefois la plupart des paysans planteurs reste encore pauvre. La présente recherche étudie les impacts socio-économiques de la culture de vanille sur les planteurs.

Après les revues bibliographiques et les entretiens, des enquêtes ont été réalisées auprès de 175 acteurs des sept maillons de la filière dans cette Région. Les résultats ont permis de caractériser la filière et ses enjeux. L'étude financière a élucidé les impacts socio-économiques de la filière vanille sur les trois types des paysans : aisés, moyen et vulnérable, et les acteurs directs et indirects de la filière. La culture de vanille est la principale activité des planteurs ; le mode de préparation est à la fois traditionnel et industriel.

Les Etats-Unis, la France et l'Allemagne sont les trois (03) principaux importateurs de vanille au monde. D'un autre côté, le marché mondial de la vanille est dominé par la Grande île, surtout depuis que les autres pays producteurs comme l'Inde, l'Indonésie et la Papouasie-Nouvelle-Guinée ont pratiquement abandonné la filière.

L'objectif global consiste à connaître l'impact socio-économique de l'exploitation de la plante sur les acteurs de la filière vanille dans la Région SAVA. Les objectifs spécifiques avec les hypothèses correspondantes sont de :

- Caractériser ou décrire l'aspect socio-économique et anthropologique de la zone d'étude. Cela conduit à la vérification de l'hypothèse suivante : la partie Nord-est de Madagascar propice de la culture de vanille.
- Evaluer la situation actuelle de la production de vanille. Cela implique l'hypothèse subséquente : la filière vanille exige l'intervention de plusieurs acteurs y compris les paysans producteurs, les collecteurs et les opérateurs locaux.
- Étudier ou établir l'importance socio-économique de la vanille dans la vie des acteurs. Cela canalise à la vérification de l'hypothèse qui suit : la vanille joue un rôle très important sur la vie économique de la population Malgache et surtout celle de la Région SAVA.

MATERIELS ET METHODES

Les outils nécessaires pour la réalisation de cette étude. Il s'agit du dictaphone, de l'ordinateur et ses accessoires, des ouvrages généraux et spéciaux. Ces derniers concernent la vanille proprement dite.

- **Dictaphone** : L'utilisation de ce matériel permet d'enregistrer d'autres interprétations concernant les points de vue de l'interlocuteur lors de l'enquête. En plus, par le biais de ce dictaphone, nous avons l'avantage d'avoir plus de renseignements non définis dans le questionnaire qu'on peut exploiter pour compléter les informations obtenues.

- **Ordinateurs et ses accessoires** pour le traitement de l'information à l'aide de l'utilisation de logiciel Ms Office, c'est-à-dire Word et Excel.

Il permet également de conserver, d'élaborer et de restituer des données, en effectuant sous le contrôle de programmes enregistrés, des opérations arithmétiques et logiques.

En outre, nous avons utilisé aussi le flash et CD-ROM. Les informations obtenues sont mémorisées, transférées, stockées sur CD-ROM et sur flash.

- **Les ouvrages académiques ou généraux** ont servi de base d'information, d'indication et de référence dans l'élaboration du présent ouvrage.

La méthodologie effectuée pendant notre étude a pour but d'atteindre les objectifs. Nous parlerons d'abord de la technique de collecte des données. Ensuite, nous montrerons la méthode de collecte des données. Et, enfin, nous verrons à l'analyse des données à l'aide des FFOM ou SWOT. Cette analyse nous permet d'évoquer les forces, les faiblesses, les opportunités et les menaces.

- **Techniques de collectes de données** : nous avons eu recours principalement à la technique de questionnaire, d'observation à l'aide de documentation et d'interview ou entretien.

- **Méthode et analyse de données** : Il s'agit ici d'une méthode historique, analytique, comparative et statistique.

- **Analyse de données à l'aide des FFOM**, « Forces-Faiblesses-Opportunités-Menaces», outil d'analyse stratégique. Les forces et les faiblesses concernent l'analyse des informations internes et les opportunités et les menaces touchent l'analyse des informations externes durant de la recherche.

RESULTATS

Cette partie est consacrée aux résultats d'enquête auprès des acteurs de la vanille dans la Région Nord-est de la Grande île.

Résultats d'enquête auprès des planteurs de la vanille, y compris de la population

Les résultats d'enquête auprès des planteurs de la vanille, y compris de la population locale, sont présentés ci-dessous. La population est victime de l'instabilité du prix des produits de premières nécessités (PPN) sur le marché local.

- **Résultats de sondage sur le prix de la vanille** : résultats d'investigation sur le prix de la vanille dans la Région SAVA.

- **Résultats de sondage sur la qualité de la vanille** : résultats d'enquête sur la qualité de la vanille, d'une part, au niveau des planteurs, et, d'autre part, au niveau de la population dans la Région Nord-est en tant que zone d'étude.

- **Résultats de sondage sur la quantité de la vanille** : comme la qualité, la quantité de la vanille joue un rôle très important aussi sur le marché. Donc, cette section montre l'estimation des planteurs et également de la population locale.

Résultats d'enquête auprès des collecteurs de la vanille, y compris les exportateurs

Ces résultats concernent les résultats d'enquête auprès des collecteurs de la vanille, y compris des exportateurs, en tant que responsable sur l'exportation de la vanille au niveau du marché international.

- **Résultats de sondage sur le prix de la vanille** : résultats d'enquête sur le prix de la vanille dans la Région Nord-est. L'enquête est effectuée auprès des collecteurs et des exportateurs.

- **Résultats de sondage sur la qualité de la vanille** : résultats d'enquête sur la qualité de la vanille, d'une part, auprès des collecteurs, et, d'autre part, auprès des exportateurs.

- **Résultats de sondage sur la quantité de la vanille** : comme la qualité, la quantité de la vanille joue un rôle très important également sur le marché. Donc, cette section montre l'estimation des collecteurs et des exportateurs.

DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les résultats obtenus au niveau des planteurs y compris de la population locale, des collecteurs et des exportateurs présentent les problèmes rencontrés sur l'exploitation de la vanille dans la zone d'étude.

- **Discussions de résultats obtenus au niveau des planteurs (Production)** : Michael RAFIDIMANTANSOA en 2013 estimait, sur l'analyse de la production de la vanille dans la partie Nord-est de Madagascar, que la vanille est un produit important pour Madagascar puisque c'est un produit stratégique pour l'économie malgache. Madagascar est depuis de nombreuses années le principal fournisseur mondial de vanille naturelle : 80% de la production mondiale. Elle est l'une des épices les plus chères au monde, ce qui explique qu'elle soit un des principaux produits agricoles exportés par Madagascar, en termes de valeur. La production et la commercialisation de ce produit concernent environ 80.000 familles de planteurs et 6.000 conditionneurs exportateurs. Malgré la crise de la vanille naturelle, la concurrence de la vanille synthétique, elle ne disparaîtra jamais du marché, car elle est une matière première importante dans le monde culinaire.

- **Discussions sur la production et exportation (exportateurs)** : la région Sava, principale zone productrice de vanille à Madagascar a connu cette année une baisse de production, selon les constats en fin de campagne, à la mi-août.

Madagascar est connu mondialement pour l'exportation de vanille respectant les normes requises. Les opérateurs économiques malgaches estiment, de ce fait, que le prix du kilo à l'exportation devrait être fixé à 180 000 Ariary. Actuellement, le prix de la vanille auprès des planteurs varie entre 100.000 à 120 000 Ariary. Cependant, le prix du kilo à l'exportation est instable, ce qui crée des problèmes majeurs pour les exportateurs. Cette situation déclenche aussi des problèmes pour les planteurs, liés à la récolte et à la préparation de la vanille.

Madagascar exporte sa vanille et la vend sous différents conditionnements : gousses entières, morceaux, poudre et sucre aromatisés à la vanille. Cependant la concurrence avec les produits synthétiques (vanilline) de substitution à la vanille naturelle de Madagascar est présente dans les industries agroalimentaires, cosmétiques et les pâtisseries.

Les points faibles sont plus ou moins négligeables par rapport aux forces.

Les menaces extérieures peuvent empêcher le développement sur l'exploitation de la vanille presque négligeable par rapport aux opportunités (possibilités extérieures positives).

L'amélioration de la qualité et quantité de la vanille pour l'exportation doit passer par le respect du calendrier de la récolte, le respect du processus de sa préparation.

CONCLUSION

La vanille est cultivée depuis plus d'un siècle et demi dans la Région SAVA et s'adapte bien à ses conditions écologiques. Cette plante aromatique a des impacts socio-économiques positifs sur la vie des acteurs de la filière. La pauvreté des planteurs vient de la mauvaise gestion de leur revenu et de la répartition inégale de la valeur ajoutée dans la filière.

Le secteur de la vanille donne de l'espoir aux paysans producteurs. Bien que les principaux pays concurrents de Madagascar ont, pour la plupart abandonné la filière, une baisse de la production est enregistrée à Madagascar. La vanille malgache confirme toujours sa position de leader sur le marché mondial, cependant les professionnels de la filière entendent faire preuve de précaution, pour éviter une flambée des prix qui nuira au secteur, comme c'était le cas vers les années 2000 au cours desquelles les clients internationaux avaient opté finalement pour la vanille artificielle.

En tout cas, les professionnels de la vanille sont de plus en plus conscients de la nécessité de protéger ce produit sur tous les plants. La Plate-forme nationale de la vanille a engagé une démarche, en vue de la protection de la marque collective « Vanille de Madagascar », une sorte d'appellation d'origine. C'est une marque, une véritable référence pour les consommateurs et qui mérite d'être enregistrée à l'international afin d'être protégée.

L'exploitation optimale de la plante nécessite une amélioration agronomique, de la gestion financière et de l'information et de la sécurité de biens et de personnes. Elles feront suite à la présente recherche.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

OUVRAGES

- Alfred Chandler, 2008, « Stratégie de la culture et d'exploitation de la vanille », Edition PICOR, Paris, 190 Pages.
- ALTHABE G, 2009, « Oppression et libération dans l'imaginaire, les communautés villageoises de la côte orientale de Madagascar », Paris, Maspero, 240 Pages.
- CHEKARAO, B. et LASSARRE, 2009, « *Les impacts sociaux sur la culture et la production de la vanille* ». Document INRETS, Arcueil France, 280 Pages.
- COLLIER P., 2009, « Etude socio-économique sur la production de la vanille en Afrique », Ed. Economica, Paris, 340 Pages.
- Denis Loeillet, 2003, « *Le marché international de la vanille : Le prix comme handicap majeur* », FruiTrop, Montpellier, CIRAD, n° 98, p. 4-6, 100 Pages.
- Eugène Régis Mangalaza, Yvette Sylla, 1988, « L'image représentative de la forêt en pays betsimitaraka ». Sciences de l'Homme et de la Société (Antananarivo), 58 Pages.
- François XAVIER, 2008, « La vanille face au développement socio-économique des paysans », Edition Fouchier, Paris, 310 Pages.
- Frédéric Le Roy, 2012, « Les impacts sociaux sur la culture de la vanille », Ed Economica, Paris, 130 Pages.
- LIPSE et Marmuse, 2010, « La vanille est-elle un secteur clé sur le développement économique et social dans les pays en voie de développement ?», Edition Economica, Paris, 89 Pages.
- Loimer et Guarnieri, 2003, « Analyse socio-économique sur la production de la vanille », Edition FOUCHER, Genève, 210 Pages.
- Marina RAKOTOVOLOLONA, 2004, « Analyse des impacts sociaux sur la culture et exploitation de la vanille : Cas de Madagascar », Ed MadPrint, Antananarivo, 350 Pages.

- Michael RAFIDIMANANTSOA, 2013, « Analyse de la production de la vanille dans la partie Nord-est de Madagascar », Ed MadPrint, Antananarivo, 330 Pages.
- Pascal André RAZAFITSALAMA, 2007, « Etude comparative des impacts sociaux de l'exploitation de la vanille et des girofles dans la partie Nord-est de Madagascar », Edition IMPRIMERIE MAMI, Antananarivo, 344 Pages.
- RABEARISOA Jean Théodore, 2010, « Analyse de la rentabilité de l'exploitation de la vanille », Edition Microprod, Ambohipo, Antananarivo, 345 Pages.
- WOLF-DIETER E., 2010, « Analyse des impacts sociaux sur la culture de la vanille », Edition Economica, Rio, 331 Pages.

PRINCIPAUX TEXTES REGISSANT DE LA VANILLE

- Décret n°2006-681 portant réglementation du contrôle du conditionnement,
- Décret n°2006-807 complétant le décret n°2005-713 du 25 octobre 2005 portant création et organisation de l'Agence de Contrôle de la Sécurité Sanitaire et de la qualité des Denrées Alimentaires,
- Décret n°2008-771 du 28/07/2008 fixant les conditions d'application de la loi n°2005-020 du 17 octobre 2005 sur la concurrence,
- Arrêté n°1075/2012 du 24 janvier 2012 fixant les indications obligatoires pour l'étiquetage des produits et denrées alimentaires préemballées,

DOCUMENTS

- Appui scientifique et technique ponctuel à la filière vanille, 4^{ème} trimestre 2003,
- Internet, site : Production VANIPRO,
- La culture de la vanille, Le Bellec, Octobre 2002,
- Monographie de la Région SAVA,
- Procès-Verbal de 8^{ème} Atelier vanille, 12-13/05/2003,
- Rapport d'activités GES, Situation jusqu'au mois de septembre 2003
- RAZAFINDRAKOTO Mireille, MADIO, quel avenir pour la vanille malgache à l'heure de la libéralisation, Mai 1996,

WEBOGRAPHIE

- www.vanille.mg
- www.développementsocial.net.ma, Année 2017, Juin.
- www.education-socio-économiques.free.fr, Année 2017, Août.

8. Poissons endémiques de Madagascar cas de la :*Paratilapia sp.* (Bleeker, 1868) de la pêcherie d'Andranomena d'Ivohibe

HANTANIRINA Herisoa Isabelle*, Andrianaribako Hasina Manarantsoa, Randriarilala Fanomezantsoa, Rabearimisa Rivo Nirina, Rafomanana Georges, Rakotozandriny Jean de Neupomuscène

Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques – Université d'Antananarivo

Résumé

La faune piscicole malgache est constituée de nombreuses espèces endémiques, dont les **Cichlidés** menacées d'extinction. La présente étude a été initiée afin de mieux connaître les espèces endémiques d'eau douce malgache en occurrence *Paratilapia sp.* à travers les différentes pratiques de la pêcherie locale. L'étude a été menée dans la Région de Ihorombe, Commune et District d'Ivohibe, rivière d'Andranomena, Madagascar en 2014. Outre la pesée et les mensurations individuelles sur 116 spécimens, des relevés physico-chimiques ont été effectués dans la rivière d'Andranomena. Les résultats montrent que la rivière d'Andranomena est favorable au développement de *Paratilapia sp.* : pH neutre ($pH=6,7\pm0,2$), température conforme à la survie des poissons ($23,5^{\circ}C\pm1,7$) mais turbide ($22,9cm\pm2,3$) et que la richesse trophique du plan d'eau est acceptable ($K_m=1,99\pm0,35$). Toutefois, la capture est de petite taille (longueur totale moyenne= $8,09\pm2,1cm$) et 81% d'entre eux mesurent seulement entre 5cm à 10cm. La relation taille-poids renseigne sur une croissance pondérale accélérée ($b=3,344$). La fréquence de capture d'individus de petite taille constitue une menace pour la reconstitution des stocks de *Paratilapia sp.* de cette zone de pêche. Une stratégie de conservation et de valorisation de l'espèce serait nécessaire afin de préserver la ressource via l'instauration d'un système de contrôle de la pêcherie locale, pour une gestion rationnelle et durable des ressources halieutiques, particulièrement celle des eaux douces à Madagascar.

Mots clés : **Cichlidés** endémiques, *Paratilapia sp.*, Pêcherie, Valorisation, Ivohibe, Madagascar

1. Introduction

Madagascar dispose d'une diversité biologique très riche et unique au monde. La faune aquatique, essentiellement, les poissons tiennent une place non négligeable dans cette richesse, en matière de biodiversité. La faune ichtyologique d'eaux douces de Madagascar est très riche en forme endémique (Kiener, 1963) dont les **Cichlidés** menacées d'extinction (Reinthal et Stiassny, 1991). Dans ce sens, la présente étude a été initiée pour apporter certaines connaissances sur la pêche continentale plus particulièrement les poissons endémiques entre autre *Paratilapia sp.*, à travers les différentes pratiques de la pêcherie locale afin de renforcer les mesures d'accompagnement nécessaires pour la sauvegarde et la valorisation des poissons endémiques.

2. Matériaux et Méthodes

L'étude a été menée au sein d'une pêcherie locale de la rivière d'Andranomena (650m d'altitude ; 22°29,092 latitude Est ; 46°53,424 longitude Sud), Région Ihorombe, Commune et District d'Ivohibe, pendant une durée de 5 mois allant du mois d'Août au mois de Décembre 2011. L'espèce cible concerne uniquement le *Paratilapia sp.*, une espèce endémique de la faune aquatique. Le choix des spécimens est aléatoire, sans critère d'exclusion.

Des relevés physico-chimiques journaliers, entre 7H30 et 8H30 de la matinée, ont été effectués dans la rivière d'Andranomena considérant essentiellement : 1- la température, à l'aide d'un thermomètre à mercure à 2°C de précision ; 2- le pH en utilisant un pH mètre à afficheur digital précis au décimal ; 3- et la turbidité de l'eau avec un disque de Secchi (Fao, 1992) afin d'apprécier la propriété et la qualité limnologique de l'eau. Ces trois paramètres ont été considérés pour cette étude par leurs pratiques faciles au niveau d'une pêcherie locale. La lecture des données a été arrondie au ½ décimal supérieur.

En complément, des pesées et mensurations individuelles (longueur totale) ont été effectuées sur 116 spécimens de *Paratilapia sp.*, à l'état frais au marché local d'Ivohibe, en utilisant une balance électronique à afficheur digital de 5kg de portée et 1g de précision et une règle graduée de 30cm de portée et 1mm de précision (Badts et Bertrand, 2009) (Figure 1). La lecture des données ont été arrondies au ½ décimal inférieur.

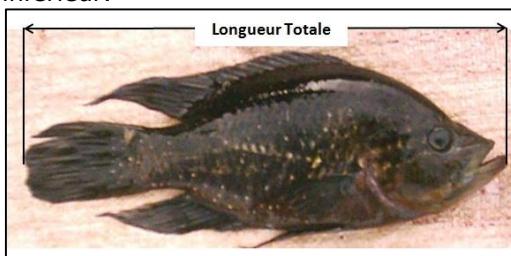


Figure 1 : Mensuration corporelle *Paratilapia sp.*

Outre la statistique descriptive élémentaire utilisée au cours de l'appréciation de la propriété et la qualité limnologique de l'eau ainsi que la caractérisation morphométrique de la population à travers l'analyse qualitative et comparative (Vessereau, 1976 ; Dagnelie, 1986), le comportement de l'espèce a été évalué à travers :

a- la relation d'allométrie traduite par la relation taille – poids pour renseigner l'état de la croissance pondérale et corporelle du poisson en occurrence la forme, l'embonpoint et les variations au cours de la croissance et aussi pour identifier les éventuelles différences susceptibles d'exister entre les unités de stock de poissons de la même espèce (Le Cren, 1951), selon l'**équation (1)** :

$$P = a (LT)^b \quad (1)$$

avec P : poids (g) et LT : longueur totale (cm). Cette relation exponentielle a été transformée sous forme linéaire selon l'**équation (2)** :

$$\log P = \log a + b \log (LT) \quad (2)$$

b- le facteur de condition (K) a été utilisé à la fois, en tant qu'indicateur de l'état physiologique du poisson (santé, bien-être et croissance) et un critère d'estimation de l'état écologique du milieu (qualité de l'habitat, qualité de l'eau, l'activité d'alimentation de l'espèce et la disponibilité des ressources trophiques) selon l'équation de Fulton (1911), **équation (3)** :

$$K = \frac{\text{Poids}}{(\text{Longueur Totale})^3} \times 100 \quad (3)$$

Les données obtenues ont été traitées avec le logiciel JMP/SAS 5.0.1.2.

3. Résultats et Discussions

Dans l'ensemble, la propriété et la qualité limnologique de la rivière d'Andranomena (zone de pêche d'Ivohibe) semble être favorable au développement et à la croissance des espèces tropicales (Tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimique de la rivière d'Andranomena

Rivière Andranomena	Moyenne (Période d'études)	Moyenne (mois Août)	Moyenne (mois Décembre)	<i>p</i>
Température (°C)	23,5±1,7	21,2±1,3 ^a	24,3±0,8 ^b	0,001
pH	6,70±0,20	6,86±0,30 ^a	6,69±0,10 ^a	0,051
Turbidité (cm)	22,90±2,30	21,80±1,10 ^a	23,30±2,50 ^b	0,03

^{a,b} : différence significative entre deux moyennes sur une même ligne non affectées du même indice ($p<0,05$)

En effet, la température naturelle de l'eau (23,5±1,7°C) permet une bonne solubilisation des matières minérales et organiques dans l'eau (Lacroix, 2004 ; Ibge, 2005). Par déduction, la teneur en oxygène dissous y est satisfaisante pour une valeur estimée variant de 8,1 à 8,8mg/l vs 3mg/l en valeur de référence limite (Balarin et Hatton, 1979 cité par Iga-Iga, 2008).

D'un autre côté, l'acidité de l'eau avoisine de la neutralité (pH = 6,7±0,02). Ce qui est conforme aux préférences des poissons d'eau douce (pH = 6 à 7,5), ainsi qu'au seuil de tolérance (pH = 6 à 8) (Filmed, 2010). De plus, le niveau de transparence de l'eau est faible (22,90±2,30cm). Ce qui renseigne sur la teneur en matières minérales et organiques en suspension dans l'eau (non solubilisées) qui est élevée conduisant ainsi à déduire que l'eau est turbide, pouvant être considérée comme étant source d'une faible densité de phytoplancton (Lacroix, 2004; Ibge, 2005; Carballo *et al.*, 2008).

Par contre, *Paratilapia sp.* de la rivière d'Andranomena est de petite taille (Longueur Totale moyenne = 8,09±2,1cm; n=116) et que la fréquence des individus en dessous de la taille réglementaire de capture (Longueur Totale = 7cm) est non négligeable (=28%) (Arrêté N° 7240/2004 du 14 Avril 2004) (Figure 2).

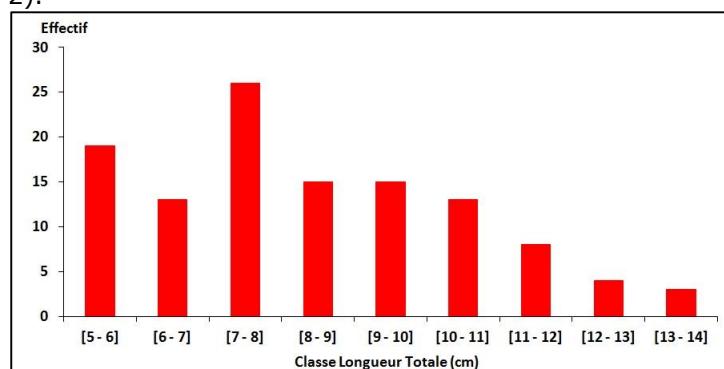


Figure 2 : Structure en taille de la population de *Paratilapia sp.*

Toutefois, la richesse trophique du plan d'eau ($K_m=1,99\pm0,35$) est acceptable permettant un accroissement pondéral avancé, par rapport à l'élargissement linéaire du corps ($b=3,344$) (Figure 3).

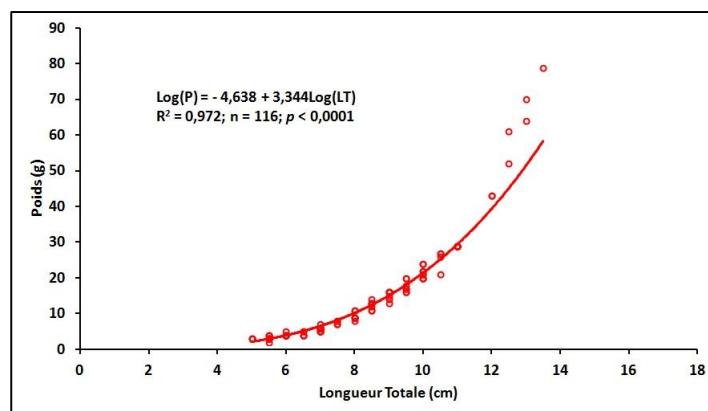


Figure 3 : Evolution du poids de *Paratilapia sp.* en fonction de la longueur totale

Dans tous les cas et suivant la situation géographique du site d'étude, la turbidité de l'eau est probablement due au charriage des sédiments des parcelles agricoles en amont de la rivière d'Andranomena. Pourtant, elle n'affecte pas la production primaire de la rivière, d'une part, grâce à la configuration du relief qui permet une faible profondeur de l'eau tout au long du cours d'eau ainsi que l'existence de la Réserve Spéciale du Pic d'Ivohibe et des forêts aux alentours identifiées comme une des sources de la rivière d'Andranomena d'autre part (wwf, 2003).

Par ailleurs, du point de vue de la gestion administrative d'une pêcherie, la rivière d'Andranomena n'est pas découpée en zone de pêche. Ce qui conduit à la définition des ressources halieutiques y existant comme étant des biens communs à accès libre. Cette catégorisation ne permet guère de meilleur suivi voire une gestion rationnelle de la pêcherie locale. Ainsi, la structure de la population de *Paratilapia sp.* étudiée permet d'apprécier la pratique quotidienne des pêcheurs. Par conséquent, il peut être déduit que la pêche traditionnelle y est d'une pratique courante en utilisant des engins de pêche manuel comme la nasse à maille très serrés correspondant ainsi à une pratique de pêche à capture sans triage. Dans ce cas, une diminution des captures risque d'être inévitable dans un futur proche (Giuliani et al., 2004). De plus, cette pratique locale n'est pas favorable au renouvellement des stocks étant donné que les poissons sont des ressources biologiques à renouvellement limité. Ainsi, une disparition des ressources risque de se produire sans mesure d'accompagnement adéquat. Toutefois, les qualités biologiques de *Paratilapia sp.*, en tant que espèce vorace, à comportement discret et à maturité sexuelle précoce (Longueur Totale = 9cm) se présentent comme étant des opportunités considérables pour la sauvegarde et la préservation en vue d'une exploitation durable de l'espèce (Kiener, 1963; De Rham et Nourissat, 2001).

4. Conclusion

La survie d'une population aquatique, voire d'une espèce dépend du maintien de son habitat. Les paramètres physico-chimique et écologique de la rivière d'Andranomena sont acceptables au développement de *Paratilapia sp.*. Dotée de grande résistances aux diverses menaces entre autre l'envasissement des espèces introduites, l'espèce risque de disparaître en absence des suivis et d'application des réglementations en vigueur par les autorités locales en matière de gestion d'une pêcherie locale (période de pêche, qualité des engins de pêche, taille minimale à la capture...) pour la sauvegarde et la valorisation des poissons endémiques.

Références

- Badts V. et Bertrand J., 2009. Guide de la mensuration des poissons, mollusques, crustacés, reptiles et mammifères marins en halieutique. Vol. 1. Accessed Mars 17.
<http://www.archimer.ifremer.fr/doc/2009/rapport/id=6237.pdf>.
- Carballo E., Van Eer A., Van Schie T., Hilbrands A., 2008. La pisciculture à petite échelle en eau douce. Agrodoc, 15, Fondation Agromisa et CTA, Wageningen, Pays-Bas, 3^{ème} Edition, 94p.
- Dagnelie P., 1986. Théorie et méthodes statistiques : applications agronomiques, Volume 2, presses agronomiques de Gembloux, 463p.
- De Rham P. et Nourissat J.P., 2001. The endemic Cichlids in Madagascar. Association France-Cichlid, 191p.
- Filmed – Forum Interrégional des Lagunes Méditerranéennes, 2010. Boîte à outil interprétation de données – V4 avril 2010, 17p.
- FAO, 1992. Manuel pour le développement de la pisciculture à Madagascar. Accessed Mars 17.
<http://www.fao.org/docrep/field/003/ab847f/AB847F00.html>
- Fulton T., 1911. The sovereignty of the sea. Edinburgh and London .In Length-weight relationship, condition factors and indices of maturity sexual: bibliographical reminders, interpretations, remarks and applications. Scientific Paper Oceanographic Research Center, 68: 143-171
- Giuliani G., De Bono A., Kluser S., Peduzzi P., 2004. La surpêche : principale menace pesant sur l'écologie maritime mondiale. Bulletin d'Alerte Environnementale n°4. PNUE, Nairobi, Kenya, 4p.
- Ibge – Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement, 2005. Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface, cadre général. Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement/Observatoire des données de l'Environnement, 16p.
- Iga-Iga R., 2008. Contribution à la mise au point d'aliments pour tilapia *Oreochromis niloticus* à base d'intrants locaux : cas du Gabon. Mémoire de fin d'études, Master Sciences Agronomiques et Agroalimentaires, Spécialité Sciences Halieutiques et Aquacoles Dominante Aquaculture, Agrocampus Ouest, Rennes, France, 39p.
- Kiener A., 1963. Poisson, pêche et aquaculture à Madagascar. Cent. Tech. Forest. Trop. Publ., 24: 216p.
- Lacroix E., 2004. Pisciculture en Zone Tropicale. GFA terra systems / GTZ. Hamburg, Allemagne, 225p.
- Le Cren E.D., 1951. "The length weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*).". Journal of Animal Ecology, 20(2): 201-209
- Reinalth P.N. et Stiassny M.L.J., 1991. The freshwater fishes of Madagascar: a study of endangered fauna with recommendations for a conservation strategy. Conservation Biology, 5(2): 231-243

- Vessereau A., 1976. La statistique. 13ème Edition, Presses Universitaires de France, 127p.
- WWF, Fonds Mondial pour la Nature, 2003. Plan de gestion et de conservation de la Reserve Spéciale du Pic d'Ivohibe, 84p.

9. Amélioration qualitative de la production de poulets de chaire de race autochtone par le biais de l'alimentation biologique

RABEMANANTSOA Flavien, Pr RALISON FARASOLO Paule Aimée, Dr RANDRIAMIALY Jean Dominique

Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement (FSTE)

I- Introduction

A Madagascar, bien que l'élevage de poulet gasy, de race locale reste encore une activité secondaire, il se développe, de plus en plus, dans la région Boeny. Les principales activités économiques de la Région sont surtout basées sur l'élevage et l'agriculture, mais les productions sont encore faibles, en particulier au niveau de l'élevage de poulet gasy producteur de chair. Il s'avère qu'actuellement, la production de chair des races importées est encore très rependue.

1- Problématique :

Cependant, des études ont montré que, plusieurs facteurs ont une influence négative sur les consommateurs de poulet de chair de race importée. En effet, l'effectif de ces consommateurs a tendance à diminuer de façon importante, car actuellement ils se tournent plutôt vers les poulets de race locale ou « Akoho gasy ».

Notre recherche est accès sur l'amélioration de la performance en production de viande du poulet gasy avec une alimentation bio.

2- Objectif général

L'intérêt de cette étude est d'évaluer les effets des valeurs bromatologiques des aliments composés sur la production de chair de poulet et sur la conservation de la rusticité des poulets « gasy ».

3- Objectif spécifique :

L'étude de cette production permet d'améliorer la valeur économique de poulet gasy par le système d'élevage bio, en utilisant les produits locaux délaissés auparavant pour se tourner vers les produits chimiques accélérateurs de croissance. L'analyse des comportements alimentaires de ces poulets permet d'une part d'apporter les corrections nécessaires en vue d'un meilleur rendement, d'autre part de respecter les normes de santé et d'environnement, et enfin d'informer les éleveurs sur l'application d'un système d'élevage amélioré afin d'obtenir une meilleure production.

II- Matériels et méthodes

1- Matériels

Les matériels utilisés durant l'expérimentation sont :

- Matériels d'élevage,
- Matériels biologiques,
- Matériels d'analyse,
- Matériels de recherche.

2- Méthodes

Notre recherche a été réalisée dans la ferme-école de l'Institut Biologie Appliquée, située dans la vitrine d'Amborovy, dans la commune Urbaine de Mahajanga I. Pour ce faire, nos expériences, ont porté sur des poulets « Gasy » de race autochtone.

L'élevage s'est déroulé pendant la saison sèche et saison de pluie au cours d'une année. Le nombre total initial de cheptel s'élève à 73 poussins locaux d'un jour. Ils sont repartis en 3 lots de 12 individus à chaque période d'expérimentation. Deux types de rations ont été adoptés sur deux lots en système d'élevage intensif. Pour le premier lot (lot 1), les cheptels sont alimentés par des aliments bio tels que maïs, son du riz, poissons d'eau douce séchés, *Moringa oleifera*, soja. Les cheptels dans le deuxième lot (lot 2) ont consommé l'aliment bio mélangé, avec des produits chimiques qui sont le Complexe Multi-Vitamine (CMV), la Lysine et la Méthionine. Le mode d'élevage du troisième lot (lot3) est extensif et considéré comme témoin.

Cette étude a permis d'évaluer les effets de l'alimentation en produit bio sur la production de chair de l'animal.

2-1- Préparation des aliments

Nous avons choisi comme source de protéines les feuilles de *Moringa oleifera*. Ce sont des légumes de bonne qualité nutritionnelle qui font partie d'un des meilleurs légumes tropicaux. Elles sont une excellente source de protéines, pour lesquelles les teneurs moyennes varient entre 19-35 % MS. Durant la préparation, leurs feuilles ont été séchées à l'ombre pour conserver les minéraux.

Ensuite, les aliments à base de soja constituent aussi la source de protéines végétales la plus couramment utilisée dans le monde pour la consommation humaine et animale, ainsi que, pour de nombreux usages industriels. Le soja est généralement transformé avant d'être inclus dans les régimes des animaux. Il est important de dénaturer les éléments antinutritionnels du soja, avant de le donner à manger aux animaux monogastriques, tels que les volailles afin de ne pas réduire la digestibilité des aliments et diminuer ainsi la performance des animaux.

Le maïs, les grains de soja déjà grillés, les feuilles de *Moringa oleifera*, les poissons d'eau douce séchés ont été broyés pour obtenir des poudres, afin de les introduire dans la formulation des aliments.

2-2- Formulation des aliments

Les formulations alimentaires ont suivi plusieurs étapes :

Premièrement, il est nécessaire de connaître les besoins et normes nutritionnels des poulets « gasy » aux stades de démarrage, croissance et finition.

Deuxièmement, nous avons calculé les valeurs bromatologiques des aliments composés.

Troisièmement, après avoir évoqué l'iso protéique, iso lipidique et iso énergétique des apports alimentaire et les besoins nutritionnels quotidiens des poulets « gasy », nous avons formulé les aliments-bio mélangés à des produits chimiques, ainsi que les aliments-bio sans produits chimiques.

2-3- Collectes des données

2-3-1 Consommation alimentaire et ambiance

La quantité d'aliment et d'eau consommés ainsi que la température (minimale, maximale) ont été enregistrées tous les jours dans une fiche de consommation alimentaire et d'ambiance.

2-3-2- Poids vif

Au cours de l'expérimentation d'une année, les poids vifs des cheptels ont été mesurés une fois par semaine. Chaque sujet a été pesé individuellement à l'aide d'une balance de précision.

Les poids respectifs des poulets « gasy » ont été enregistrés sur une fiche de pesée

2-3-3- Mortalité

Les cas de mortalités ont été enregistrés dans une fiche de mortalité.

2-4- Calcul des variables zootechniques

❖ Consommation alimentaire individuelle (Ci)

Quantité d'aliment distribuée (g)/période – quantité d'aliment refusée (g)/période

$$Ci = \frac{\text{Durée de la période} \times \text{Nombre de sujets}}{\text{Gain de poids (g)} \text{ pendant une période}}$$

Durée de la période x Nombre de sujets

❖ Gain moyen quotidien (GMQ)

A l'aide des mesures hebdomadaires de poids, nous avons calculé le gain moyen quotidien en faisant le rapport du gain moyen pendant une période sur la durée en jours. Il est exprimé en grammes.

Gain de poids (g) pendant une période

$$GMQ = \frac{\text{Gain de poids (g)} \text{ pendant une période}}{\text{Durée de la période (jours)}}$$

Durée de la période (jours)

❖ Indice de consommation (IC)

Il a été calculé en faisant le rapport de la quantité moyenne d'aliment consommée pendant une période sur le gain de poids moyen pendant une période.

Quantité d'aliment consommée pendant une période (g)

IC = _____

Gain de poids durant la période (g)

❖ **Taux de mortalité (TM)**

Le taux de mortalité est le rapport du nombre de morts enregistrés pendant la période d'élevage sur l'effectif total, exprimé en pourcentage (%).

Nombre de morts au cours d'une période

$$TM = \frac{\text{Nombre de morts au cours d'une période}}{\text{Effectif total durant la période}} \times 100$$

Effectif total durant la période

2-5- Analyses statistiques des données :

Les données collectées, ainsi que les calculs effectués ont fait l'objet d'un traitement statistique à l'aide du logiciel SPSS.

Les méthodes d'évaluation consistent à effectuer les analyses de conversion de la ration sur les gains de poids des animaux, l'efficacité permanente, l'impact économique sur les éleveurs, les analyses sensorielles des chairs animales sur les trois lots, et des analyses bromatologiques des aliments formulés.

III- Résultats

Les résultats des performances zootechniques concernant les gains de poids moyens sur 16 semaines montrent que la production carnée à partir de l'alimentation-bio et les aliments à base de produits chimiques sont presque similaires. La masse pondérale d'un mâle dans le lot 1 est de 2300g et celle dans le lot est de 22280g. Pour la femelle, elle est de 1740g pour le lot 1 et 1745g pour le lot 2. Dans le lot 3 témoins, le mâle pèse 900g tandis que la femelle 720g. Les résultats des analyses sensoriels ont montré que la qualité de chair de l'animal qui consomme le produit bio est meilleure par rapport au lot 2 ainsi que le lot 3 témoin.

Le gain moyen quotidien nous montre que du début jusqu'aux sixières semaines, leurs GMQ sont presque similaires (3 à 20g/j). Tandis que de la 6^e semaine jusqu'à la fin de l'expérience leurs GMQ sont différents (20 à 30g/j).

Les résultats ont montré qu'au milieu de la période d'expérimentation (6^e à 11^e semaines), les indices de consommation (IC) sont similaires, tandis qu'au début (1^e à 5^e semaines) et à la fin de l'expérimentation (7^e à 16^e semaines) l'IC sont différents.

Pour la consommation d'eau, les poulets du lot 2 consomment beaucoup plus d'eau que ceux du lot 1.

IV- Discussion

Les résultats nous montrent qu'il existe un équilibre entre les aliments composés et leurs valeurs bromatologiques. Pour ce faire, il convient que les normes entre les apports alimentaires et les besoins nutritionnels quotidiens des poulets « gasy » suivent les conditions d'éthiques dans l'élevage animales et sur la santé des consommateurs.

Dans ce sens, en se référant à la comparaison de la situation actuelle, les poulets de chair « gasy » tendent à confirmer sa bonne compatibilité avec l'environnement.

V- Conclusion

En conclusion, les résultats obtenus au cours de cette recherche mettent en évidence les faits les plus marquants permettant d'améliorer et d'innover le système d'élevage des poulets « gasy ». De ce fait, les résultats que nous avons obtenus, en se référant à la situation actuelle concernant les poulets de chair « gasy », tendent à confirmer sa concordance avec le développement de l'économie. Toutefois, cette tendance ne peut s'affirmer qu'avec l'utilisation d'une alimentation saine et biologique.

La suite de cette recherche sera d'inclure une étude permettant de préserver le patrimoine génétique du poulet « gasy » autochtone.

ECOSYSTEMES

10. Enherbement des rizières et pratiques paysannes de lutte dans le périmètre rizicole d'Ambohibary Sambaina (Région Vakinakaratra)

ANDRIAMAHEFA N. Tokiniaina¹, RANDRIAMAMPIANINA J. Augustin²

1 : Ingénieur Agronome, Département de Recherche Rizicole, FOFIFA/Antananarivo, Madagascar 2 : Weed Scientist, FOFIFA /Département de Recherche Rizicole, Antananarivo, Madagascar.

La grande plaine rizicole d'Ambohibary figure parmi les grandes plaines rizicoles de la grande île. La riziculture irriguée dans cette zone subit aussi des problèmes d'enherbement important. Cette étude vise à connaître la situation d'enherbement des rizières et les différentes méthodes de lutte pratiquées dans cette plaine ainsi que leur efficacité et leur rentabilité. Deux relevés floristiques, avant et après le désherbage, sur 90 parcelles et des enquêtes auprès des exploitants concernant les différentes conduites culturelles et les méthodes de lutte ont été effectués pour atteindre ces objectifs. Cette étude a permis de recenser un nombre total de 25 espèces de mauvaises herbes appartenant à 20 genres et 10 familles. La flore adventice est largement dominée par les espèces suivantes : *Echinochloa colona*, *Echinochloa crus-galli*, *Leersia hexandra*, *Scirpus juncoïdes* et *Potamogeton nodosus*. Les pratiques agronomiques comme le labour d'arrière-saison, la rotation culturelle, la gestion de l'eau, le mode de repiquage contribuent indirectement à diminuer le niveau d'enherbement. Trois types de méthodes de lutte curative sont pratiqués dans cette plaine : un seul sarclage à la houe rotative, deux sarclages à la houe rotative intercalés d'un sarclage à la main et trois passages de la houe intercalés de deux sarclages à la main. Cette dernière méthode ne donne aucun effet significatif par rapport à la deuxième qui apparaît comme la plus rentable. Tant que les mauvaises herbes ne sont pas maîtrisées avec le sarclage, l'intensification de la riziculture reste bloquée.

Mots clés : Flore adventice, relevé floristique, arrachage manuel, sarclage à la houe, riziculture irriguée.

I. INTRODUCTION

Le riz est la céréale la plus cultivée dans le monde et à Madagascar. Il constitue l'aliment de base et la céréale exceptionnelle pour les Malgaches. La riziculture, par conséquent, est une activité de production dominante, mais c'est une culture minutieuse qui exige beaucoup de travail. Elle requiert, en saison chaude, la plus grande partie du temps de travail des paysans (Bonnemaison, 1970 ; Labraba, 2005).

Cependant, le rendement du riz reste généralement faible dans la Grande île. Cette faiblesse du rendement rizicole est le résultat des différentes contraintes culturelles, notamment le non-respect du calendrier culturel et des différentes techniques culturales lié aux problèmes d'eau et de manque de moyens financier et matériel ainsi que l'infestation des maladies et des mauvaises herbes.

Une des contraintes les plus redoutables de la riziculture est l'infestation des plantes adventices. La non maîtrise des mauvaises herbes entraîne des pertes significatives de rendement (Hannachi, 2010). L'objectif d'augmenter le niveau quantitatif et qualitatif de la production est loin d'être atteint, sans l'adoption de méthodes de lutte efficaces contre l'enherbement. C'est pour cette raison que la présente étude a été menée. Elle pose comme question centrale : les pratiques de lutte actuelles permettent-elles aux riziculteurs dans la plaine d'Ambohibary de contrôler l'enherbement des rizières ?

II. MATERIELS ET METHODES

1. Zone d'étude

L'étude a été menée durant la campagne rizicole de 2014 – 2015 dans le périmètre rizicole d'Ambohibary Sambaina qui est l'un des grandes plaines rizicoles de Madagascar. Ce périmètre est reconnu sur les Hautes Terres, pour la pratique généralisée du repiquage en ligne permettant l'utilisation de la houe rotative pour le sarclage du riz.

L'échantillonnage des sites et des parcelles a été basé sur l'accès à l'eau d'irrigation et la date repiquage. Ainsi trois sites ont été sélectionnés pour cette étude : Tsaramody (en aval), Morarano et Sahabe (en amont).

2. Relevés floristiques

a. Identification des mauvaises herbes

L'identification des plantes adventices présentes dans le périmètre a été effectuée au stade adulte. Les critères d'identification se posent sur les caractéristiques des feuilles, du port de la plante, des organes souterrains et des inflorescences. L'identification a été effectuée avec les documents sur la flore de Madagascar. Des échantillons d'herbier ont été confectionnés pour assurer l'identification au laboratoire à Antananarivo.

b. Quantification de l'enherbement

Quatre-vingt-dix parcelles ont été observées au cours de cette étude. Pour chaque parcelle, deux relevés floristiques (avant et après toutes interventions de désherbage) ont été effectuées, afin de suivre l'évolution de la composition floristique et du niveau d'enherbement.

D'abord, une estimation de recouvrement global des adventices a été réalisée. Ensuite, l'inventaire floristique est effectué. La technique employée pour l'inventaire floristique est celle du tour de champs qui permet de recenser toutes les espèces présentes et mieux prendre en compte l'hétérogénéité de la parcelle (Chicouène, 2014). Une note correspondant au pourcentage de recouvrement au sol, selon l'échelle de notation de Commission des Essais Biologiques revue par Marnotte (1984) est attribuée à chaque espèce notée.

c. Relevé des données sur les pratiques paysannes de lutte contre les mauvaises herbes

Les données ont été collectées auprès de 90 riziculteurs propriétaires des parcelles observées qui se répartissent dans les mêmes sites d'étude : Sahabe, Morarano et Tsaramody. Une enquête a donc été effectuée auprès de ces riziculteurs, pour connaître les méthodes pratiquées, le temps de travail et le coût du désherbage au cours d'un cycle de riziculture. Elle a permis d'évaluer le coût et la rentabilité des différentes pratiques de désherbage dans le périmètre.

d. Evaluation des rendements

Le principe de mesure de rendement consiste à délimiter une surface de $3 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 12 \text{ m}^2$ répétée trois fois dans chaque parcelle observée. Les grains obtenus dans cette petite parcelle ont été pesés après avoir passés au séchage rapide.

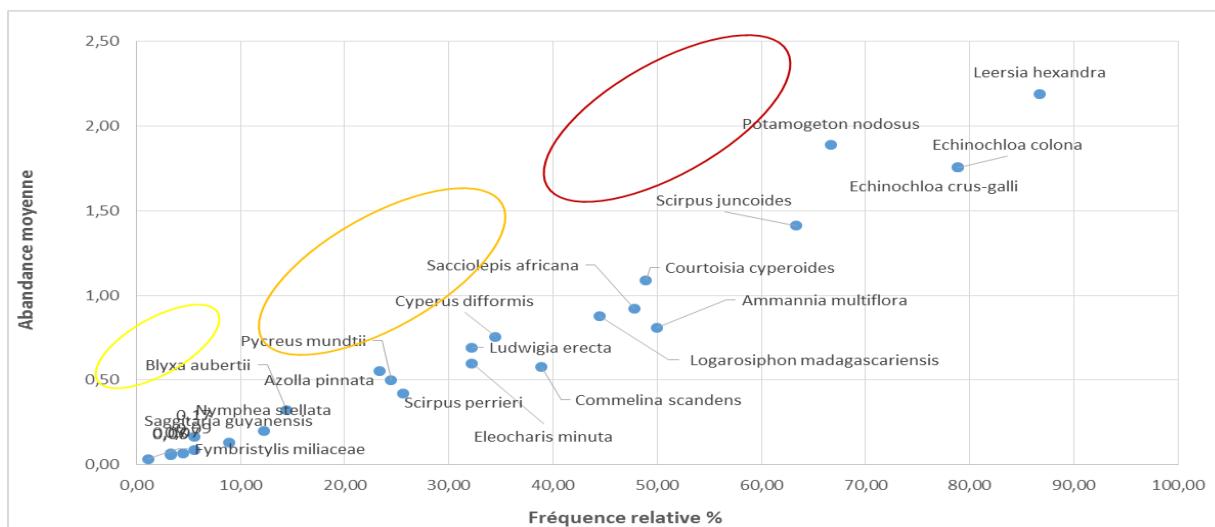


Figure 28 : Proportion des familles de mauvaises herbes ($n = 90$)

e. Paramètres analysés pour l'étude d'enherbement

L'abondance et la fréquence sont les paramètres les plus efficaces pour mesurer le degré d'infestation des cultures par les mauvaises herbes (Barris, 1976 ; Bouhache et Boulet, 1984 ; Traoré et Maillet, 1998 in Hannachi, 2010). L'analyse floristique quantitative permet de déterminer l'importance agronomique des différentes espèces en fonction de leur fréquence relative dans 90 relevés avant et après les opérations de désherbage et de leur abondance moyenne calculée pour les relevés contenant l'espèce (Le Bourgeois, 2002). Elle permet d'analyser le degré d'infestations des espèces (Hannachi, 2010). Les espèces rencontrées peuvent être classées en trois groupes selon leur fréquence et leur abondance. Pour désigner les principales mauvaises herbes, on attribue la priorité à la fréquence d'une espèce donnée dans la région d'étude, tout en prenant en considération son abondance.

III. Résultats et discussions

a. Richesse floristique

Le nombre total d'espèces enregistrées sur l'ensemble des relevés floristiques, pendant le relevé est de 25. Ces espèces de mauvaises herbes se répartissent en 10 familles et 20 genres.

La flore adventice est largement dominée par les Cypéracées qui comptent 9 espèces et représentent les 36% des mauvaises herbes répertoriées. Les Graminées ou Poacées viennent après avec 6 espèces soit près de 24% des espèces enregistrées. Les Hydrocharitacées représentent les 12% de la flore totale et ne contient que trois espèces. Ces résultats confirment les résultats obtenus par Randriamampianina (1984).

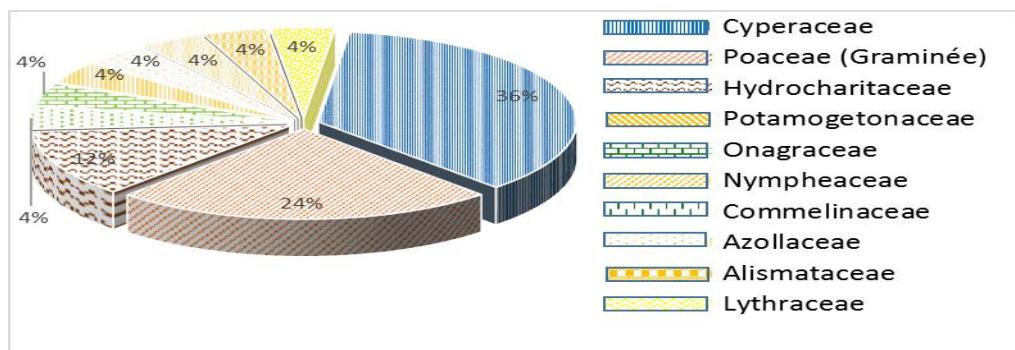


Figure 29: abondance moyenne et fréquence relative dans l'ensemble de zone d'étude (n=90)

La richesse floristique pour l'ensemble des relevés à l'échelle parcellaire est en moyenne de 8 à 10 espèces

b. Répartition des espèces selon la fréquence et l'abondance moyenne

Espèces très fréquentes et abondantes

Ce groupe est composé des espèces qui sont présentes dans plus de 50% des parcelles observées avec une abondance moyenne > 1,50 et une fréquence relative > 50 % : *Leersia hexandra* (graminée pérenne), *Echinochloa crus-galli*, *E. colona* (graminée annuelle), *Potamogeton nodosus* (espèce pérenne), et *Scirpus juncoides* (cypéracée annuelle). Ces espèces représentent 24 % de l'ensemble des espèces recensées.

E. colona et *E. crus-galli* (Tsiparifary) sont présentes dans plus de 75% des parcelles observées. Du point de vue morphologique, elles ressemblent totalement aux plants de riz avant la floraison. Ce sont des espèces annuelles précoces et très compétitives (Husson et al., 2010). Ces espèces ont une croissance vigoureuse et s'adaptent bien à l'écologie des rizières irriguées. Quant à *P. nodosus*, c'est une espèce aquatique pérenne capable de se multiplier par voie végétative et par graines. Elle se développe le plus souvent dans les sols argileux fertiles (Randriamampianina, 1987). Ces trois espèces constituent à l'heure actuelle un véritable fléau de la riziculture à cause de leur grand pouvoir multiplicateur d'une part et de leur croissance rapide d'autre part. La capacité de reprise rapide de cette dernière après les opérations de désherbage mérite d'être mentionnée.

c. Pratique de lutte contre les mauvaises herbes

Arrachage manuel

Cette technique consiste à éliminer manuellement les plantes adventices. Elle convient surtout aux adventices en touffes qui ne repoussent pas à partir des rhizomes. Ainsi, les rhizomes et les tubercules, des espèces pérennes donnent rapidement des après le sarclage. Il faut donc intervenir plusieurs fois au cours de la campagne pour obtenir quelques résultats.

Désherbage à la houe rotative

Cette pratique consiste à supprimer les plants de mauvaises herbes, entre les lignes de plants de riz, en utilisant la houe rotative ou la sarcluse. Cependant l'utilisation de ce matériel de désherbage demande une certaine force physique. Ainsi, cette pratique est réservée aux hommes. Cette opération requiert aussi la pratique du repiquage en ligne. Dans le repiquage en ligne simple, le passage de la houe rotative se fait dans la direction de la ligne. Cependant, la sarcluse peut aller dans tous les sens si le repiquage est fait en ligne carrée. Beaucoup de riziculteurs dans le périmètre d'Ambohibary pratiquent le repiquage en ligne carrée.

Les agriculteurs pratiquent le désherbage à la houe avec trois ou quatre répétitions si la parcelle est trop enherbée. En général, la première intervention des riziculteurs pour le sarclage à la houe rotative se situe entre 15 à 20 jours après le repiquage. L'arrachage manuel est effectué une semaine après. Le deuxième passage de la houe rotative se situe à 15 jours après ce dernier, suivi du troisième passage de l'outil à 15 jours après, si le niveau de salissement reste encore élevé. Plus précisément le sarclage manuel se fait toujours entre deux sarclages à la houe.

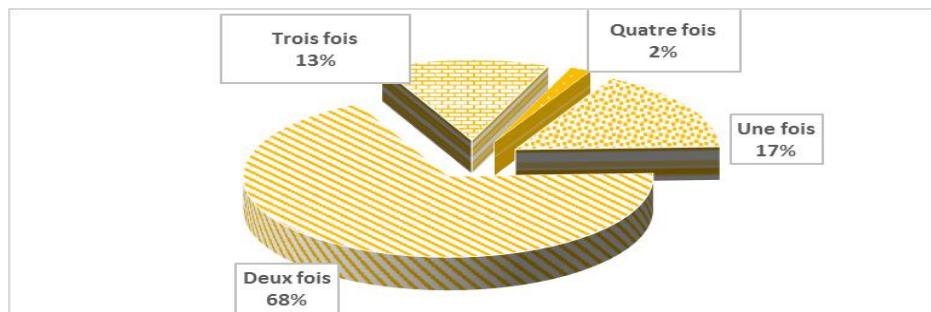


Figure 30: Intensité de sarclage mécanique (n=90)

d. Coût et temps utile de désherbage

Nous avons choisi d'analyser la situation pendant que les ouvriers réalisent les travaux d'entretien avec leurs propres matériels. Le temps de travail a été noté ainsi que le salaire journalier selon la déclaration des salariés.

Tableau : Coût de sarclage pour une surface de 3,5 ares (surface moyenne travaillée/ HJ)

Fréquence de sarclage	Coût total (Ar)	Temps Utile (J)
Une fois	4 000	1
Deux fois	13 000	4
Trois fois	22 000	7

e. Effets du désherbage sur l'enherbement

L'enherbement moyen des parcelles, avant le désherbage, qui ne subissent qu'un seul passage de la houe rotative, est de 61,82 %. Ce niveau d'enherbement est assez important, en raison du retard de l'intervention de lutte. Un seul passage à la houe rotative n'est pas suffisant pour lutter contre l'enherbement des rizières parce qu'une augmentation de 6,36 % du niveau d'enherbement est observée après le sarclage (68,18 %).

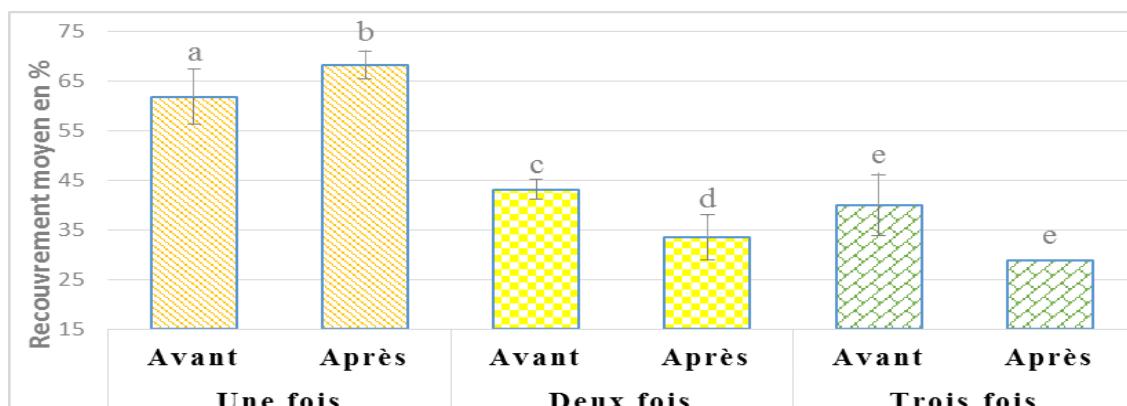


Figure 4 : Effets de désherbage sur l'enherbement global (n=90)

Deux passages de la houe rotative et un seul sarclage manuel permettent de diminuer de 9,58 % le niveau d'enherbement d'une rizière. Cette différence entre les moyennes de recouvrement (avant et après) est significative ($F = 20,44$; $P = 0,005$). Cette faible différence s'explique par la reprise rapide des espèces pérennes après chaque intervention de désherbage.

Si l'intensité de sarclage augmente, le niveau d'enherbement est inversement proportionnel. Un agriculteur espérant pratiquer plusieurs sarclages (plus de deux fois) doit intervenir précocement (15 jours après repiquage). De ce fait le niveau d'enherbement avant sarclage est assez faible.

Selon Rodenburg et al., (2012) : « En général, deux ou trois désherbagages manuels pratiqués au bon moment constituent une méthode efficace. Quoique consommatrice de temps et d'énergie ; ce moyen de lutte réduit la concurrence avec la culture, mais aussi limite l'accroissement de la population de mauvaises herbes pour les saisons à venir. »

Dans notre cas, l'efficacité du désherbage manuel est un peu limitée en raison de l'infestation des espèces pérennes (*L. hexandra*, *P. nodosus*, ...).

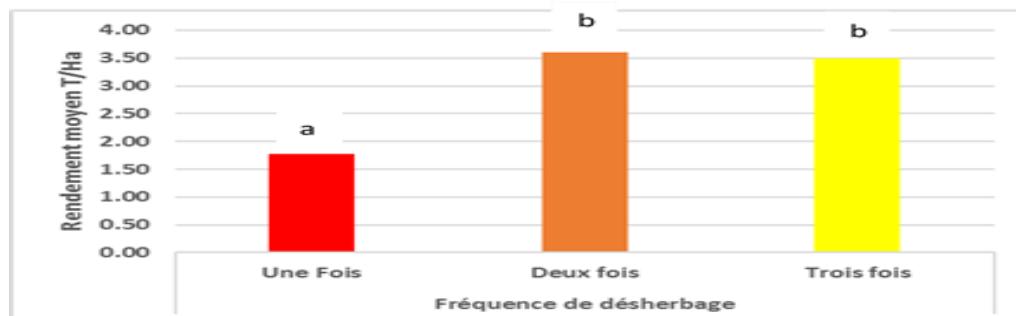


Figure 5 : Rendement obtenu en fonction de la fréquence de désherbage

f. Rendement obtenu en fonction du nombre de sarclage

D'après la figure 6, la pratique d'un seul sarclage durant le cycle cultural permet d'obtenir un faible gain de rendement (1.6 T/Ha). La deuxième méthode (deux sarclages à la houe rotative avec un sarclage à la main complémentaire) est la plus efficace et la plus rentable.

Ces résultats confirment que la non maîtrise des adventices entraîne une diminution significative de rendement (Hannachi, 2010), autrement dit, un seul passage de sarcluse ne suffit pas pour contrôler les mauvaises herbes surtout si celui-ci est en retard. Deux sarclages à la houe au bon moment complétés par un arrachage à la main permettent d'avoir un rendement relativement élevé comparable à la méthode qui consiste à faire trois sarclages à la houe et deux arrachages à la main.

IV. Conclusion

Cette étude menée pendant la campagne rizicole 2014/2015 dans la plaine rizicole d'Ambohibary, nous a permis de connaître la composition de la flore des mauvaises herbes des rizières et l'importance relative des espèces. Elle nous a également permis de décrire les méthodes paysannes de lutte et d'évaluer leur efficacité et leur rentabilité. La flore de mauvaises herbes dans le périmètre d'étude comprend 25 espèces réparties en 20 genres et 10 familles. Trois familles botaniques à savoir les Poaceae, les Cyperaceae et Hydrocharitaceae sont les plus dominantes. Les agriculteurs qui font deux désherbages à la houe rotative complétée par un arrachage à la main obtiennent un rendement élevé comparé à ceux qui pratiquent trois désherbages à la houe et deux arrachages à la main. Cette pratique est donc efficace et la plus rentable. Mais l'intervention doit se faire avant que les adventices n'aient eu le temps de concurrencer significativement la culture en tenant compte du fait que toutes les mauvaises herbes n'apparaissent pas de façon simultanée.

Références :

- Bonnemaison J., 1970, *des riziculteurs d'altitude tsarahonenana, villa de l'ankaratra*.
- Labraba, 2005, Gestion des mauvaises herbes pour les pays en développement : *tendances actuelles de la gestion des mauvaises herbes*, p. 265-277.
- Hannachi A., 2010, *Etude des mauvaises herbes des cultures dans la région de batna: systématique, biologie et écologie*, université ferhat abbas-sétif (algérie).
- Chicouene D., 2014, *méthode descriptives des peuplements végétaux (et de la végétation)*, p. 8.
- Barralis, Jean Pierre, Lonchamp et Gilbert,. 1988. *Caractéristiques et dynamique des mauvaises herbes en région de grande culture: le Noyonnais (Osie)*, : EDP Science, 1988.
- Bourgeois T.et Marnotte P. 2002, lutte contre les mauvaises herbes tropicales, p. 22.
- Randriamampianina J., 1990, *Lutte contre les amuvaises herbes en riziculture au Lac Alaotra*, Antananarivo, Centre National De Recherche Appliquée Au Développement Rural (Fofifa).
- Randriamampianina J., Et Al. 1996, *Analyse diagnostix des problèmes de l'enherbement et du désherbage dans les systèmes de culture du sud-ouest de Madagascar*. Tuléar : convention projet sud-oeuest cnetre régional du FOFIFA a Tuléar.
- Rodenburg J., 2012, *Gestion des adventices dans les systèmes rizicoles des bas-fonds en Afrique*, Cotonou, Cirad-Africarice Eds.
- Rodenburg J., 2012, *Gestion des graminées vivaces dans les riz irrigués ou des Bas-Fonds* : Cirad-Africarice, African Weeds Of Rice Montpellier, Vol. I, P. 2.
- Rodenburg J., 2012, *Gestion des graminées annuelles, mauvaises herbes, dans les riz de bas-fonds*. S.L. : Africarice Center, P. 4.

11. Etude de l'environnement aquatique des Poissons dans le District de Fianarantsoa I, Madagascar

TANAMASOANDRO Rakotovao.Nirina^(a), RABIALAHY M. P. ^(a), RAKOTOARIMANANA R.^(a), RAJAONARISON J. L. ^(a), RANDRIANOMENJAHARY H. J ^(a), RASOLOHERY C. A.^(b) , RAKOTOZAFY J. C. R. ^(a)

^(a) Laboratoire de Biologie Moléculaire– Université de Fianarantsoa, ^(b) Laboratoire Plante – Santé Fianarantsoa

RESUME

Ce travail est axé sur l'étude de l'environnement aquatique au cours de l'élevage des poissons d'eau douce. Il a pour objectif de diminuer le risque sanitaire de contamination aux consommateurs. Des caractéristiques environnementales des eaux de surface du Lac Anosy et de la rivière de Mandranofotsy ont été étudiées. L'analyse des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux a été également conduite *in situ* et au laboratoire, à partir des échantillons des eaux de sites. Les résultats ont pu montrer que ces paramètres sont favorables à la survie des poissons, cependant la présence des Coliformes fécaux dans l'eau indique une contamination fécale d'origine humaine et animale. Ainsi, Il est fortement conseillé aux éleveurs de considérer cette éventualité de contamination des consommateurs.

Mots clés : Physico-chimie - Bactériologie - Eau de site - Poissons - Fianarantsoa - Madagascar

INTRODUCTION

La pisciculture représente une activité génératrice de revenu actuellement en ascension dans le monde de l'agronomie. C'est l'un des secteurs porteurs sur le plan nutritionnel, qui concerne 5.3% des exploitations agricoles totales. De nombreux ménages survivent aux dépens de ces ressources qui restent menacés et conduisent au déséquilibre écosystémique lié aux activités humaines et à l'assainissement inadéquat.

L'Objectif est de déterminer les conditions environnementales favorables à la survie des poissons.

I. MATERIELS ET METHODES

1. Localisation des sites d'étude :

La rivière Mandranofotsy se trouve au Sud-ouest de la ville de Fianarantsoa. Elle provient d'Andoharanomaintso, traverse la Commune de Soaindrana et la Commune Urbaine de Fianarantsoa à Ankidona et à Antsaharoa. Elle a une liaison phréatique avec le lac Anosy et une liaison superficielle entre eux lors de la survenue des crues. Mandranofotsy est affluent de la Matsiatra principale rivière traversant la Région Haute Matsiatra dans la carte hydrologique de Madagascar [1].

2. Conduite de l'étude :

Une étude macroscopique par observation directe des aspects environnementaux des eaux de surface stagnante du Lac Anosy et courante de la rivière de Mandranofotsy a été menée. Cette étude est suivie des analyses physico-chimiques et microbiologiques des eaux en identifiant les éléments microbiologiques dont les polluants fécaux.

II. RESULTATS ET DISCUSSION

Site au Lac Anosy

1. Les Caractéristiques du Lac Anosy :

Le lac Anosy est une vallée attrayante et également un lieu de pisciculture, de loisir, zone de recréation et d'aires de jeu. Il se situe au versant Ouest d'Ambozontany (Ville Haute). C'est un point terminal des différents bassins versants. Toutes les eaux souterraines et aériennes s'y déversent en toutes saisons.

Au cours d'une inondation, les eaux de la rivière Mandranofotsy débordent et rejoignent ce lac. Plusieurs plantes aquatiques sont présentes, telles les bananiers d'eau douce, les plantes hydrophiles et les mousses. Macroscopiquement, l'eau du lac stagnée est verdâtre qui pourrait être due par l'abondance des plantes hydrophiles et des mousses dans l'eau et des herbacées qui l'entourent. Des carpes et Tilapia sont les espèces qui y sont élevées.

2. Les paramètres physiques du Lac Anosy :

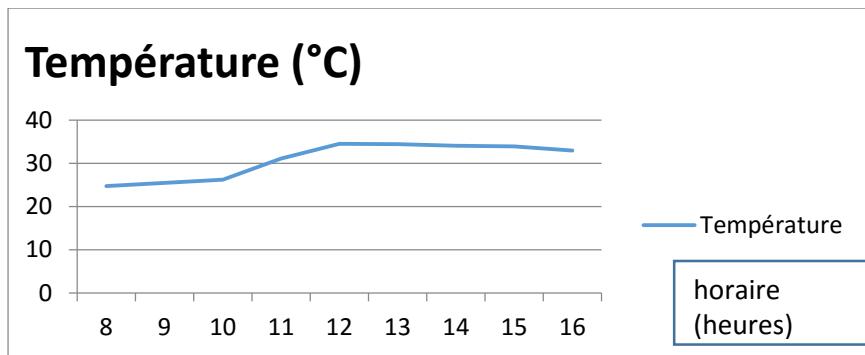
Tableau 1: Résultat des paramètres physiques de l'eau du Lac Anosy *in situ*

Horaire de prélèvements	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h
Conductivité moyenne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	281,66	285,66	263,33	278,00	294,00	293,33	291,00	287,33	291,00
pH moyen	10,15	10,66	10,54	10,60	10,78	10,45	11,63	11,65	12,02

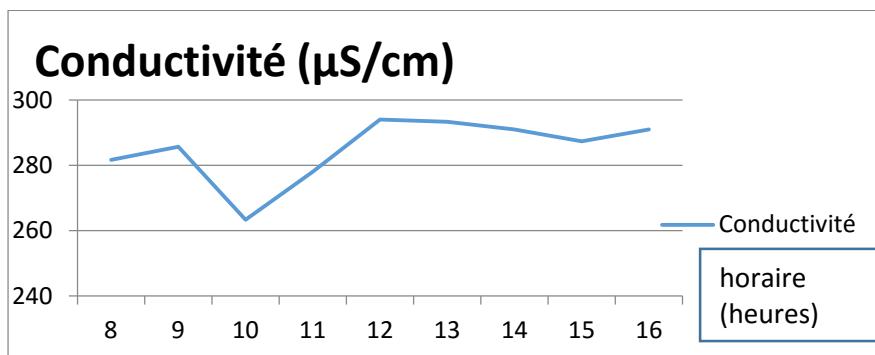
Température moyenne (°C)	24,76	25,46	26,20	31,10	34,53	34,46	34,06	33,90	33,00
---------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

La conductivité de l'eau du lac varie entre $263\mu\text{S}/\text{cm}$ à $294\mu\text{S}/\text{cm}$. En moyenne, le lac a une conductivité de $285,03\mu\text{S}/\text{cm}$. Cette conductivité montre l'existence des ions nécessaires à la survie des microorganismes pathogènes qui nourrissent les poissons en outre que les plantes. A partir de 10 heures, la conductivité baisse brusquement et reprend sa croissance dès 11heures jusqu'au pic à 12heures et rediminue à 13heures jusqu'à ce qu'elle remonte à 16 heures.

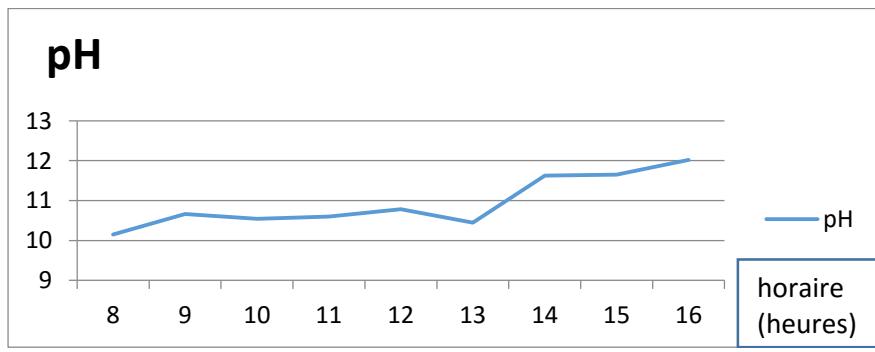
A 12 heures, elle atteint $294\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une température maximale de $34,53^\circ\text{C}$. Le pH ou le potentiel d'Hydrogène est basique. Il est supérieur à 10 durant tous les essais.



GRAPHE 1 : Variation de la température de l'eau du Lac



GRAPHE 2 : Variation de la conductivité de l'eau du Lac Anosy



GRAPHE 3: Variation du pH de l'eau du Lac

3. Les paramètres chimiques de l'eau du Lac Anosy :

Tableau 2: Résultat des analyses chimiques de l'eau du Lac Anosy au Laboratoire

Eléments chimiques	Valeur
Chlorure (mg/l)	94,00
Sodium (mg/l)	93,20
Sulfate (mg/l)	67,50
Fer (mg/l)	1,05
Dureté (mg/l)	93,20
Turbidité (NTU)	64,20
Carbonate (mg/l)	168,00

Nitrate (mg/l)	80,09
Nitrite (mg/l)	1,81
Ammonium (mg/l)	1,87

Par rapport à la norme de l'OMS, les quantités du Fer total, de la turbidité, de l'ammoniac, de la nitrite, du nitrate sont largement supérieures à la norme. La turbidité de 64,2 NTU montre le taux élevé de la présence des matières en suspension et en matières organiques (MO) dans ce lac. L'eau est dure avec la valeur de 93,2mg/l en Carbonate de Calcium (CaCO₃). La quantité de chlorure dissoute est de 94mg/l. Les microorganismes pathogènes peuvent ainsi vivre dans le lac.

4. Les paramètres microbiologiques des échantillons d'eau du Lac

Tableau 3 : La qualité microbiologique de l'eau du Lac Anosy

Paramètres bactériologiques	Normes	Nombre de germes trouvés
Coliformes thermo-tolérants <i>Escherichia coli</i>	0 /100ml	30 germes/100ml
Streptocoques féaux	0 /100ml	28 germes/100ml
<i>Clostridium</i> Sulfitoréducteur	< 2 /20ml	05 germes/20ml

Les analyses microbiologiques de l'eau du lac Anosy montrent la présence significative des Coliformes thermo-tolérants *Escherichia coli* (30 germes / 100ml), des Streptocoques féaux (28 germes / 100ml) et des *Clostridium* Sulfito - réducteurs (5 germes / 20 ml). Cette particularité de la qualité microbiologique serait due au milieu enclavé de forme cuvette subissant de plusieurs déversements de déchets et au confinement de l'eau à l'intérieur du lac [2].

Site de Mandranofotsy

1. Les Caractéristiques de Mandranofotsy :

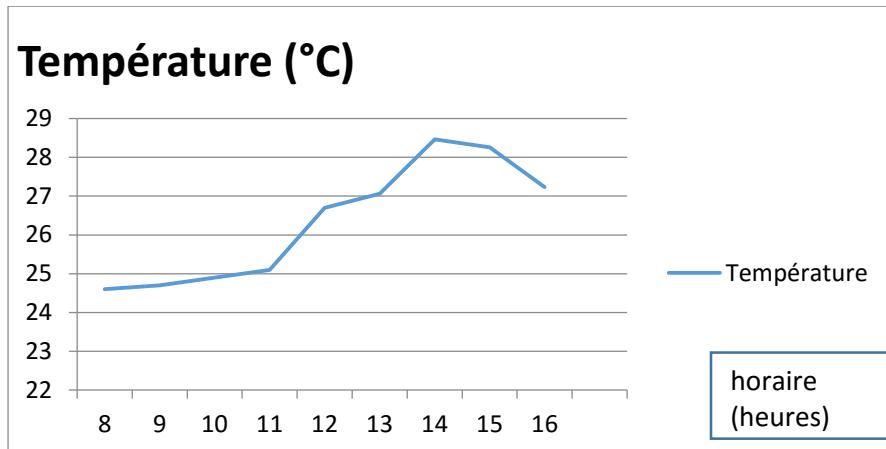
Pour la rivière de Mandranofotsy, diverses plantes aquatiques poussent au bord de la rivière comme des roseaux ainsi que des plantes rhizomateuses à fixations fortes et vigoureuses, flottantes et fixées au fond du sol.

2. Les Paramètres physiques de Mandranofotsy :

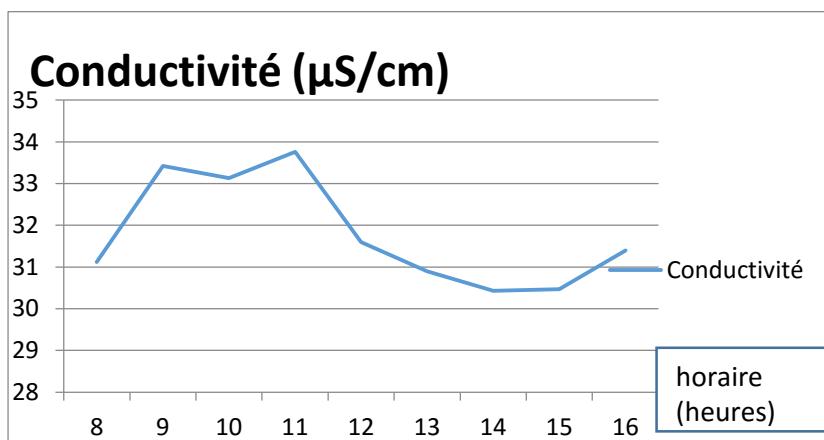
Tableau 4: Résultat des paramètres physiques de l'eau de Mandranofotsy in situ

Horaire de prélèvements	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h
Conductivité moyenne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	31,12	33 ,42	33,13	33,76	31,60	30,90	30,43	30,47	31,40
pH moyen	8,01	7,69	7,71	8,16	8,05	8,00	8,06	8,40	8,21
Température moyenne ($^{\circ}\text{C}$)	24,60	24,70	24,90	25,10	26,70	27,06	28,46	28,26	27,23

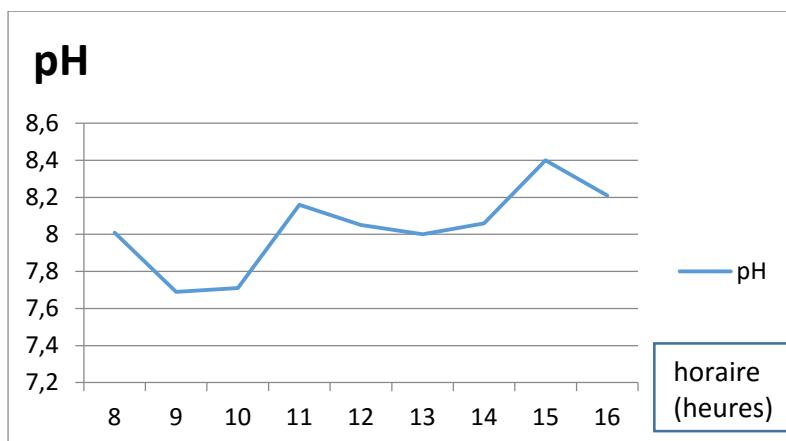
La valeur de la conductivité maximale est de 33.76 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Le pH est neutre correspondant à la norme des eaux naturelles [3].



GRAPHE 4 : Variation de la température de la rivière



GRAPHE 5 : Variation de la conductivité de Mandranofotsy



GRAPHE 6 : Variation du pH de la rivière

3. Les Paramètres chimiques de Mandranofotsy :

Tableau 5: Résultat des analyses chimiques de l'eau de Mandranofotsy au Laboratoire

Eléments chimiques	Valeur
Chlorures (mg/l)	4,20
Sodium (mg/l)	4,01
Sulfate (mg/l)	3,00
Fer (mg/l)	0,005
Dureté (mg/l) en CaCO₃	88,00
Turbidité (NTU)	3,080

Carbonate (mg/l)	38,00
Nitrate (mg/l)	5,60
Nitrite (mg/l)	0,08
Ammonium (mg/l)	0,07

Tous les éléments chimiques de l'eau sont en dessous des normes. Des carences en différents éléments indispensables sont observées.

4. Les paramètres microbiologiques des échantillons d'eau de Mandranofotsy

Tableau 6 : La qualité microbiologique de l'eau de Rivière de Mandranofotsy

Paramètres bactériologiques	Normes	Nombre de germes trouvés
Coliformes thermo-tolérants <i>Escherichia coli</i>	0/100ml	21 germes/100ml
Streptocoques fécaux	0/100ml	12 germes/100ml
<i>Clostridium</i> Sulfitoréducteur	<2/20ml	ABSENT

Les indicateurs de contamination fécale sont révélés par la présence d'*Escherichia Coli* (21 germes / 100ml) et Streptocoques fécaux (12 germes /100ml). Par contre, le *Clostridium* sulfito-réducteur est absent. Ce dernier provoque des diarrhées d'intensité relativement grave et des troubles intestinaux [4].

III. CONCLUSION

Cette étude montre que les paramètres étudiés sont favorables à la survie des poissons mais le risque de contamination de l'eau est **significatif**, cette situation ne sécurise guère les consommateurs aux risques sanitaires. La majorité des éleveurs ne connaissent pas l'importance écologique au cours de la pisciculture d'où l'importance de l'éducation environnementale et de l'assainissement adéquat.

RÉFÉRENCES

- [1]. Monographie de la Région Haute Matsiatra, 2014
- [2]. Niveau de risques pathogènes liés à la contamination fécale OMS, 2003
- [3]. Directives malgaches relatives à la qualité de l'eau au niveau des points d'eau. UGP ACORDS, 2006
- [4]. Agence de la Santé publique du Canada. « Fiche technique santé-sécurité et appréciation du risque : Agents pathogènes » sur les *Clostridium*, *Escherichia coli*, *Streptocoque*. « www.santepublique.gc.ca » Consulté le 23 Septembre 2017

12. Diversité des communautés des mauvaises herbes et enherbement des cultures à Madagascar

RANDRIAMAMPIANINA Jean Augustin ¹, ANDRIANAIVO Alain Paul ¹, Le Bourgeois Thomas ², Marnotte Pascal ², Grard Pierre ³, Dhandapani Balasubramania ⁴, Gaungoo Azaad ⁵, Ibrahim Yahaya ⁶, RAMAMONJIHASINA Marcel M ¹, ANDRIANAVALONA Voahangy ¹

¹FOFIFA, ² CIRAD ³ IFP/CIRAD, ⁴ IFP, ⁵ MCIA/MSIRI, Maurice, ⁶ CNDRS

Résumé

Les mauvaises herbes constituent une des principales contraintes de la production agricole et alimentaire à Madagascar. La connaissance des mauvaises herbes et de la biodiversité de la flore qu'elles constituent revêt un caractère primordial pour mieux aborder la lutte contre ces nuisibles. Ce travail fait une synthèse des données collectées sur terrain et des informations disponibles sur les mauvaises herbes à Madagascar, au cours du projet « Weed Identification and Knowledge in the Western Indian Ocean », de 2014-2016. La collecte a été organisée dans huit principales zones agro-écologiques de Madagascar. Elle a concerné les cultures vivrières, maraîchères, fruitières et de rente. En plus des collectes de spécimens et de photos, des relevés floristiques itinérants, complétés par des enquêtes auprès des agriculteurs ont été effectués, selon la technique du tour de champ, dans les parcelles paysannes ou dans des fermes de production industrielles échantillonnées dans les localités ou périmètres de culture situés le long des grands axes routiers. Les données qualitatives, ainsi collectées, ont été analysées et confrontées aux informations disponibles pour constituer la base de données et caractériser la biodiversité de la flore adventice. Plus de 410 espèces de mauvaises herbes, réparties en 58 familles et 234 genres ont été recensées dans 8 principales zones agro-écologiques de Madagascar, au cours de cette étude. Six familles les mieux représentées regroupent 59% des espèces inventoriées : les Poaceae, les Fabaceae, les Asteraceae, les Cyperaceae, les Malvaceae et les Convolvulaceae. 367 espèces sont déjà intégrées dans la base de

données WIKWIO, dans le portail web 2.0 <http://portal.wikwio.org>. Les photos d'enherbement des cultures, les données quantitatives recueillies et les informations fournis par les agriculteurs ont permis de déterminer les espèces dominantes par système de culture et par zone agro-écologique.

Mots clés : mauvaises herbes, biodiversité, dominance, système de culture, zone agro-écologique

Introduction

La prolifération incontrôlée des mauvaises herbes ou adventices fait obstacle à l'amélioration de la productivité agricole à Madagascar. Elles causent des pertes significatives de rendement et exigent d'énormes temps de travail, tout en limitant l'efficience des facteurs de production comme les semences, les fertilisants organiques et minéraux, l'eau et le travail agricole. Dans la perspective d'une intensification agricole durable, la connaissance des mauvaises herbes et de la diversité de la flore et des problèmes d'enherbement qu'elles constituent est un préalable pour aborder l'amélioration des techniques de lutte. A Madagascar, les connaissances sur la flore adventice ont été encore très insuffisantes jusqu'en 2013. La mise en œuvre du projet « Weed Identification and Knowledge in the Western Indian Ocean » de 2014 à 2016 à Madagascar a permis de combler cette lacune. L'objectif principal du projet est de constituer une base de données la plus complète que possible et d'utiliser un portail collaboratif web 2.0 <http://portal.wikwio.org> sur les mauvaises herbes pour faciliter le partage des connaissances. Ce travail fait la synthèse des données collectées (inventaire, identification, méthode de lutte utilisées) avec toutes les informations rassemblées (documentation, photos et informations fournies par les agriculteurs) au cours de ce projet à Madagascar. La collecte a été organisée pour toutes les cultures dans les principales régions agricoles. Des relevés floristiques itinérants et des enquêtes ont été effectués dans les zones de culture situées le long des grands axes routiers. Les données ainsi collectées et documentées ont été analysées de façon qualitative pour définir la diversité les communautés des mauvaises herbes, des espèces dominantes et des types de problèmes d'enherbement.

Matériel et méthode

Zones de collecte de données. Huit principales zones agro-écologiques de Madagascar ont été prospectées au cours de cette étude : les Hautes terres centrales (HTC) d'altitude supérieure à 1200 m, le Moyen-ouest (environ à 1000 m d'altitude sur le versant occidental), le Moyen-est ou région d'Alaotra-Mangoro d'altitude 750 à 900 m, les plaines du Nord-ouest de moins de 300 m d'altitude, le Nord situé à moins de 600 m d'altitude, l'Est regroupant les régions d'Antsinana et d'Analajirofo, le Sud-est et le Sud-ouest à moins de 500 m d'altitude. Les Hautes centrales, le Moyen-ouest et le Nord-ouest ont pu être visitées deux fois. Une seule visite de collecte vers la fin de la saison humide a été réalisée dans les autres zones. Les principales cultures vivrières (riz, manioc, maïs, niébé, arachide), les cultures maraîchères et les cultures industrielles et de rente (coton, canne à sucre, tabac) ainsi que les cultures pérennes et fruitières (café, cacao, bananier, ...) ont été concernées. La figure 1 montre la répartition des localités de collecte par zone agro-écologique.

Le matériel végétal étudié est la flore adventice des cultures et les espèces nuisibles envahissant les bords des champs de culture, des canaux et des voies d'accès et les plans d'eau. Cette étude, à l'échelle du pays, vise en priorité à inventorier les espèces adventices et à collecter des spécimens et des photos pour leur identification et leur description botanique. Mais les données relatives à leur biologie, leur écologie et leur nuisibilité ont été également rassemblées.

Méthodes : Des relevés floristiques itinérants ont été entrepris, selon la technique de tour de champ (MAILLET, 1981 ; LE BOURGEOIS, 1993), dans des parcelles paysannes ou de fermes de production industrielle échantillonées dans les périphéries ou zones de culture situés le long des principaux axes routiers : RN (Route Nationale) 1, RN2, RN3a, RN4, RN5, RN6, RN7, RN9, RN11a, RN12, RN22, RN25, RN34 et RN44. Les espèces rencontrées ont été identifiées (photos, spécimens, flore existante). Le choix des parcelles est fait en fonction de leur représentativité des situations culturales de la zone ou du périphérique. Après la notation des paramètres généraux (culture, type de sol, situation hydrique, nom de la localité, techniques culturales), la liste des espèces adventices rencontrées est établie en commençant par les espèces les plus abondantes. Une note d'abondance-dominance a été attribuée pour les deux ou trois espèces les plus dominantes selon une échelle de notation 1 à 5. Des photos



Figure 1 : Répartition des zones de collecte (2014 – 2016)

d'enherbement ont été collectées pour illustrer la nuisibilité des principales espèces. Des entretiens ont été effectués avec les agriculteurs rencontrés concernant les problèmes et la nuisibilité des espèces dominantes et leurs pratiques de lutte.

L'ensemble des relevés floristiques confronté aux inventaires disponibles et avec les indications fournies par les agriculteurs ont été analysée dans leur ensemble pour établir l'inventaire et les espèces dominantes ainsi que les types de problème par zone agro-écologique.

Résultats et discussion

Flore globale. Plus de 410 espèces de mauvaises herbes ont été inventorierées au cours de cette étude ; elles se répartissent entre 58 familles et 234 genres. Six principales familles sont les mieux représentées : Poaceae (81 espèces), Fabaceae (52 espèces), Asteraceae (39 espèces), Cyperaceae (27 espèces), Malvaceae (25 espèces) et Convolvulaceae (19 espèces). Elles regroupent 57% des espèces inventorierées. Un tiers des espèces (33,3%) réparties en 12 familles sont des monocotylédones dont plus de 78 % appartiennent aux deux principales familles (Poaceae et Cyperaceae). Les dicotylédones sont les plus riches en espèces : plus de 65% des espèces et 40 familles. Six espèces appartenant à six familles seulement sont des fougères. L'inventaire n'est pas encore complet et la liste reste ouverte, vu la période de collecte très limitée ne permettant qu'un nombre restreint de relevé par rapport à la diversité des milieux de culture et l'étendue des zones prospectées. Des difficultés ont été aussi rencontrées dans l'identification de certaines espèces. Mais les espèces qui restent à inclure dans l'inventaire sont des espèces de faible importance agronomique et de répartition limitée. Elles sont estimées à près d'une centaine d'espèces. Cette richesse floristique à l'échelle du pays est relativement faible comparativement aux résultats d'inventaire effectué dans d'autres pays ou dans les régions tropicales. Ainsi en Côte d'Ivoire MANGARA et al. (2010) ont recensé 239 espèces, réparties en 62 familles seulement en culture d'ananas dans deux localités de la basse Côte d'Ivoire. En Inde MURTY & VENKAIAH (2011) ont identifié 532 espèces adventices appartenant à 308 genres et 80 familles dans les cultures du Nord d'Andhra Pradesh, de 2006 à 2009.

En riziculture irriguée et de bas-fond, toute situation de maîtrise d'eau confondue, quelques 70 espèces appartenant à 43 genres issus de 24 familles ont été rencontrées. Près de 63% des espèces sont des monocotylédones et 33% des dicotylédones. Les deux principales familles (Cyperaceae et Poaceae) représentent 56% des espèces rencontrées et 68 à 90% des espèces dominantes par zone. Cette richesse floristique est comparable aux résultats obtenus dans d'autres régions du monde (KAMOSHITA et al., 2014 ; HAKIM et al., 2013). Ces auteurs montrent également la dominance des espèces de Cyperaceae et de Poaceae en riziculture. Le tableau 1 montre le nombre des espèces observées et des espèces dominantes par zone agro-écologique.

Tableau 1 : Nombre d'espèces recensées et d'espèces dominantes en riziculture irriguée et de bas-fond dans 7 zones agro-écologiques.

	Nord	Nord-ouest	Moyen-ouest	Moyen-est	H-T centrales	Est	Sud-ouest
Nb Espèces rencontrées	50	45	52	56	40	58	43
Nb Espèces dominantes	25	21	22	27	20	30	19

La richesse floristique en riziculture irriguée et de bas-fond, par zone agro-écologique, varie de 43 (Sud-ouest) à 58 espèces (Côte Est). Une plus grande richesse spécifique a été observée dans les zones rizicoles à faible de maîtrise de l'eau : Côte Est, Moyen-est et le Nord. La richesse floristique par parcelle observée varie de moins de 10 espèces dans les parcelles bien irriguées à environ 15, dans les rizières sans maîtrise de l'eau. Cette différence s'explique par une grande variabilité du régime hydrique conjuguée à une conduite souvent extensive de la riziculture dans ces dernières. Les cypéracées restent toujours majoritaires parmi les espèces dominantes. Dix espèces de Cyperaceae (*Courtoisina cyperoides*, *Cyperus difformis*, *Cyperus iria*, *Eleocharis dulcis*, *Eleocharis minuta*, *Eleocharis sp*, *Fimbristylis littoralis*, *Pycreus macrostachyos*, *Pycreus mundtii* et *Schoenoplectiella juncoides*), quatre espèces de Poaceae (*Echinochloa colona*, *Echinochloa crus-galli*, *Leersia hexandra* et *Sacciolepis africana*) sont dominantes et largement répandues dans, au moins sept sur huit zones agro-écologiques prospectées. Les espèces aquatiques envahissant les canaux et les plans d'eau sont : *Eichhornia crassipes*, *Salvinia molesta*, *Nymphaea nouchali*, *Ipomoea aquatica* et *Ludwigia adscendens*.

La flore adventice des cultures sèches, dans leur ensemble comprend quelques 370 espèces appartenant à 50 familles dont 27,5% de monocotylédones largement dominés par les Poaceae (70%) et 71,4% de dicotylédones. Le tableau 3 rapporte le nombre d'espèces rencontrées, le nombre d'espèces dominantes et la diversité floristique des parcelles observées des cultures sèches qui sont subdivisées en cultures sèches de décrue et en cultures pluviales. Dans les cultures sèches de décrue des plaines alluviales du Nord-ouest, 155 espèces représentant 24 familles ont pu être recensées au cours de deux

collectes organisées en juillet 2014 et en mai 2015. La richesse floristique des parcelles observées varie en moyenne de 17 à 26.

Tableau 2 : Nombre d'espèces rencontrées et nombre d'espèces dominantes dans les cultures pluviales de 6 zones agro-écologiques et dans les cultures sèches de décrue du Nord-ouest.

N-Ouest (décrue)	Nord	M-Ouest	M-Est	H-T centrales	Est	S-Ouest
Nb Espèces	155	165	175	228	203	235
Nb Espèces dominantes	50	55	50	55	50	60

Dans la zone Nord, 165 espèces ont été répertoriées dans les cultures irriguées de canne à sucre de la plaine d'Ambilobe et dans la plaine d'Ambohitra et les cultures pluviales des collines le long de la RN6 au cours d'une visite en juin 2015. Ces deux zones ont beaucoup d'espèces communes, soit 114 ou 73,5% des espèces du Nord-ouest. Dans les deux zones, l'infestation massive de *Cyperus rotundus*, espèce la plus nuisible par sa forte agressivité, constitue un véritable fléau des cultures irriguées (canne à sucre, tabac, cultures maraîchères) et des cultures sèches de décrue. L'envahissement récent d'une nouvelle espèce très agressive identifiée, comme *Spilanthes costata* Benth. a été très remarquable dans ces deux zones. Les espèces envahissantes sur les bordures et dans les jachères sont *Mimosa pigra*, *M. pudica*, *Mucuna pruriens Operculina turpetum*, *Cardiospermum microcarpum*, *Persicaria acuminata*, *Urena lobata* et *Hyptis suaveolens*.

Sur l'ensemble de la Côte Est, dont le Sud-Est, 235 espèces ont été répertoriées, au cours des prospections organisées en 2014 et 2015 : au centre (Brickaville – Mahanoro), au nord (Tamatave – Fénérive Est – Vavatenina) et dans le Sud-est (Manakara – Vangaindrano). Une soixantaine d'espèces ont été classées, comme espèces dominantes. Les graminées dominantes sont majoritairement des espèces pérennes (*Panicum spp*, *Paspalum spp*, *Melinis repens*, *Imperata cylindrica* et *Stenotaphrum dimidiatum*). *Imperata cylindrica* s'avère comme l'espèce la plus nuisible sur certain type sol. Les espèces envahissantes comme *Rubus alceifolius*, *Rubus rosifolius*, *Lantana camara*, *Persicaria chinensis*, *Mimosa pudica*, *Clidemia hirta* et *Solanum torvum* infestent les bordures et les cultures pérennes. Quelques espèces, très récemment introduites dans la zone, montrent aussi un caractère très agressif : *Sphagneticola trilobata*, *Chromolaena odorata*, *Spermacoce alata*. Les enherbements des cultures sont souvent très importants. Par exemple la récolte du riz est rendue extrêmement difficile.

Dans le Moyen-est, à une altitude moyenne de 700 à 1000 m, la flore adventice est composée de 228 espèces recensées, au cours de deux visites effectuées en 2014 et 2015. Plus de 150, soit deux tiers des espèces observées et 88 % des espèces dominantes, sont communes avec la flore des cultures sèches des Hautes terres. Dans ces deux zones, les espèces dominantes sont très variables d'une localité à l'autre : graminées annuelles (*Digitaria spp*, *Eleusine indica*, *Eragrostis spp*) et pérennes (*Digitaria humbertii*, *Digitaria longiflora*, *Brachiaria umbellata*, *Cynodon dactylon*, *Paspalum scrobiculatum*), deux espèces du genre *Commelinia* et quelques espèces de dicotylédones, *Acanthospermum hispidum*, *Aeschynomene americana*, *Ageratum conyzoides*, *Bidens pilosa*, *Cleome hirta*, *Desmodium tortuosum*, *Mitracarpus hirtus*, *Oxalis latifolia*, *Richardia scabra* et *Trichodesma zeylanicum* qui sont aussi des espèces dominantes dans le Moyen-ouest. Les Hautes terres centrales et le Moyen-est connaissent aussi des espèces nouvellement introduites très agressives : *Acanthospermum australe*, *Artemisia verlotiorum*, *Xanthium strumarium* et *Richardia scabra*.

Dans le Moyen-ouest, les enherbements sont aussi caractérisés par la dominance des graminées annuelles (*Digitaria spp*, *Eleusine indica*, *Eragrostis spp*) et l'infestation de *Striga asiatica*. Dans le Sud-ouest 165 espèces adventices ont été répertoriées dans les cultures pluviales avec 46 espèces dominantes qui sont des espèces annuelles, appartenant à 17 familles dont les Poaceae (18 espèces) et les Asteraceae (5 espaces) et Malvaceae (5 espèces).

Conclusion

La mise en œuvre du projet WIKWIO à Madagascar a permis de collecter, des données essentielles pour la connaissance de la flore adventice à Madagascar. Ainsi les inventaires et les informations, rassemblés dans les huit principales zones agro-écologiques, ont permis de constituer les fiches espèces de 367 espèces qui sont déjà dans la base de données WIKWIO et de mieux connaître la diversité des communautés des adventices et des problèmes d'enherbement des principaux systèmes de culture ainsi que les méthodes lutte pratiquées actuellement. Ces connaissances sont dans portail web 2.0 <http://portal.wikwio.org> et sont disponibles pour tous utilisateurs. Plus de 410 espèces appartenant à 234 genres et 58 familles botaniques ont été recensées au cours de cette étude : 70 espèces réparties en 43 genres et 24 familles répertoriées en riziculture irriguée et de bas-fond et environ 370 espèces appartenant 50 familles rencontrées dans les cultures sèches de toutes les zones prospectées. Cet inventaire reste encore à compléter. L'identification de certaines espèces est à préciser. L'envahissement de nouvelles espèces très récemment introduites et qui prennent un caractère très agressif a été noté

dans la plupart des zones prospectées. Il importe également de faire un suivi sur l'évolution de flore adventice liée à l'envahissement de ces nouvelles espèces.

Remerciements

Les auteurs remercient la Commission de l'Union Européenne ACP-EU **Cooperation Programme in Science and Technology II** et l'équipe de coordination du projet WIKWIO pour la mise en œuvre des moyens financiers et matériels qui ont permis ce travail.

Bibliographie

- HAKIM M. A., JURAIMI A. S., RAZI ISMAIL M., HANAFI M. M. and SELAMAT A. 2013. A Survey on weed diversity in coastal rice field of Sebarang Perak in Peninsular Malaysia *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 23(2): 2013, page: 534-542.
- KAMOSHITA A., ARAKI Yuji, NGUYEN Yen T.B. 2014. - Weed biodiversity and rice production during the irrigation rehabilitation process in Cambodia in *Agriculture, Ecosystems and Environment* 194 (2014) 1-6.
- KOUASSI C. K., PENE C.B. et BORAUD M. N., 2006. – Nuisibilité de l'herbe à oignon, *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) en culture de canne à sucre au Nord de la Côte d'Ivoire *Agronomie Africaine* 18 (1) : 23 - 31 (2006)
- KOUASSI, K. Edouard, SANGNE Y. Charles et KOUASSI K. Henri, 2015. - Richesse et diversité floristique dans les biotopes environnants la Forêt Classée de la Téné dans le département d'Oumé en Côte d'Ivoire in *Journal of Animal &Plant Sciences*, 2015. Vol.24, Issue 1: 3700-3713.
- LE BOURGEOIS Th., 1993. - Les mauvaises herbes dans la rotation cotonnière au Nord-Cameroun (Afrique). Amplitude d'habitat et degré d'infestation. Phénologie. Thèse USTL. Montpellier. 249 p.
- MAILLET, J. 1981. - Evolution de la flore adventice dans le Montpelliérais sous la pression des techniques culturales. Thèse Doc, USTL. Montpellier 200 p.
- MANGARA, Ali, N'DA ADOPO, A. Aimé, TRAORE Karidia, KEHE Martin, SORO Kafana, TOURE Mâh, 2010. - Etude phytoécologique des adventices en cultures d'ananas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) dans les localités de Bonoua et N'douci en Basse Côte d'Ivoire ; *Journal of Applied Biosciences* 36: 2367- 2382.
- MURTY P. and VENKAIAH M. 2011. - Biodiversity of Weed Species in Crop Fields of North Coastal Andhra Pradesh, India, *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences* 2011 Vol. 1 (2) April – June, pp. 59-67.
- RANDRIAMAMPIANINA, J. A., 2001. Caractérisation des communautés de mauvaises herbes dans les systèmes de culture en zone de savane dans le Sud-ouest de Madagascar. Thèse Univ. d'Antananarivo, 165 p + annexes.

13. Adaptation des activités agricoles aux variabilités des paramètres climatiques: cas de l'agriculture périurbaine de Mahajanga

MAROZARA, RAMAHEFARISON Heriniaina, RAVELOSON Herimalala

Ecole Doctorale Ecosystèmes Naturels (EDEN), Université de Mahajanga, Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement (FSTE), Université de Mahajanga

RESUME

La sécurité alimentaire dans les villes est tributaire de la production des zones de production rurale et périurbaine. La production agricole n'est, cependant, pas suffisante pour assurer l'approvisionnement des villes. Nombreux sont les facteurs qui entrent en jeu, les variabilités des paramètres climatiques entre autres. Ce travail a pour objectif d'étudier les variabilités des paramètres climatiques au cours de ces cinquante dernières années, la résilience et l'adaptation du système de production de la zone périurbaine de Mahajanga.

Notre étude comprend trois étapes, à savoir la collecte des données climatiques, suivie des enquêtes sur la perception paysanne des variabilités climatiques et sur leurs modes d'adaptation et enfin des observations et enregistrements des données sur l'évolution spatio-temporelle des parcellaires. Divers moyens sont utilisés par les paysans de nos sites d'étude, pour s'adapter aux variabilités climatiques : l'augmentation de la quantité d'eau d'arrosage et l'accroissement de l'épaisseur du mulch de matière organique d'origine animale en fin de saison maraîchère, le changement de spéculation et la modification des calendriers agricoles.

Mots clés : *Adaptation, Agriculture, Mahajanga, Pluviométrie, Température*

CONTEXTE et PROBLEMATIQUES

A Mahajanga, la démographique galopante de la population urbaine et périurbaine a pour corollaire une augmentation des demandes alimentaires (Ramahefarison, 2011 ; Mawois, 2009). Suites aux régimes climatiques actuels, la production agricole baisse d'année en année et les surfaces cultivables diminuent progressivement (Mawois, 2009). Avec la diminution des précipitations, les agriculteurs doivent faire face aux quantités insuffisantes et aux arrêts précoces des pluies (Ranaivoson, 2011). Les paysans doivent ainsi s'adapter pour assurer leur production dans ces conditions. Les changements des spéculations des pratiques culturelles dues à la variation climatique aident les paysans à éviter la diminution de production agricole. L'objectif de cette étude est d'inventorier et de comprendre les stratégies d'adaptation des agriculteurs.

METHODOLOGIE

Sites d'étude

1. Bas-fond d'Ambondrona : un des 26 Fokontany de la ville de Mahajanga. Il se situe en périphérie nord-Est à environ 4km du centre-ville (Région Boeny, 2006).
2. Lac Betamango Belobaka est localisé à 10 km à l'est du centre-ville de Mahajanga au bord de la RN4 (Région Boeny, 2007). Les deux sites d'études se situent dans la région Boeny.

Méthodes d'étude

1. Pour pouvoir étudier la variabilité climatique auparavant et celle d'aujourd'hui, les collectes des données climatiques de Mahajanga auprès des services météorologiques Ampandrianomby Antananarivo et Amborovy Mahajanga, ont été nécessaires.
2. Nous avons fait des enquêtes et des suivis auprès des exploitations périurbaines de Mahajanga pendant deux ans. 37 exploitations ont fait l'objet d'enquêtes et de suivis. Les sujets d'enquêtes ont été focalisés sur les causes et les conséquences des variabilités climatiques sur les activités champêtres et les techniques adoptées par les paysans pour faire face à ce problème.
3. Nous avons fait des observations et enregistrements hebdomadaires des données sur les techniques culturelles adoptées par les paysans pour s'adapter aux variabilités des paramètres climatiques pendant deux ans, puis l'élaboration des cartes d'occupation des sols à partir de ces données.

RESULTATS

1. Variabilités des paramètres climatiques de Mahajanga depuis 1971

A Mahajanga, depuis 1971, on constate une augmentation progressive de la température et une baisse du régime pluviométrique (figure 1).

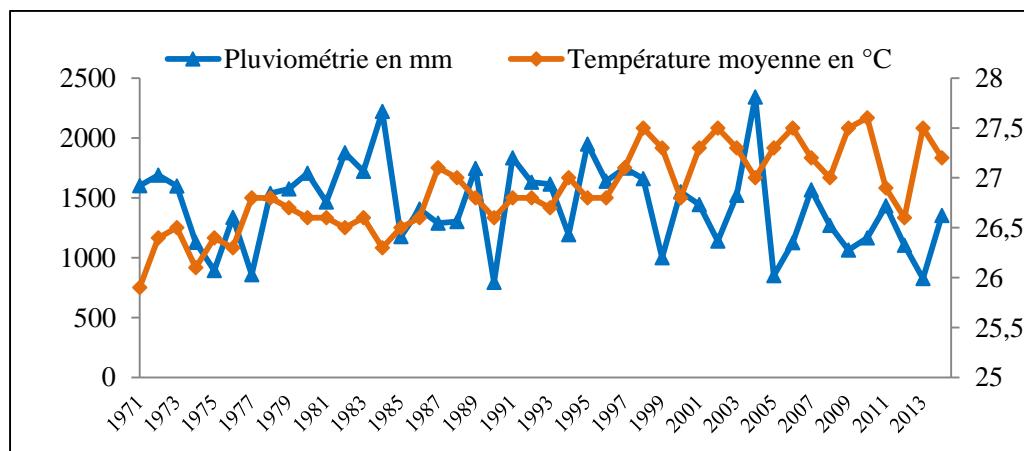


Figure 1 : Température et Pluviométrie

Source : Traitement des données DGM (Marozara, 2016)

Le pic pluviométrique de Mahajanga se situe en Janvier, par contre, Juin et Juillet sont les mois les plus secs de la région (figure 2). Pendant presque toute l'année, la température moyenne mensuelle varie de 24,6 à 28,4 °C et le mois le plus chaud est le mois de Novembre, tandis que le plus froid c'est le mois de Juillet.

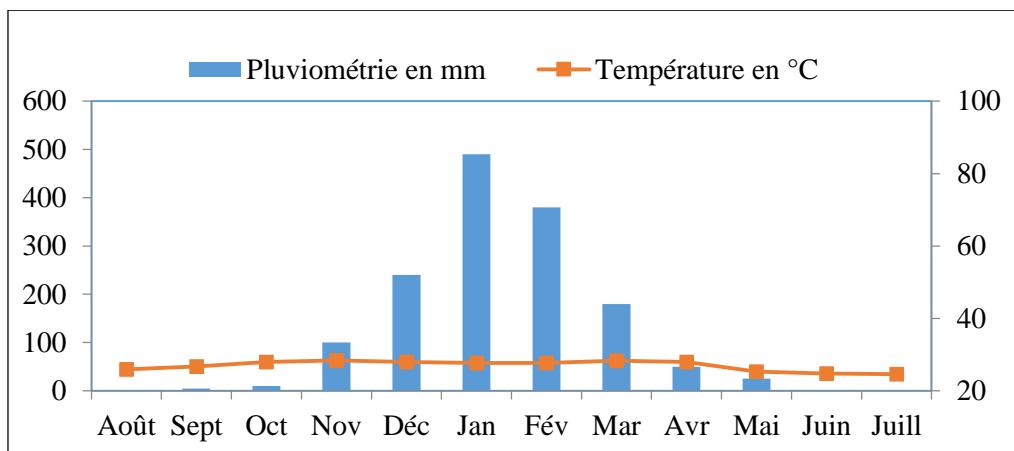


Figure 2 : Diagramme ombrothermique

Source : Traitement des données DGM (Marozara, 2016)

2. Système de culture périurbaine de Mahajanga selon la saison

Les deux sites sont contrastés par le système d'exploitation, il s'agit de :

- Ambondrona où on a une succession annuelle de la riziculture et du maraîchage. Ce dernier s'étend sur huit mois d'Avril à Novembre. La riziculture se pratique pendant la saison de pluie de Décembre à Mars.
- A Belobaka, les paysans ne pratiquent que du maraîchage, faute de rizière. Pendant la saison pluvieuse, seuls les champs de culture qui se trouvent sur le tanety sont cultivés (tableau I).

Le calendrier cultural varie selon les sites et selon la campagne agricole, en lien avec la saison. Dans le bas-fond, dès le mois de Novembre, les agriculteurs préparent leurs sols pour la prochaine saison rizicole. Les « tomoro » sont remises en place. Cette préparation est plus ou moins longue, en fonction des précipitations, condition nécessaire à la finalisation. Pour la saison maraîchère, la préparation du sol, dans les deux sites, se situe entre Mars à Juin et elle est à son summum en Avril-Mai. Le repiquage du riz dans le Bas fond est très important en Janvier, tandis que celui du maraîchage de deux sites s'étend le long de la saison sèche et il est très important entre Mai à Août. Puisque le cycle du riz a une durée environ trois mois après repiquage, les récoltes de celui-ci deviennent très importantes entre le mois d'Avril et Mai. Les récoltes des espèces maraîchères se font pendant presque toute la saison sèche, surtout entre Juin à Septembre (tableau I).

Tableau XXII : succession annuelle ale et calendrier cultural

Mois		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
Bas fond (Ambondrona)		Riz			Maraîchère										Riz
Lac (Belobaka)		Eau			Maraîchère										Eau
Calendrier	Préparation du sol	++		+	+++	++	+					++		+++	
	Repiquage	+++	++	+	++	+++	+++	+++	+++	++	+			++	
	Récolte			+	+	++	+++	+++	+++	+++	++	+			
Notation + : peu ; ++ : assez ; +++ : important															

Source : Marozara, 2016

Souvent, pour mieux s'adapter aux variations climatiques, les paysans changent leur calendrier agricole suivant le régime pluviométrique existant. C'est-à-dire, ils peuvent modifier leurs calendriers agricoles.

Ils peuvent aussi changer des spéculations, en cas de besoin, selon leurs savoirs sur les variabilités climatiques et sur les exigences écologiques des plantes cultivées.

3. Résultats d'enquêtes sur les causes et effets des bouleversements climatiques

Plus de 90% de la dégradation environnementale qui est le premier responsable des bouleversements climatiques de notre région, sont causés par des faits anthropiques. Ces causes sont dominées par l'urbanisation qui représente jusqu'à près de la moitié de cas. 40% des paysans enquêtés stipulent que la principale cause de ces bouleversements est l'urbanisation. 15% d'entre eux parlent des feux de brousse et 10% pour le déboisement (figure 3).

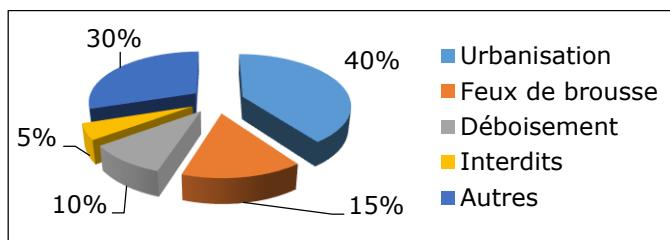


Figure 3 : Causes du bouleversement climatique

Source : Marozara, 2016

Les troubles climatiques peuvent, à leur tour, mettre en péril la production agricole, à la suite d'une sécheresse ou attaques des ravageurs, ou d'autres problèmes. Les 37 Chefs d'exploitation enquêtés confirment que les actuelles variabilités climatiques provoquent des invasions des ravageurs. 92% d'entre ces paysans stipulent de la sécheresse et 8% parlent de l'inondation suivie de l'arrêt précoce des pluies. Tous ces problèmes entraînent par la suite une baisse de rendement agricole.

4. Adaptation des activités agricoles aux régimes climatiques existants

4.1. Maîtrise de l'eau

A part de la modification des calendriers agricoles aperçues fréquemment, dans le cas de pratique rizicole et à part le changement de spéculations pour le cas de maraîchage, les récurages des puits figurent parmi les techniques d'adaptation les plus utilisées.

A cause de l'insuffisance d'eau de pluie, les puits comme le lac ont subi un tarissement précoce. Ainsi, pour pouvoir continuer à arroser leurs cultures, les paysans du bas-fond d'Ambondrona doivent récurer de plus profond les puits et ceux du lac de Betamango creuser des petits canaux, en périphérie d'eau du lac, pour retirer l'eau et la rapprocher du champ de culture.

La forte température favorise une importante évapotranspiration des plantes. A cet effet, le système d'arrosage peut être modifié, selon les besoins de ces plantes cultivées. Les paysans peuvent augmenter ainsi le nombre d'arrosage des planches par jour.

4.2. Augmentation d'apport des fumures organiques

L'autre stratégie d'adaptation est l'augmentation d'apport des fumures organiques (tableau II). Les paysans augmentent les apports de fumures organiques, pour maintenir l'humidité du sol, pendant longtemps et à son avantage. Cela permet de réduire les quantités d'eau pour l'arrosage. D'autres engrains organiques, comme la fiente de volailles favorisent l'accélération de croissance des légumes et cela réduit la période de développement végétatif de ces légumes.

Tableau XXIII : Utilisation des fumures organiques

Fumures organiques	Rôle sur la culture
Fumier des ruminants	Stockage d'humidité et responsable de couleur verte
Fumier porcin	Responsable de couleur verte
Fiente des volailles	Croissance rapide et élargissement des feuilles

Source : Enquêtes, 2016

CONCLUSION

Le réchauffement planétaire est une préoccupation pour la communauté nationale et internationale. Ainsi, l'adaptation au changement climatique est une nécessité absolue. Pour mieux s'adapter aux variabilités des paramètres climatiques, les paysans de la zone urbaine et périurbaine de Mahajanga modifient les calendriers agricoles, changent les plantes à cultiver, quitte à augmenter le nombre d'arrosage.

Outre, une mise en place des systèmes de gouvernance pour l'adaptation, les mesures de gestion des risques de catastrophe, l'adaptation des technologies et infrastructures, les approches basées sur les écosystèmes peuvent réduire la vulnérabilité du secteur agricole. Cependant, ces efforts restent isolés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Mawois M., 2009. Constitution des systèmes de culture maraîchère à proximité d'une ville : quelles marges de manœuvre des agriculteurs pour répondre à une augmentation de la demande ? Cas des systèmes de culture à base de légumes feuilles dans l'espace périurbain de Mahajanga (Madagascar), Thèse de Doctorat, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech). 222p.
- Ramahefarison, H., 2011. Déterminants agronomiques des pratiques de fertilisation dans les systèmes de culture maraîchers en zone périurbaine : fertilisation des cultures de légumes feuille à Mahajanga. Thèse de Docteur en Sciences Agronomiques de l'Université d'Antananarivo, 214 p.
- Ranaivoson F.T., 2011. Intégration de l'adaptation au changement climatique dans le schéma communal d'aménagement pour le développement durable : cas de Mariarano Madagascar. Mémoire de maîtrise en Faculté des Lettres et Sciences Humaines (FLSH), Université d'Antananarivo. 112 p.
- Région Boeny, Edition 2006. ONE/MO/DOC/25/R/07/01, Office pour l'Environnement, Tableau de Bord Environnemental. 191 p.
- Région Boeny, 2007. Plan Régional de Développement

14. Effet du changement climatique sur la conduite de l'élevage porcin

RAZAKAFARAOLY Aimé Giovanni, Pr RALISON FARASOLO Paule Aimée, Dr RANDRIAMIALY Jean Dominique

Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement (FSTE)- Université de Mahajanga

I. INTRODUCTION

Le changement climatique se manifeste généralement par une augmentation des températures minimales journalières. La température moyenne annuelle à Mahajanga, entre 1981 et 2010, était de 27°C, vers le milieu du siècle, elle serait autour de 28°C et vers la fin du siècle elle pourrait atteindre 30°C. La tendance moyenne de réchauffement annuelle de 1961-2005 est de plus 1°C, en 45 ans, d'après la Direction Générale de Météorologie. Ce changement est irréversible et présente un impact sur la production animale surtout dans l'élevage porcin.

L'élevage porcin est une activité économique rentable qu'il soit traditionnel ou industriel, à condition de bien maîtriser un certain nombre de paramètres. Il valorise les sous-produits et les écarts de triage des produits agricoles (son de riz). Sa viande est le mets le plus apprécié de la majorité des Malgaches. Le plus gros effectif de porcs se trouve dans les régions traditionnellement productrices de cultures vivrières.

Le porc, comme tout homéotherme, modifie son niveau d'ingestion alimentaire, en réponse aux variations de la température ambiante. Cet ajustement représente un mécanisme essentiel d'adaptation aux conditions climatiques d'élevage (Herpin 1988).

Des modifications de la performance et de la survie des porcelets peuvent se présenter. L'adaptation du mode d'élevage au climat de la région est nécessaire pour l'amélioration de la production. C'est ainsi que nous nous sommes intéressés à l'étude de l'effet du changement climatique sur la conduite de l'élevage porcin.

L'objectif général de cette étude est d'évaluer la relation de la performance zootechnique avec les paramètres climatiques d'une région selon la saison.

Les objectifs spécifiques consistent à étudier les paramètres de performance zootechnique et environnementaux telle que le poids, le nombre de porcelets morts, la température et l'humidité du milieu.

II. METHODOLOGIE

L'étude a été réalisée dans la ferme BEKISOA Commune rurale de BELOBAKA, Mahajanga II.

Les périodes de l'expérimentation ont été réparties comme suit :

- L'été se présente en deux classes : « Eté à température ambiante avec forte humidité » (Température moyenne < 27°C et humidité ≥ 70%) et « Eté à température élevée avec forte humidité » (Température moyenne ≥ 27°C et humidité ≥ 70%).
- Tandis que l'hiver est caractérisé par un « hiver à température ambiante avec faible humidité » (Température moyenne < 27°C et humidité < 70%).

Le nombre population initial étudié s'élève au nombre de 218 porcelets, en allaitements. L'expérimentation a été menée jusqu'au stade de démarrage, en recevant la même ration. Des mesures ont été réalisées sur le poids des porcelets nés et sevrés, gain moyen quotidien, le taux de mortalité ainsi que la prise de la température et de l'humidité suivit des analysées statistiques.

III. RESULTATS

Les résultats nous renseignent que l'élevage, effectué pendant l'été à température ambiante avec une forte humidité et durant l'été à température élevée avec une forte humidité, montre que le taux de mortalité s'élève à 100%, selon l'échelle préconisé (nombre d'individu mort ≥ 4). Durant l'hiver à température ambiante, avec une faible humidité, le nombre d'individus morts se situe dans l'intervalle de 1 à 3 morts avec un pourcentage correspondant à 58%.

D'après le test de Khi2, la valeur observée $P=0,001$ est inférieur à la valeur critique égale à 0,05 donc l'hypothèse nulle est très hautement significative. Avant le sevrage, le taux de mortalité est hautement corrélé avec les paramètres climatiques, telle la température et l'humidité.

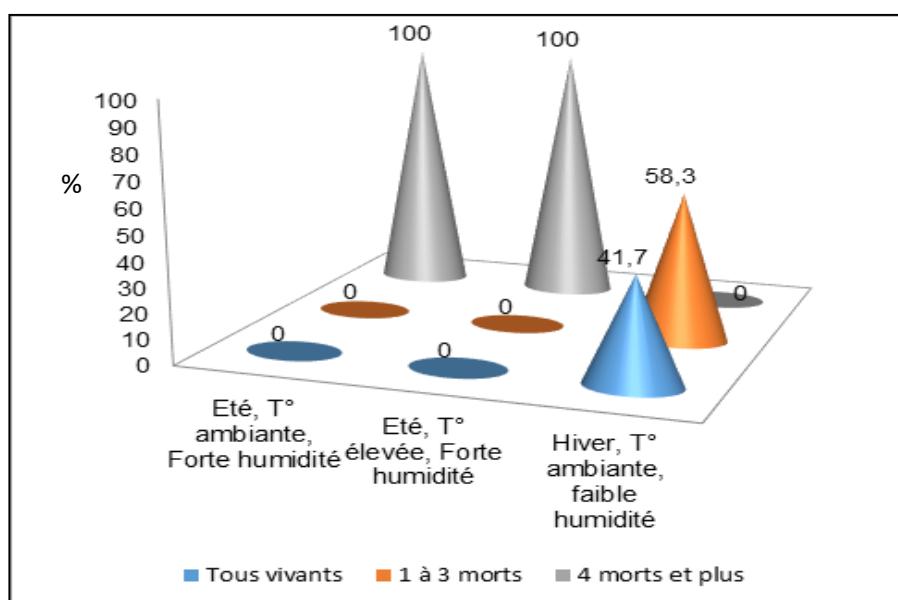


Figure 1 : Taux de mortalité en fonction de la température et humidité

Pendant l'hiver avec une température ambiante et une faible humidité, 58,3% des individus ont obtenu plus de 18,5g/j tandis que les 75% ont obtenu un poids quotidien $\leq 18,5\text{g/j}$ pendant l'été avec une température élevée et une forte humidité. Les paramètres climatiques impactent sur la survie et la croissance des porcelets. En effet, ils ne supportent pas une humidité élevée (humidité $\geq 70\%$) et la production est plus favorable à une température $\leq 27^\circ\text{C}$ en moyenne.

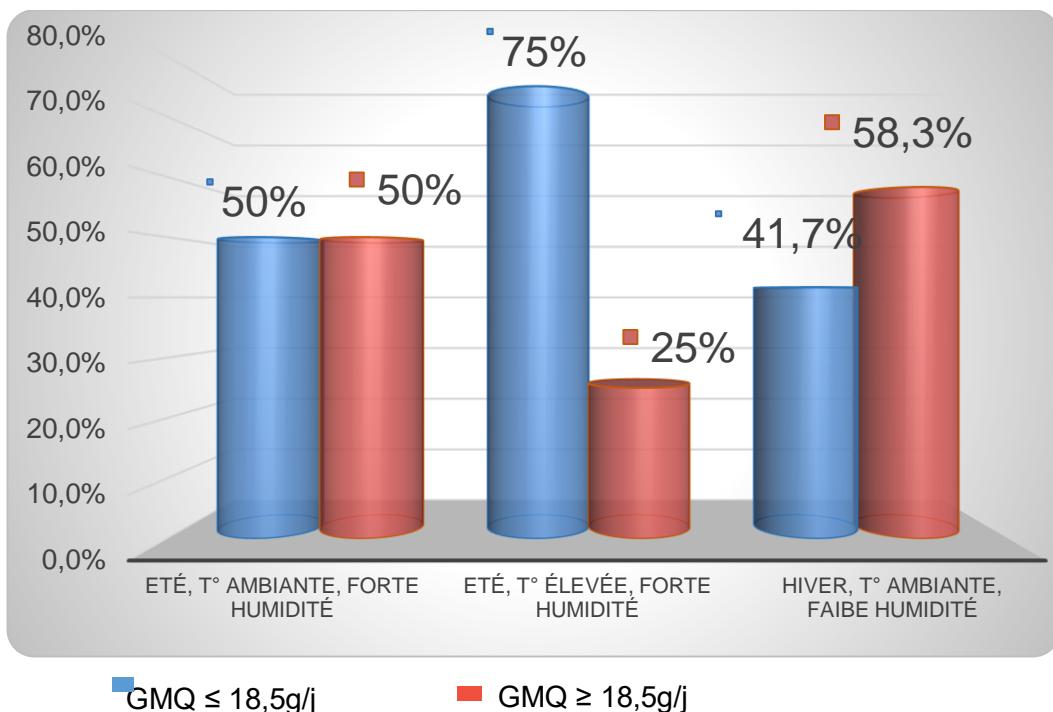


Figure 2 : Relation entre gain de poids et saison

IV. DISCUSSION

Le meilleur rendement sur la performance des porcelets est en relation avec les paramètres température et humidité.

Il y a une hausse du taux de mortalité et moins de rendement pendant une saison à température élevée ($t \geq 27^{\circ}\text{C}$) et qui présente une forte humidité ($H \geq 70\%$).

Pendant l'hiver, avec une température ambiante, inférieure à 27°C et de faible humidité ($H < 70\%$), la croissance des porcelets est avantageuse.

Selon l'INRA (Institut National de Recherche Agronomique), la sensibilité à la température dépend du poids et de l'âge des porcelets. A la naissance, les porcelets de 0,9 à 1,5Kg ont un besoin de température entre 30 à 32°C. Après le sevrage, avec un poids environ de 10Kg, la température efficace dans la ferme d'élevage devra être 26°C.

Il est aussi recommandé, qu'un bon assèchement des porcelets à la naissance et une infrastructure adaptée à la saison sont importants.

CONCLUSION

Le but principal de ce travail est de vérifier si la performance zootechnique des porcs dépend de la variation des paramètres climatiques. Il consiste en une étude sur l'optimisation de la valeur du facteur susceptible d'augmenter la probabilité de modifier la croissance et la vitalité des porcs dans un élevage intensif.

Les mesures sont faites pendant les deux saisons et suivant les paramètres climatiques : la température et l'humidité.

Les résultats obtenus montrent que les conditions environnementales jouent un rôle important dans l'élevage, même si les animaux sont bien alimentés. Il ne faut pas aussi oublier le respect du système de logement des porcs, l'installation du système de chauffage plus économique, pour les porcelets à la naissance ainsi que l'utilisation de litière pour éviter le contact directe au sol cimenté et afin de faciliter le nettoyage de la ferme. L'hygiène est aussi un facteur très important à ne pas négliger.

15. Orpaillage et pratiques agroécologiques à Vavatenina : quid de leur compatibilité ?

MOMA Landry¹, RAKOTOMAVO Andriamparany²

¹Doctorant à l'Institut Supérieur de Sciences, Environnement et Développement Durable (ISSEDD) – Université Toamasina. moma.landry@yahoo.fr

²Maître de Conférences à l'ISSEDD : Doctorant à l'Institut Supérieur de Sciences, Environnement et Développement Durable (ISSEDD) – Université Toamasina. andri.savaivo@blueline.mg

INTRODUCTION

Travaillant essentiellement dans le secteur informel, 22% de l'agriculteur de Vavatenina pratiquent des petites exploitations aurifères artisanales (source, PCD 2016). Des terrains agricoles, sources de nourriture et de revenus sont détruits, suite aux effets d'une telle activité, mettant ainsi en danger le niveau de l'agro biodiversité local.

Cette situation nécessite une analyse croisée de l'impact de l'exploitation minière, aussi bien sur agro-écologique que sur la situation de l'agriculture de la zone. Les problématiques de la recherche portent sur les espaces cultivés et les fouilles inesthétiques du paysage originel, générant des tonnes de terre déplacées, menaçant l'agro biodiversité et entraînant de pertes de production agricole qui sont de sources de revenu et d'alimentation pour les paysans.

Ainsi, une telle pratique d'exploitation est-elle compatible avec l'activité agricole et la biodiversité de la zone ? La pratique de l'orpailage contribue-t-elle ou non à la production agricole de la population ?

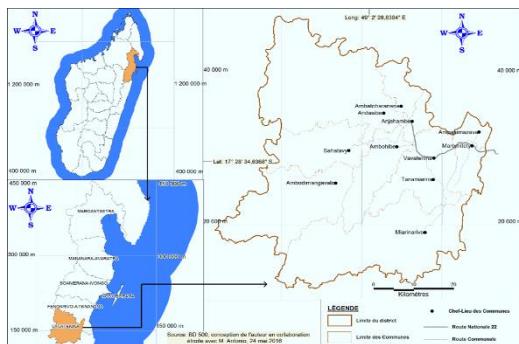
Le présent article a pour objectif d'étudier l'impact de l'orpaillage sur l'agro-écologie de la zone et des agriculteurs riverains et vérifier l'hypothèse des petites exploitations minières que l'exploitation aurifère de Vavatenina ne met pas en danger la capacité productive agricole.

I-MATERIELS ET MÉTHODES

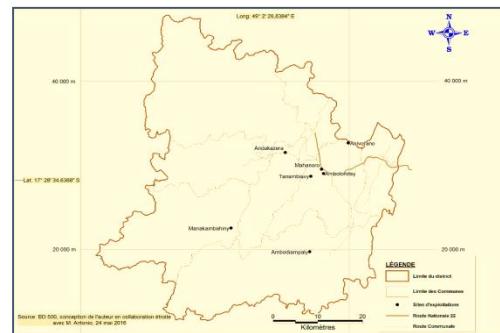
Les méthodes d'étude doivent adopter les différentes approches, lors de la réalisation de la présente étude.

I-1-Localisation de la zone d'étude

La zone d'étude appartient administrativement à l'ex Province Autonome de Toamasina, Région d'Analajirofo, District de Vavatenina. Elle est située au Nord-Est de la grande île et est localisée à la latitude de $17^{\circ}28'34,6368''S$ et à la longitude de $49^{\circ}2'28,8384''E$ (Carte 1). Le district de Vavatenina est situé à 499 km au Nord-Est d'Antananarivo (capitale de Madagascar). Elle est reliée par la RN2 d'Antananarivo à Toamasina (Chef-lieu de la Province Autonome)



Carte 1 : Localisation du district de Vavatenina



Carte 2 : Evaluation et typologie spatiales

I-2-Recherche bibliographique

La recherche bibliographique dans différents centres de documentation est une étape importante, permettant d'obtenir les informations générales sur la zone d'étude.

I-3-Enquête et interview

Des enquêtes et des interviews formelles et semi-formelles sont menées auprès des services techniques étatiques, des responsables administratifs, des orpailleurs, des agriculteurs et des autorités traditionnelles. Cette étape est avec des échantillonnages aléatoires à un taux de 20%.

I-4-Observations directes

Des observations directes ont été effectuées, pour connaître la quantité et la qualité des espèces végétales cultivées touchées par l'orpailage. Des inventaires floristiques dans les champs de culture et des sondages de rendement culturaux ont été réalisés.

Au vu des tonnes des terres déplacées par l'érosion du sol, entraînant la modification de qualité de l'eau courante, l'analyse physico-chimique des sols, l'analyse physico-chimique des eaux sur place et en laboratoire était nécessaire.

I-5- Etude cartographique

Les études ont utilisé Le Système d'Information Géographique : géo-référentiel et cartographie des lieux affectés, analyse thématique, utilisation d'images satellites de différentes dates.

I-6-Analyse des données

Cette partie nécessite notamment l'utilisation des logiciels bureautiques (EXCEL) pour traiter des données simples. Pour les données peu compliquées, l'analyse a été faite à l'aide d'une étude comparative et d'une corrélation à l'aide du logiciel spécifique : XL-STAT 7.1.

II-RESULTATS ET INTERPRETATIONS

II-1- Résultat 1

II-1-1Surface annuelle de terrain agricole détruit (Riz, girofle, café, confondus)

Environ 0,8 à 2 ha de terrain agricole sont détruits par l'activité d'orpaillage au niveau du site d'exploitation (Figure 1).

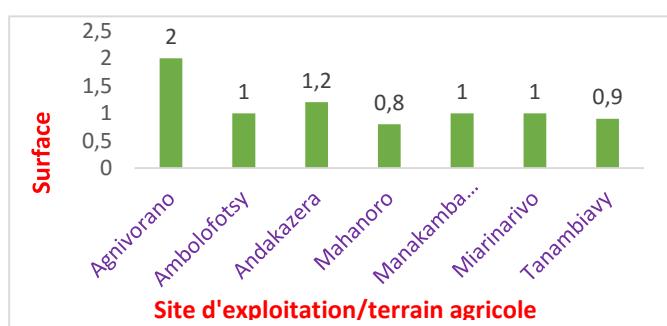


Figure 1 : Surface annuelle détruit par site d'exploitation ou terrain agricole

II-1-2- Spéculations agricoles concernées par les dégâts liés à d'orpaillage

Dans la zone d'étude, les produits agricoles sont, à la fois, les principales sources de revenu et d'approvisionnement d'aliment pour la population riveraine.

La figure suivante montre les différents types de culture impactés par la pratique de l'extraction aurifère artisanale.

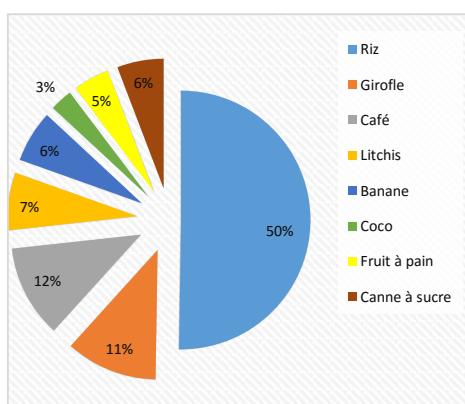


Figure 2 : Type de culture concerné par les dégâts

Les dégâts touchent surtout la culture de riz, aliment de base (à hauteur de 50%) et les cultures de rente, principales sources de revenus (café + girofle à hauteur d'environ 23%).

II-1-3- Animaux domestiques piégés dans les trous laissés par l'exploitation

L'élevage fait partie des activités secondaires ou complémentaires en termes de génératrice de revenus pour les habitants de la zone. L'élevage des animaux domestiques dans cette zone reste encore traditionnel, c'est-à-dire les animaux aillent partout pour trouver des nourritures. Une pratique d'élevages qui expose d'une façon permanente les animaux en danger, soit face au voleur, soit face à des accidents.

Par rapport à la pratique de l'extraction aurifère artisanale, les trous laissés par les artisans deviennent des pièges mortels pour les animaux domestiques, tels que volaille, porcs et zébus (Figure 3 et photo 1).

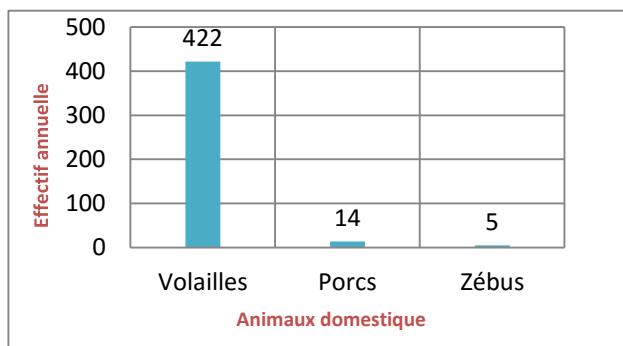


Figure 3 : Type d'animaux domestique victime de chute par les trous

II-2-Résultat 2 : Erosion du sol

Les travaux d'exploitation aurifère artisanale provoquent la destruction massive de l'environnement tels que l'accumulation de sédiment, l'érosion du sol et l'ensablement de champ de culture. La conséquence de ce type d'activité (exploitation aurifère artisanale) est la destruction des cultures, entraînant une diminution considérable de la production agricole et une perturbation de la chaîne alimentaire des paysans.

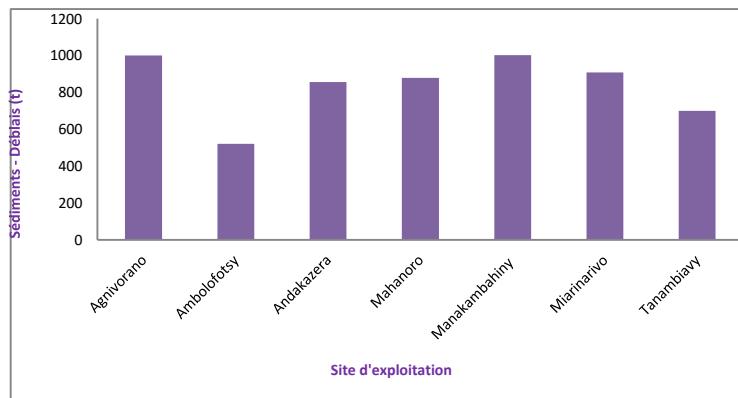


Figure 4 : Quantité de sédiments déplacés par l'érosion

Les résidus du processus d'exploitation sont très chargés en matières en suspension (300 g/l), polluant les rivières et la nappe phréatique, lesquelles deviennent non potables pour la population.

Des tonnes de sédiment sont déplacées par l'érosion du sol (Figure 4). Des milliers de tonne de sol sont déplacés par l'érosion après des activités et déversent dans l'eau provoquant la pollution de l'eau courante.

III-DISCUSSION

La pratique d'orpaillage à Vavatenina provoque la destruction d'une importante parcelle de cultures, perte de production et rendements agricoles. Par contre, elle crée d'emplois non agricoles et améliore les revenus des ménages des orpailleurs. Cette pratique contribue donc à l'amélioration des conditions de vie de certaine personne, qui leur permettent d'avoir de sécurité alimentaire, de liquidité monétaire et d'assurer l'éducation de leurs enfants.

Certes, l'argent généré par l'orpaillage n'est pas réinvesti dans l'agriculture (Rakotomavo al. 2017), d'où « un orpaillage destructif pour l'Agro-écologie et une Agriculture « gênante » pour l'orpaillage ».

Malgré les pertes agricoles, les exploitants n'en sont guère victimes sur le plan alimentaire. Ils arrivent à améliorer leur alimentation grâce aux recettes générées par la vente de produits miniers. Ce constat est même généralisé chez les paysans propriétaires de terrains agricoles, qui se sont convertis provisoirement en exploitants miniers (Moma et al., 2017).

Ce système n'est pas viable, vu qu'il nécessite perpétuellement de nouveaux espaces à exploiter et à défricher. Il est tributaire de la quantité de produits aurifères obtenue.

A l'état actuel des pratiques d'exploitation minière à Vavatenina, le niveau de sécurité alimentaire des exploitants et des agriculteurs riverains semble être préservé. Cette situation est toutefois précaire et non durable, aussi bien sur le plan socio-économique que sur le plan agro-écologique (Moma et al., 2017).

V-CONCLUSION ET PERSPECTIVE

Les travaux d'orpailage mettent en danger le niveau de la production agricole de la zone et un bon nombre de paysans est victime. Ses portées économiques et agro écologique positives sont limitées et la sécurité alimentaire des gens est ainsi faiblement améliorée.

Dans ce cas, les petites exploitations minières artisanales mettent en danger et apportent des effets néfastes au niveau de l'agriculture des paysans et des orpailleurs. Pour une bonne compatibilité entre les petites activités d'orpailages et Agro-biodiversité durable, voici quelques pistes de réflexion :

- Conduite une étude d'impact stratégique et renforcement de capacités des exploitants en matière d'environnement et agriculture durable,
- Formalisation des activités d'exploitation,
- Suivi strict du respect de la mise en œuvre du cahier de charges environnementale octroyé par l'administration,
- Mise en place d'un mécanisme de réinvestissement des revenus miniers dans l'Agro-biodiversité et vice versa.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- Agro-écologie et droit à l'alimentation, Rapport d'Olivier de Shutter présenté à la 16e session du Conseil des droits de l'homme de l'ONU, mars 2011, 23 p.
- 2- Dupon J. F., 1986, les effets de l'exploitation minière sur l'environnement des îles hautes : le cas de l'extraction du minerai de nickel en Nouvelle-Calédonie
- 3- En route vers l'agro-écologie, recueil d'expériences, réseau InPact Poitou Charentes (réseau d'agriculteurs pour une agriculture plus citoyenne et plus territorialisée), décembre 2014, 32 p.
- 4- FAO (2008) : L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde, Rome, Italie
- 5- Jaffre T., Latham M., Schmid M. -1977. Aspects de l'influence de l'exploitation du minerai de nickel sur la végétation et les sols en Nouvelle-Calédonie. Cah. ORSTOM, Ser. Biol., Vol. XII, no. 4 pp. 307-321.
- 6- L'agro-écologie à Madagascar - Analyse des conditions d'adoption paysanne de diverses techniques agro-écologiques à partir des expériences de coopération d'AVSF – Brice Dupin -
- 7- L'agro-écologie, un nouvel horizon pour l'agriculture, Michel Griffon in revue Etudes, décembre 2014, p.31-39
- 8- Les moissons du futur, comment l'agro-écologie peut nourrir le monde, Marie-Dominique Robin, La Découverte-Arte éditions, 2012, 297 p.

OUTILS, SUIVI

16. L'utilisation des TIC dans la diffusion des connaissances sur les adventices des cultures

ANDRIANAVALONA Razaiarisoa Voahangy¹, RAMAMONJIHASINA Mamy Marcel¹; ANDRIANAIVO Alain Paul¹; RANDRIAMAMPIANINA Jean Augustin², Thomas LE BOURGEOIS³

¹- FOFIFA/CENRADERU Département de Recherches Agronomiques, Madagascar ; ²- FOFIFA/CENRADERU Département de Recherches Rizicoles, Madagascar ; ³- CIRAD Montpellier, France

Résumé

Au même titre que d'autres espèces végétales, les adventices font partie de la biodiversité. Certaines sont nuisibles (*Acanthospermum australe*), tandis que d'autres au contraire présentent un intérêt alimentaire (*Bidens pilosa*) ou pharmaceutique (*Centella asiatica*). Quand elles concurrencent les plantes cultivées, leur gestion représente une contrainte majeure au niveau des systèmes de culture, car elles consomment du temps, du travail et de l'argent. La constitution d'une base de données s'avère alors indispensable pour une lutte rationnelle et intégrée contre ces adventices.

C'est, à ce titre, que le Projet WIKWIO (Weed Identification and Knowledge in the Western Indian Ocean) a été initié. Outre, les méthodes classiques d'enquêtes ethnobotaniques et de constitution d'herbiers, les TIC viennent renforcer les connaissances sur ces adventices. Une plateforme collaborative ou page web bilingue <http://portal.wikwio.org> permet d'avoir accès à la base de connaissances en tant que simple

utilisateur ou d'y contribuer en tant que membre. 06 modules principaux y sont disponibles : espèces, observations, cartes, documents, listes et IDAO. Le module espèces détaille les informations botaniques, l'occurrence ainsi que les méthodes de lutte, alors que le module IDAO (IDentification Assistée par Ordinateur) permet, par la combinaison des caractères morphologiques de l'échantillon, de dresser un portrait-robot, le plus proche possible de l'aventice, cela sans nécessiter des connaissances préalables en botanique ou en taxonomie.

En plus de ce portail, deux autres applications mobiles utilisables on line ou offline concourent à la diffusion des connaissances sur les adventices directement au champ : IDAO et CS (science citoyenne). Cette dernière permet l'enregistrement automatique d'observations au champ. Ces deux applications sont téléchargeables via Apple App Store pour IOS et Google Play Store pour Android.

Actuellement, quelques 420 espèces d'aventices de Maurice, Comores et Madagascar sont recensées dans le portail WIKWIO. Les observations envoyées sont validées par un panel d'experts avant d'y être diffusées.

Le portail est une interface entre la communauté scientifique (chercheurs de diverses disciplines, de diverses institutions, de divers continents), et le grand public (vulgarisateurs, techniciens, paysans) dépassant les barrières temporelles, spatiales et intellectuelles et contribuant à une réelle démocratisation de la connaissance.

Mots-clés : biodiversité, adventices, TIC, portail, IDAO, CS, connaissance

Introduction

Les adventices concurrencent les cultures, en termes d'eau, d'éléments minéraux, d'espace et de lumière. Elles provoquent des pertes considérables, pouvant aller de 20 à 80% du rendement. Leur gestion représente un coût important, notamment en temps de travail. Une meilleure connaissance des adventices, notamment, de leur biologie et écologie, permettrait d'optimiser leur gestion, en les maintenant en dessous du seuil de nuisibilité.

Le Projet WIKWIO « Identification et connaissance des adventices des cultures dans l'Ouest de l'Océan Indien » a été initié pour apporter des réponses à ce problème. L'utilisation des TIC pour créer une base de données, connaître les espèces et diffuser les connaissances sur les adventices peut aider à mieux savoir quand, comment et où agir.

Matériel et méthode

Les TIC

- Le portail WIKWIO est un portail web 2.0. Il inclut une plateforme collaborative regroupant une communauté multi-acteurs de chercheurs, d'enseignants, de techniciens, de vulgarisateurs, d'étudiants, d'agriculteurs et de citoyens. Une version online est consultable à l'adresse : <http://portal.wikwio.org>. Une version offline du module IDAO (Identification Assistée par Ordinateur) pour Windows est téléchargeable sur <http://bit.ly/2h2fr8G>.

- 2 applications mobiles sont associées au portail : WIKWIO IDAO et WIKWIO CS (Science Citoyenne). Ces 2 applications peuvent être téléchargées via Google Play Store pour Android et Apple App Store pour IOS.

L'alimentation et l'utilisation des TIC

- Les données recueillies lors des enquêtes ethnobotaniques : photos, noms vernaculaires, herbiers, documents, connaissances traditionnelles servent à alimenter le portail. Elles sont validées par des experts avant leur diffusion.

- La consultation est libre pour le simple utilisateur, et la consultation ainsi que la contribution sont accessibles aux personnes inscrites, en tant que membres. L'interactivité du portail prend alors tout son sens. Les membres peuvent poster des photos, des cartes, des commentaires, et demander de l'aide pour identifier ou pour confirmer certaines observations. Des collaborations et des réseaux ou des groupes thématiques de travail peuvent s'organiser à travers le portail.

- Les applications mobiles sont surtout des outils de terrain. C'est une technologie de proximité qui se rapproche du paysan. WIKWIO IDAO vise à faciliter l'identification d'une adventice par la combinaison de la construction d'un portrait-robot et du calcul d'indices de similarité. Plus il y a de caractères renseignés, moins il y a d'espèces correspondantes. L'application ne nécessite aucune connaissance botanique préalable et tolère les erreurs.



- WIKWIO CS, comme son nom l'indique est une participation citoyenne. Elle permet de prendre des photos géo localisées en temps réel au champ et de les envoyer immédiatement sur le portail ou plus tard lorsqu'une connexion est disponible. L'avantage est la rapidité des communications, aussi bien en termes de distance que de temps. Un gain appréciable est obtenu lorsqu'il s'agit d'une situation nécessitant des décisions urgentes comme l'irruption d'une nouvelle adventice par exemple.



En résumé, le portail WIKWIO ambitionne le schéma suivant :



Résultats

- Les prospections ont été réalisées sur les axes routiers RN1, RN2, RN3A, RN4, RN5, RN6, RN7, RN9, RN11a, RN12, RN25, RN34, RN41, RN44.
- 353 espèces de Madagascar sont introduites dans la base de données WIKWIO, et 67 nouvelles espèces ajoutées.
- 03 étudiants ont soutenu leur Masters : 02 en Mention Ecologie et Biologie Végétales de la Faculté des Sciences d'Antananarivo, et 01 de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. Ils ont été formés à l'exploitation du portail et surtout à l'utilisation des outils IDAO et CS.
- Le portail se présente avec 6 modules. Actuellement, des informations sur 460 espèces ont été postées, 10 768 observations, 1 carte, 103 documents, 4 listes d'adventices respectivement de Madagascar, des Comores, de l'Ile Maurice et de la Réunion, et 420 adventices identifiées dans IDAO.



- WIKWIO IDAO a servi à la formation de techniciens, étudiants, chercheurs et enseignants. C'est un outil très pratique et facile à utiliser. 08 formations pour 111 participants ont été réalisées. IDAO est disponible pour Windows, Linux, Mac, IOS et Androïd.

Conclusion et perspectives

Le portail WIKWIO présente une limite : une adventice peut ne pas être identifiée avec IDAO si elle ne fait pas partie des 420 espèces présentes dans l'application. Mais la communauté WIKWIO peut pallier à cet inconvénient par sa participation et son partage d'informations.

Seuls l'assiduité et le feed back des utilisateurs permettront de corriger les imperfections des applications, et d'améliorer leur performance. Nous sommes donc encouragés à tester ces applications, et à informer les développeurs sur les fonctionnalités qui nous faciliteront la vie.

L'application IDAO ouvre de nombreuses perspectives. Elle se pratique sur les adventices, mais peut s'étendre sur les insectes, les maladies, etc... pour peu qu'on puisse numériser et constituer une base de données des principales informations concernant ces organismes. Nous avons une Ecole Nationale d'Informatique dont les développeurs peuvent collaborer avec les scientifiques.

Les avancées technologiques devraient bénéficier à tout un chacun afin d'améliorer les activités économiques. Les applications mobiles en sont un exemple pratique. Les TIC s'inscrivent dans le processus de développement si on sait les exploiter et les utiliser à bon escient, et constituent une véritable démocratisation du savoir, en dépassant les frontières intellectuelles, spatiales et temporelles.

Références bibliographiques

<http://portal.wikwio.org>

17. WIKWIO IDAO : Outil d'identification des adventices de l'Ouest de l'Océan Indien assistée par ordinateur

Mamy Marcel RAMAMONJIHASINA¹ ; Voahangy ANDRIANAVALONA¹ ; Alain Paul ANDRIANAIVO¹ ; Jean Augustin RANDRIAMAMPIANINA²; Thomas LEBOURGEOIS³

1 : Département de Recherches Agronomiques Ambatobe, FOFIFA, Madagascar 2 : Département de Recherches Rizicoles Tsimbazaza, FOFIFA, Madagascar 3 : CIRAD, Montpellier, France

Résumé :

L'identification des adventices d'une culture est une phase primordiale pour accéder à l'information nécessaire à l'élaboration de moyens de lutte performants. La reconnaissance des adventices et la connaissance de leur comportement (Cycle, mode de multiplication, etc...) sont indispensables pour raisonner les méthodes de lutte.

Les difficultés rencontrées par les acteurs agricoles (Paysans, conseillers agricoles...), non botanistes pour réaliser cette identification avec les outils classiques comme les flores ou les manuels (trop techniques, inefficaces pour les plantules ou les spécimens incomplets, processus difficile à suivre...) a amené à développer un nouveau système de reconnaissance, assistée par ordinateur appelé IDAO (IDentification Assistée par Ordinateur). L'objectif de ce logiciel est d'aider à reconnaître les principales d'entre elles pour mieux les combattre.

La dernière en date est le WIKWIO IDAO, pour les adventices de l'Ouest de l'Océan Indien. WIKWIO IDAO permet d'identifier 422 espèces de adventices des principaux systèmes de cultures vivrières et de rente dans l'Océan Indien et de l'Afrique notamment Madagascar.

IDAO WIKWIO est multilingue et multiplateformes informatique. Il peut être utilisé sur PC on-line (en utilisant l'internet) ou off-line (installable à partir d'une Clé USB ou téléchargeable sur la plateforme wikwio portal) ou directement au champ sur smartphones et/ou tablettes sous-systèmes Android et/ou IOS.

Ce logiciel a la particularité d'utiliser un système d'identification, il s'agit pour l'utilisateur de construire le portrait-robot de l'échantillon qu'il doit identifier. Les espèces sont listées en permanence en fonction de leur similitude avec ce portrait-robot. Chacune des 422 espèces introduites dans WIKWIO IDAO est décrite par une série de photographies, par une fiche d'informations (classification taxonomique, Noms scientifiques synonymes, Noms vernaculaires, Description, Biologie, Ecologie, Habitat, Lutte, Utilisation, Distribution, ...). Ces informations sont accessibles à tout moment sous la forme de pages au format Html disponibles localement ou sur un site Internet.

Mots clés : identification assistée par ordinateur, portrait-robot, IDAO, adventices, océan indien

Introduction

Les adventices de cultures sont responsables de 5 % des pertes de récolte en zone tempérée et généralement de plus de 25% en zone tropicale (Le bourgeois et Marnotte, 2002). La gestion de l'enherbement est donc une préoccupation majeure des agriculteurs. La question « comment désherber

ma parcelle ? est généralement suivie d'une autre question : quelles sont les adventices de la parcelle ? » Ainsi, l'accès à l'information pour l'élaboration et la mise en œuvre de moyens de lutte performants nécessite en premier lieu une identification précise des adventices.

Pourtant, l'identification des adventices est souvent un exercice difficile. Il existe déjà des flores spécifiques de l'Afrique de l'Ouest. Toutefois, ce sont des ouvrages généraux, essentiellement botaniques, adorables seulement par des spécialistes, ou bien ils sont consacrés aux seules mauvaises herbes, mais alors, sans clé de détermination précise, sans confusion possible (Merlier et Montégut, 1982). Malheureusement, ce type d'ouvrage est rare, concernant la flore de Madagascar. Même si l'ouvrage existe, il est limité en nombre d'espèces, et ne fait pas reposer l'identification des plantes sur des clefs de détermination précises (Husson *et al.* 2010). De plus, ces flores ne permettent que rarement l'identification d'une plante à un stade jeune ou lorsqu'on ne possède qu'un bout de tige avec quelques feuilles. La terminologie botanique est généralement peu compréhensible pour les non spécialistes. Les noms vernaculaires sont souvent ambigus tandis que les noms latins sont peu connus.

Une forte demande des acteurs de terrain, particulièrement en zone tropicale, a amené depuis les années 90 à développer un système d'identification graphique, appelé IDAO (Identification Assistée par Ordinateur) Grard, 1996, afin d'identifier des adventices à n'importe quel stade de développement, sans connaissance préalable en botanique. Cet outil est également un support de diffusion d'information sur les espèces et un outil de formation. La première application publiée en 1996, Adventrop, portrait sur les adventices des cultures annuelles d'Afrique tropicale (Grard *et al.*, 1996). Elle fut suivie par AdvenRun en 2000 pour adventices de la Réunion (Le Bourgeois *et al.*, 2000) ; Oscar, pour les adventices des rizières de la plaine indo-gangétique (Inde) (Grard, 2005) et Oswald, pour les adventices des rizières du Laos au Cambodge (Grard *et al.* 2006) ; AdventOI, pour les adventices des îles du Sud-Ouest de l'Océan Indien (Le Bourgeois *et al.*, 2008). La dernière en date est l'IDAO WIKWIO, pour les adventices de l'Ouest de l'Océan Indien (Le Bourgeois *et al.*, 2014).

Le système IDAO WIKWIO

Le système IDAO WIKWIO fonctionne à l'aide d'un portrait-robot qui permet l'identification d'un ensemble de 420 espèces d'adventices ou mauvaises herbes de systèmes de cultures de l'océan Indien avec leurs fiches descriptives, à tout stade de développement ou à partir d'échantillons incomplets, sans nécessiter de connaissance préalables en botanique ou en taxonomie.

Les fiches descriptives

Ce sont des pages au format HTML. Ces fiches sont accessibles, soit depuis le CD-ROM et/ou la clé USB de l'application ou le disque dur, soit via internet. De cette façon, l'utilisateur accède constamment à des fiches d'informations. Les fiches descriptives mentionnent de code international EPPO de l'espèce, son nom scientifique accepté ainsi que ses différents synonymes, noms vernaculaires et noms communs. Une série de photos à différents stades de développement et portant sur différents organes caractéristiques ainsi qu'un dessin botanique, illustrent la plante. Une carte de distribution peut être présentée. La description dans la plante porte sur la plantule et l'adulte décrivant tous ses caractères ce qui permet d'en vérifier l'identification. Des informations sur la biologie, l'écologie, le degré de nuisibilité, les usages et les moyens de lutte sont également illustrées dans la fiche descriptive. Pour l'ensemble de ces descriptions et informations, l'utilisation d'un minimum de termes techniques est nécessaire.

Disponible en plusieurs langues

Le multilinguisme est utilisé pour les applications à vocations nationale et ou régionale pluriethnique et multilingue, tant pour le portrait-robot que pour les fiches d'informations. Comme le cas d'IDAO WIKWIO qui gère le portrait-robot et les fiches descriptives de chaque espèce en anglais et en français.

Le développement multiplateforme

IDAO WIKWIO est développée en langage visual basic 6 et en langage java de façon à - fonctionner selon les différents modes sur différentes plateformes :

- Identification et information directement via internet <http://www.wikwio.org/idao>
- Identification sur PC à partir d'un IDAO installé depuis un CDROM, un Clé USB ou un téléchargement via du site web <http://portal.wikwio.org>.
- Identification et information sur des smartphones et tablettes mobiles à partir d'une application IDAO téléchargé depuis **Play store** ou **Apple store**.

Le système d'identification

Le système d'identification utilisé dans l'IDAO combine la construction d'un portrait-robot de plante et calcul d'indice de similarité. Il s'agit pour l'utilisateur de construire le portrait-robot de l'échantillon qu'il doit identifier. Nous sommes partis du postulat que toute personne, même non botaniste ayant collecté un échantillon de plante est capable de dire en quoi l'espèce collectée est différentes des espèces du lieu.

L'utilisateur va donc pour renseigner les caractères particuliers qu'il a pu observer sur son échantillon et qui lui permettent de différencier l'espèce. Tous les caractères utilisés sont des caractères qualitatifs de disjonctés en fonction de leurs modalités. Le choix des caractères à renseigner et de leurs états se fait de manière graphique, à l'écran, à partir du portrait-robot qui, au départ, symbolise une plante théorique (figure 1)

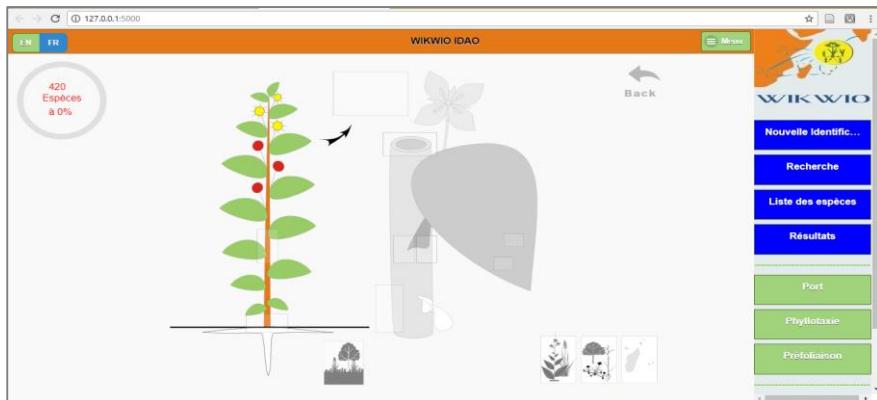


Figure 1 : Portrait-robot initial présentant une plante théorique et les différents caractères qui peuvent renseignés

En cliquant sur le caractère à décrire (par exemple le couleur de la fleur), une nouvelle fenêtre s'ouvre présentant les différentes modalités possibles de ce caractère (figure 2).

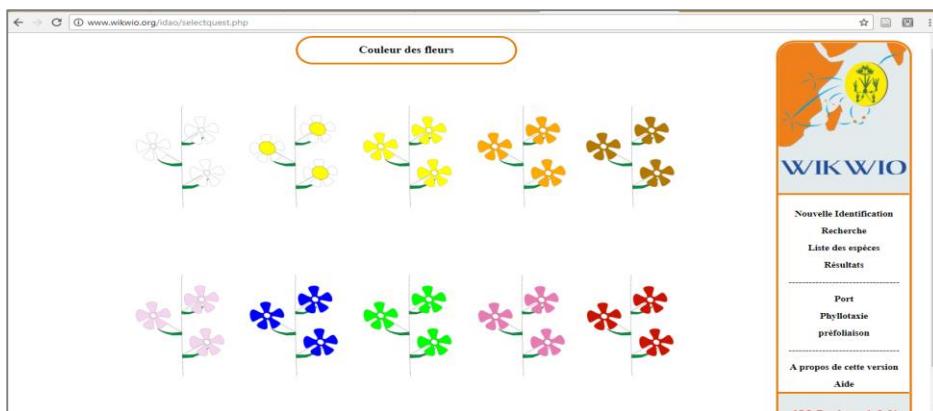


Figure 2 : le caractère couleur des fleurs présente 10 modalités (Blanches, Jaunes et blanches, Jaunes, Oranges, brunes, Roses, bleues, vertes, Violettes à mauves, Rouges)

Il suffit de choisir la modalité correspondant à l'échantillon. Celle-ci est alors prise en compte et le portrait-robot est mis à jour.

De façon à favoriser la reconnaissance au stade végétatif, les caractères portent principalement sur des caractères morphologiques végétatifs globaux (tige, feuille, phyllotaxie...) ou détail (forme de la marge du limbe, pilosité de la face supérieure...). Certains caractères de l'appareil reproducteur sont également utilisables (inflorescence, couleur de fleur, fruit...). De même, pour des outils d'intérêt régional la répartition géographique de l'espèce peut être prise en compte dans le portrait-robot. Par exemple, une plante lianescente à feuilles alternes, composées, trifoliolées, à stipules triangulaires, se traduirait par le portrait-robot avancé de la figure 3.

Contrairement à une flore classique hiérarchique, les caractères à renseigner peuvent être choisis dans n'importe quel ordre, en fonction de la plante à identifier et/ou du choix de l'observateur. De plus, un caractère renseigné précédemment peut être repris et modifié ultérieurement sans pour autant modifier ou perdre les informations issues des autres caractères.

Chaque fois qu'un nouveau caractère est renseigné, le logiciel calcule l'ensemble des indices de similarités entre chacune des espèces et la description faite par l'utilisateur sur le portrait-robot. Cet indice de similarité correspond au rapport entre la somme des états de caractères pondérés communs au portrait et l'espèce considérée et la somme des états de caractères pondérés décrits dans le portrait-robot (Grard, 1996).

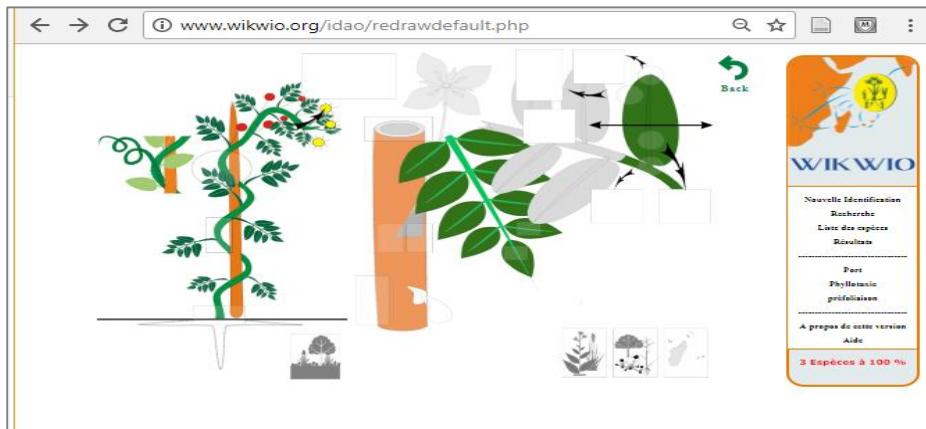


Figure 3 : Portrait-robot avancé mettant en évidence l'ensemble des caractères renseignés.

La liste des espèces triées par ordre décroissant de similarité et leurs fiches descriptives sont accessibles à tout moment par la fonction « Résultats » (figure 4). La fiche de n'importe quelle espèce est accessible même si son coefficient de similarité est inférieur 100%. Il n'est donc pas nécessaire de renseigner le portrait-robot jusqu'à ce qu'il ne reste plus qu'une seule espèce à %. L'utilisateur peut ainsi comparer les photos et les fiches descriptives des quelques espèces qui se trouvent en tête de liste.

Espèces	Pourcentage	Erreurs
<i>Cardiospermum microcarpum</i> Kunth	100%	-
<i>Vicia hirsuta</i> (L.) Gray	100%	-
<i>Vicia sativa</i> L.	100%	-
<i>Antigonon leptopus</i> Hook. & Arn.	67%	vue
<i>Calanus scarabaeoides</i> (L.) Thouars	67%	vue
<i>Calopogonium mucunoides</i> Desv.	67%	vue
<i>Centrosema pubescens</i> Benth.	67%	vue
<i>Citorea heterophylla</i> Lam.	67%	vue
<i>Coccinia grandis</i> (L.) Voigt	67%	vue
<i>Desmodium intortum</i> (Mill.) Urb.	67%	vue
<i>Desmodium uncinatum</i> (Jacq.) DC.	67%	vue
<i>Gloriosa superba</i> L.	67%	vue
<i>Ipomoea quamoclit</i> L.	67%	vue
<i>Lathyrus purpureus</i> (L.) Sweet	67%	vue
<i>Macropitillum atropurpureum</i> (DC.) Urb.	67%	vue
<i>Macropitillum latifolium</i> (L.) Urb.	67%	vue
<i>Merremia aegyptia</i> (L.) Urb.	67%	vue
<i>Mimosa diplotricha</i> Sauvage	67%	vue
<i>Momordica charantia</i> L.	67%	vue
<i>Murraya koenigii</i> (L.) L'Her.	67%	vue

Figure 4 : Lors de la visualisation des résultats, les espèces sont listées par ordre de similarité mais n'importe quelle fiche est accessible par un clic sur le nom d'espèce.

Lorsque plusieurs espèces ont un coefficient de 100% et que l'utilisateur ne sait quel nouveau caractère renseigner, il peut utiliser la fonction « Recherche » du logiciel, afin de choisir le caractère le plus pertinent pour séparer ce groupe d'espèces. Si le caractère proposé par le logiciel ne peut être renseigné (organe manquant ou peu visible sur l'échantillon), l'utilisateur peut demander au logiciel un autre caractère jusqu'à ce qu'il soit en mesure de le renseigner. Ainsi, l'utilisateur peut être plus ou moins assisté par le logiciel dans le logiciel dans son processus de construction du portrait-robot et l'identification.

Si une espèce a une similarité inférieure de 100 %, le logiciel affiche un éclair rouge pour mettre en évidence le ou les caractères renseignés dans le portrait-robot qui ne correspondent pas à l'espèce considérée. L'utilisateur peut alors revenir à la fenêtre du portrait-robot sur lequel les caractères mal renseignés sont indiqués par une flèche rouge. Ces caractères peuvent ainsi être modifiés sans perturber les autres caractères déjà renseignés.

Un utilisateur averti ayant identifié l'espèce sans utiliser le portrait-robot peut accéder directement aux fiches descriptives pour confirmer son identification ou obtenir des informations sur l'espèce. Il pourra alors y accéder par tout le type de nom scientifique (accepté ou synonyme ou par les noms vernaculaires).

Discussion

L'identification des adventices n'est pas chose facile, mais elle est très importante pour une gestion appropriée de l'enherbement. Jusque dans les années 90, il n'y avait que trois types d'outils pour aider les usagers à mettre un nom sur un adventice :

- (1) **L'apprentissage oral avec une personne compétente.** Cette méthode utilise préférentiellement les noms communs des espèces ce qui se traduit souvent par des ambiguïtés. En effet, nombre d'espèces ont le même nom commun et chaque espèce peut avoir plusieurs noms communs qui changent d'une région à l'autre. Ceci ne permet pas toujours une bonne fiabilité de l'information, sans compter les confusions possibles entre espèces apparemment semblables.
- (2) **L'utilisation des flores classiques.** Cette méthode présente différentes contraintes. Basées sur la classification Linnéenne, elles ne permettent pas l'identification d'un échantillon incomplet (sans fleur) ou d'une jeune plante, stade auquel l'adventice doit être identifié. Elles utilisent une terminologie difficile à comprendre pour des non-spécialistes et procède par clé dichotomique qui ne tolère pas l'erreur, ni l'absence de réponse. De plus, ces clés nécessitent généralement de renseigner un grand nombre de caractères avant d'arriver à la réponse.
- (3) **Les manuels de terrains.** Ces manuels sont plus faciles à utiliser que les flores par des non-spécialistes, car ils ne possèdent généralement pas de système d'identification. On procède principalement par comparaison d'images. La limite d'utilisation de ces manuels dépend de la qualité et la pertinence des photos ainsi que la qualité des descriptions qui les accompagnent. En effet, nombreux de manuels présentent des photos souvent imprécises (floues, trop éloignées pour distinguer les détails) et des descriptions parfois trop simplifiées pour permettre à l'utilisateur de confirmer une identification. Le nombre d'espèces décrites est généralement limité.

L'idée d'utiliser les capacités informatiques pour identifier des plantes a émergé dans les années 70. L'arrivée du multimédia et de l'internet a ouvert de nouvelles opportunités pour construire de nouveaux types d'outils.

Conclusion

IDAO a été conçu pour aider des utilisateurs non-botanistes à identifier des plantes facilement et avec une grande précision scientifique, grâce à une approche entièrement graphique. Il permet par son système de portrait-robot d'identifier des plantes à n'importe quel stade de développement. Il allie un libre choix de cheminement de la part de l'utilisateur puisque n'importe caractère est accessible dans n'importe quel ordre avec une certaine tolérance aux erreurs. Il fait essentiellement appel à la capacité d'observation de l'utilisateur et non à des connaissances particulières.

Références bibliographie

- Grard P., 1996. Contribution à la méthodologie de l'identification des plantes, assistée par Ordinateur. Thèse de doctorat, Montpellier II, Montpellier, France.
- Grard P., Le Bourgeois T., Merlier H., 1996. Adventrop Doc : les adventices d'Afrique soudano-sahélienne, V. 1.1. CIRAD-CA. Montpellier, France. Cdrom.
- Grard P., 2005. Open source simple computer for Agriculture in rural area (OSCAR). French Institute on Pondicherry, Pondicherry, India. <http://www.ifpindia.org/oscarasia/>.
- Grard P., Homsombath K., Khuon E., Le Bourgeois T., Prospéri J., Risdale C., 2006. Oswald V.1.0 ; A multimedia identification system of the major weeds of rice paddy fields of Cambodia and Lao P.D.R. In Cirad [ed.]. Cirad, Montpellier, France. Cdrom.
- Husson O., Charpentier H. Chabaud F.X., Naudin K., Rakotondramanana, Seguy L. 2010. Les principales plantes de jachères et adventices des cultures à Madagascar. In Manuel pratique de semis direct à Madagascar. Annexe 1. 64p
- Le Bourgeois T., Jeuffraut E., Grard P., Carrara A., 2000. AdvenRun V.1.0. – Principales mauvaises herbes de la Réunion. V.1. Cirad – SPV (Cédérom), Montpellier, France. Cdrom
- Le Bourgeois et Marnotte, 2002. Modifier les itinéraires techniques : lutte contre les mauvaises herbes. In Cirad-Gret-MAE [ed.]. Mémento de l'agronome, 663-684, Montpellier, France.
- Merlier H. & Montégut J., 1982. Adventices tropicales. ORSTOM-GERDAT-ENSH éd., Montpellier, France, 490p

18. Modélisation de chaînes de traitement d'analyse des données pluviométriques pour mieux s'adapter à l'agriculture. Application: Région Alaotra Mangoro, Madagascar

Aimé Richard HAJALALAINA^{1,3}, Angelo RAHERINIRINA² - Adolphe RATIARISON⁴ - Thérèse LIBOUREL^{5,6}

1 – EMIT, Université de Fianarantsoa, Madagascar, 2 – ENS, Ecole Normale Supérieure, Université de Fianarantsoa, 3 – LIMAD, Université de Fianarantsoa, 5 – DyACO, Département de Physique, Université d'Antananarivo, 6 – UMR ESPACE-DEV, Institut de Recherche pour le Développement, Montpellier, 7 – LIRMM, Université de Montpellier, Montpellier,

RÉSUMÉ. Dans cet article, nous proposons la modélisation des chaînes de traitements d'analyse spatio-temporelle des données pluviométriques. Ces données proviennent d'une ré-analyse des données brutes issues des capteurs de satellites météorologiques, qui sont de nature spatio-temporelle. Les chaînes de traitement intègrent des fonctions de critique des données pluviométriques comme la reconstitution de valeurs manquantes, les différents calculs des paramètres de position et de dispersion, l'analyse en composantes principales pour l'élaboration de courbes et de cartes de fin d'analyse en agriculture. La méthodologie que nous avons adoptée, pour la mise en œuvre des chaînes de traitement, est basée sur les concepts de Workflow Scientifique. Le métamodèle SWM (Simple Workflow Model) de Yuan Lin en 2009 et la notion de Contexte de travail ont été introduit pour la modélisation et la formalisation des chaînes de traitement. Les chaînes ainsi produites ont été testées pour étudier l'évolution des précipitations pendant 35 ans dans la région Alaotra Mangoro Madagascar. Les résultats ont permis d'analyser l'évolution spatio-temporelle des précipitations dans cette région. Cela constitue un véritable outil d'aide à la décision pour les agriculteurs dans cette région pour mieux s'adapter aux calendriers agricoles.

MOTS-CLÉS : modélisation, chaîne de traitements, données réanalyse, analyse spatio-temporelle, pluviométrie, agriculture, Madagascar.

1. Introduction

Le changement climatique est un sujet qui préoccupe les scientifiques dans le domaine de l'agriculture. En effet, toutes les activités agricoles dépendent de la variation du climat.

Notre objectif est de modéliser les chaînes de traitements des données de ré analyse pour le suivi de l'évolution spatio-temporelle de la précipitation, afin d'aider les scientifiques à automatiser leurs expériences pour mieux s'adapter au changement climatique. Les effets sur l'agriculture sont notoires : le manque d'eau se traduit par des sécheresses et une baisse de la production. Le surplus d'eau entraîne des inondations, en conséquence une chute de la production [1].

Étant donnée l'évolution technologique des capteurs embarqués à bord des satellites météorologiques, le potentiel des données satellitaires s'accroît de telle manière que la question se pose maintenant de leur exploitation la plus efficace possible. De nouvelles données climatologiques seront accessibles de jours en jours. C'est pour ces raisons que nous proposons des modèles de chaînes de traitements automatiques des données pluviométriques issues de ces dispositifs d'observation. Ces chaînes seront modélisées puis élaborées, en utilisant le métamodèle SWM (Simple Workflow Model) [2], pour assister les climatologues à capitaliser leurs connaissances afin d'analyser les phénomènes pluviométriques existants et d'aider les agriculteurs à mieux s'adapter à ce phénomène.

Pour la mise en œuvre des chaînes modélisées, la région Alaotra Mangoro est choisie comme zone d'étude pour étudier l'évolution de la précipitation car cette région est le premier grenier à riz de Madagascar. Le riz reste la principale culture stratégique et l'aliment de base de la population Malgache. Plusieurs chercheurs constatent aujourd'hui qu'une perturbation climatique dans cette région pourrait avoir des répercussions sur l'approvisionnement en riz au niveau national.

2. Généralité sur les chaînes de traitement

2.1. Notion de chaîne de traitement

Une chaîne de traitements est une suite de traitements élémentaires pour réaliser un objectif spécifique pour une observation ou un événement quelconque. Cette chaîne de traitements effectue un certain nombre de traitements dans un ordre bien précis, l'utilisateur n'ayant aucune influence sur le déroulement des traitements [3]. Dans une chaîne de traitements, on peut trouver différents types de traitements constituant une chaîne tels que le type élémentaire et composite (agrégation de traitements).

2.2. Notion de modélisation de chaîne de traitement

La modélisation d'une chaîne de traitements se fait par la mise en relation des traitements (élémentaires ou composites). Les éléments d'une chaîne sont soit des *Données* (en entrées ou sorties), soit des *Traitements*, soit des *Port* de données ou des *Liens* (pour lier les données et les traitements). Pour faciliter la modélisation des chaînes abstraites à partir d'un métamodèle, un exemple de langage graphique simple SW a été proposé par Lin et al., en 2008 [2] et puis décrit dans sa thèse en 2011 [4]. Mais d'autres

métamodèles existent, tels que UML (Unified Modeling Language) [5], SPEM (Software & Systems Process Engineering Metamodel) [6], BPMN (Business Process Definition Meta Model) [7], BPEL (Business Process Execution Language) [8].

Ces concepts permettent la modélisation des chaînes de traitement et relèvent tous d'efforts de standardisation OMG (Object Management Group), OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards), ce qui est louable en termes d'interopérabilité. Mais Yuan en 2011 [4] a mentionné que le modèle abstrait de SWM est lié à la capitalisation de connaissances et découle du fait que les scientifiques peuvent analyser des protocoles répétitifs et les présenter sous forme de chaînes de traitements à un haut niveau d'abstraction. C'est pour ces raisons que SWM est choisi pour la modélisation des chaînes de traitement des données de ré-analyse sur la précipitation. Les éléments de langage graphiques de SWM sont présentés dans la figure 1.

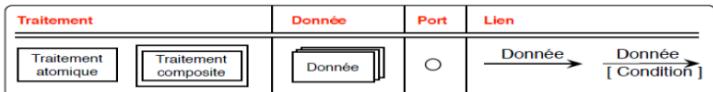


Figure 1. Langage graphique SWM [2]

La figure 2 présente l'ordonnancement séquentiel des traitements T1 et T2. T1 consomme D1 et produit D2 (via deux Liens de données représentés par une flèche). D2 est consommée par T2 qui produit D3 (via deux Liens de données).



Figure 2. Séquence de traitement SWM [4]

3. Modélisation des chaînes de traitement des données pluviométriques

Notre méthode se repose sur une vision informatique de modélisation des chaînes de traitements dédiées à l'étude et analyses spatio-temporelles des données pluviométriques. Pour ce faire, nous utilisons le langage graphique du métamodèle SWM présenté dans la figure 1. Ainsi, nous proposons une chaîne de traitements génériques des données spatio-temporelles de précipitation qui comprend trois grandes étapes qui sont les prétraitements des données brutes de ré-analyse, les traitements d'analyses temporelles et les traitements d'analyses spatiales.

La figure 3 montre la chaîne de traitement proposée qui utilise des données de précipitation brutes, des données de prétraitements, des données d'analyses spatiales et temporelles. D'autre part, la même chaîne est composée des traitements composites, comprenant les prétraitements, les traitements d'analyses temporelles et spatiales.

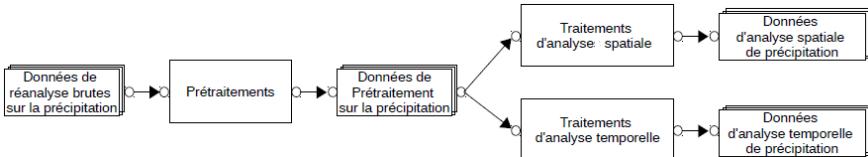


Figure 3. Chaîne de traitements générique des données pluviométriques

Les données brutes de ré-analyse issues des capteurs des satellites subissent différentes étapes de prétraitements pour les transformer en données de prétraitement. Celles-ci seront utilisées communément comme paramètres d'entrée des traitements finaux d'analyses spatiales et temporelles de précipitation. Les résultats de ces deux traitements sont des données d'analyse spatiale et celles d'analyse temporelle.

Etape 1 : prétraitements des données pluviométriques

Les données issues des capteurs des satellites météorologiques, que nous appelons données brutes, ne sont pas tout de suite exploitables ; elles doivent subir un certain nombre de traitements. La chaîne de prétraitement des données pluviométriques (cf. figure 4) que nous proposons reçoit les données brutes qui subissent les prétraitements des données brutes. Ces traitements commencent par le chargement des fichiers de données sources, suivis des corrections des erreurs de mesures ou des données manquantes et la conversion d'unité en cas de nécessité. Ensuite, nous procédons à l'extraction des zones d'intérêt sur les données brutes traitées obtenues. Les Données zones d'intérêt qui en résultent seront interpolées à une résolution plus ou moins haute selon la taille de la zone choisie en utilisant une méthode d'interpolation. Si la zone d'intérêt est assez vaste, c'est-à-dire au niveau national ou interrégional, une résolution haute de l'ordre de $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ suffira. Dans le cas où la zone est petite, c'est-à-dire au niveau régional. Une résolution de l'ordre de $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ ou $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ sera choisie. Les résultats finaux de ce traitement sont les données interpolées.

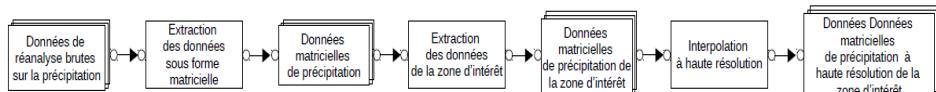


Figure 4. Chaîne de prétraitements des données pluviométriques

Etape 2 : analyse temporelle des données pluviométriques

Pour l'étude temporelle des données climatologiques, nous proposons la chaîne de traitement présentée par la figure 5. Comme l'étude spatiale, cette chaîne prend en entrée les données interpolées, résultats de la chaîne de prétraitement, qui servent comme paramètre d'entrée des deux traitements, les traitements statistiques et traitements spectraux donnant résultats aux données d'analyse temporelle. Les traitements statistiques temporels peuvent regrouper les traitements statistiques appliqués aux données pluviométriques, tels que les moyennes journalière, mensuelle et annuelle, les cumuls journalier, mensuel, annuel. Pour les traitements en analyse spectrale, plusieurs méthodes peuvent être appliquées telles que le calcul d'anomalie, la méthode d'entropie maximale [9] et le filtrage numérique pour le traitement de signal par l'approche type Butterworth [10].

Les résultats de cette chaîne de traitements sont des courbes d'analyse ou des données qualitatives décrivant les variabilités temporelles de la précipitation.

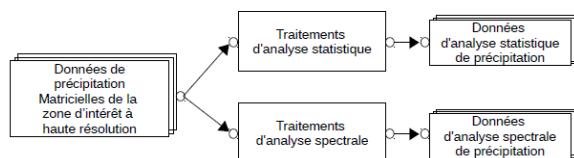


Figure 5. Chaîne de traitements d'analyse temporelle des données pluviométriques

Etape 3 : analyse spatiale des données pluviométriques

Pour l'étude spatiale des données pluviométriques, nous proposons la chaîne de traitement présentée par la figure 6. Cette chaîne prend en entrée les Données interpolées, résultats de la chaîne de prétraitement, et la couche vectorielle correspondant à la zone d'intérêt. Les données sont intégrées dans la couche vectorielle, en utilisant l'opération géométrique d'intersection (en tenant compte du système de coordonnées utilisé). Avec ces données, une carte de précipitation peut être élaborée, qui sera analysée en appliquant les méthodes statistiques. Nombreux sont ces méthodes applicables à l'analyse spatiale des données pluviométriques, parmi eux la répartition spatiale des précipitations (mensuelle, annuelle, décennale), la répartition spatiale du nombre de jours de pluie et l'analyse en composantes principales [11]. Les résultats de cette chaîne de traitement peuvent être des cartes thématiques ou des données qualitatives décrivant la répartition spatiale des précipitations.

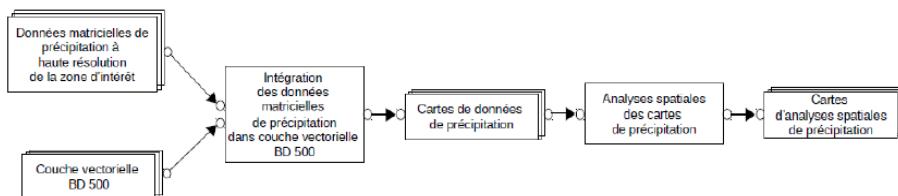


Figure 6. Chaîne de traitements d'analyse spatiale des données pluviométriques

4. Mise en œuvre

4.1. Zone d'étude

Nous avons choisi la région Alaotra Mangoro, comme zone d'étude (figure 7). Elle s'étend sur une superficie de 33054 km². Elle dispose d'une grande superficie cultivable et toutes les spéculations agricoles sont possibles.

Géographiquement, cette région est localisée entre les longitudes 47°Est et 49°Est, et les latitudes 20°S et 16°S.

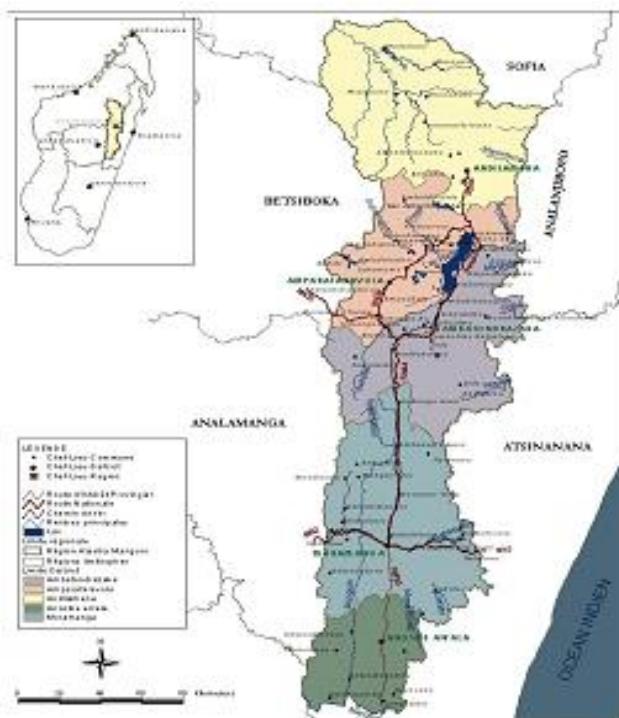


Figure 7. Carte de la région Alaotra Mangoro (sources : FTM BD 500 – Réalisation : UGI Alaotra Mangoro, Madagascar, Juin 2005)

Des changements ont été constatés au niveau de la quantité des précipitations, du raccourcissement de la période des pluies, et du retard des précipitations dans cette région due au changement climatique. Par conséquent, plusieurs hectares de rizières connaissent un manque d'eau remarquable entraînant des perturbations du calendrier culturel. Un retard dans le travail du sol entraîne alors un raccourcissement de la saison de culture, une diminution de superficie cultivée et une baisse de la production [12][13]. Faces à ces problèmes, nous avons besoin d'un outil efficace, facile à mettre en œuvre et réutilisable, qui va permettre d'analyser la précipitation dans cette zone en utilisant les chaînes de traitements d'analyse temporelle et spatiale que nous venons de modéliser.

4.2. Données et outils

Les données de ré-analyse de précipitations traitées sont obtenues sur le site web du European Center for Medium-range Weather Forecast (ECMWF). Ces données sont des données brutes de ré-analyse ERA-Interim [14], de résolution spatiale $1^\circ \times 1^\circ$. Ces données recueillies quotidiennement ont une structure matricielle à trois dimensions (latitude, longitude, jour). Ces données sont géolocalisées dans le système de référence géographique WGS84 (World Geodesic System of 1984).

Les données vectorielles correspondant aux limites administratives de la zone d'étude ont été obtenues auprès du FTM (Foibe Taontsaritan'i Madagasikara), l'institut géographique national de Madagascar, qui s'occupe de la cartographie et fournit les données géographiques de Madagascar.

L'outil MATLAB (Matrix laboratory) est utilisé pour mettre en œuvre les chaînes de traitement élaborées précédemment. MATLAB est un langage de programmation des calculs scientifiques très puissant, qui possède des dizaines de boîtes à comme les boites à outils statistique, traitement de signal et cartographique. Ces boites à outils nous servent à mettre en œuvre les chaînes de traitements.

4.3. Résultats

Les résultats d'exécution des chaînes de traitements des données de ré-analyse sur les précipitations que nous avons conçues précédemment sont présentés dans cette partie. La mise en œuvre de ces chaînes de traitements nous a permis de faire les analyses spatio-temporelles des précipitations dans la région Alaotra Mangoro, Madagascar.

Quelques exemples d'analyses temporelles, spectrales, spatiales et en composantes principales des précipitations au cours de la période de 1979 à 2013 sont présentés respectivement dans les figures 8, 9, 10 et 11. Ces résultats seront interprétés et utilisés par les climatologues et les agriculteurs. Ces derniers s'appuient sur les courbes et les cartes pour l'interprétation de la tendance et le comportement spatio-temporels de la pluviométrie.

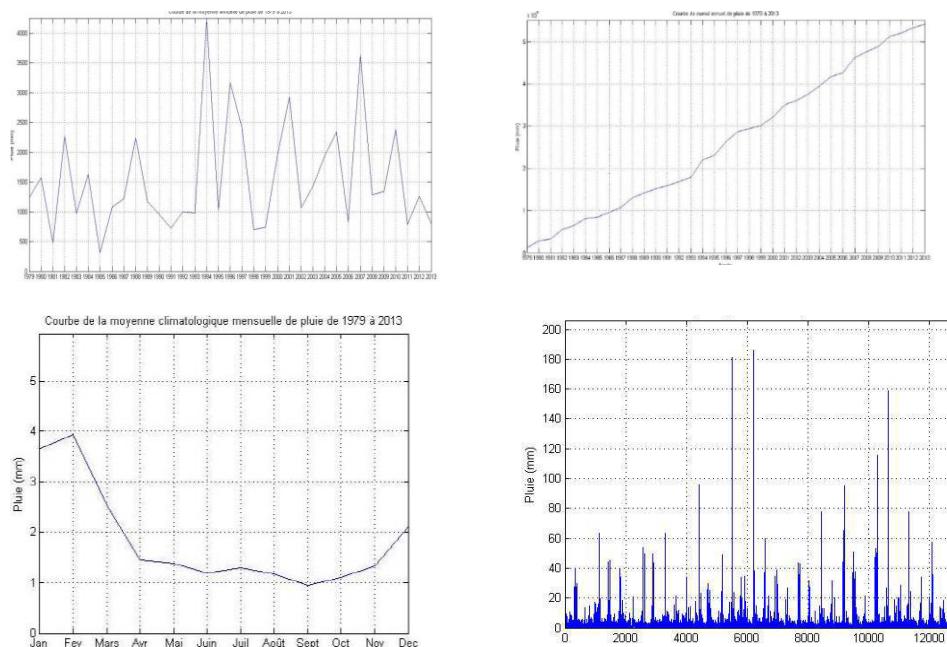


Figure 8. Résultat d'Analyse temporelle des précipitations (moyenne, cumul, moyenne climatologique, moyenne journalière) au cours de la période de 1979 à 2013

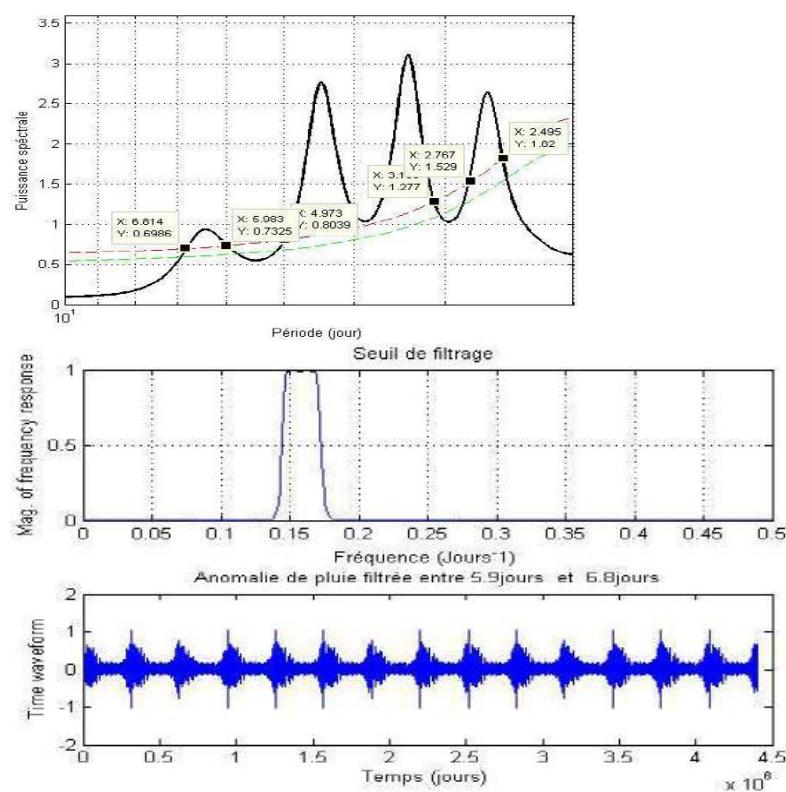


Figure 9. Résultat d'analyse spectrale des précipitations au cours de la période de 1979 à 2013

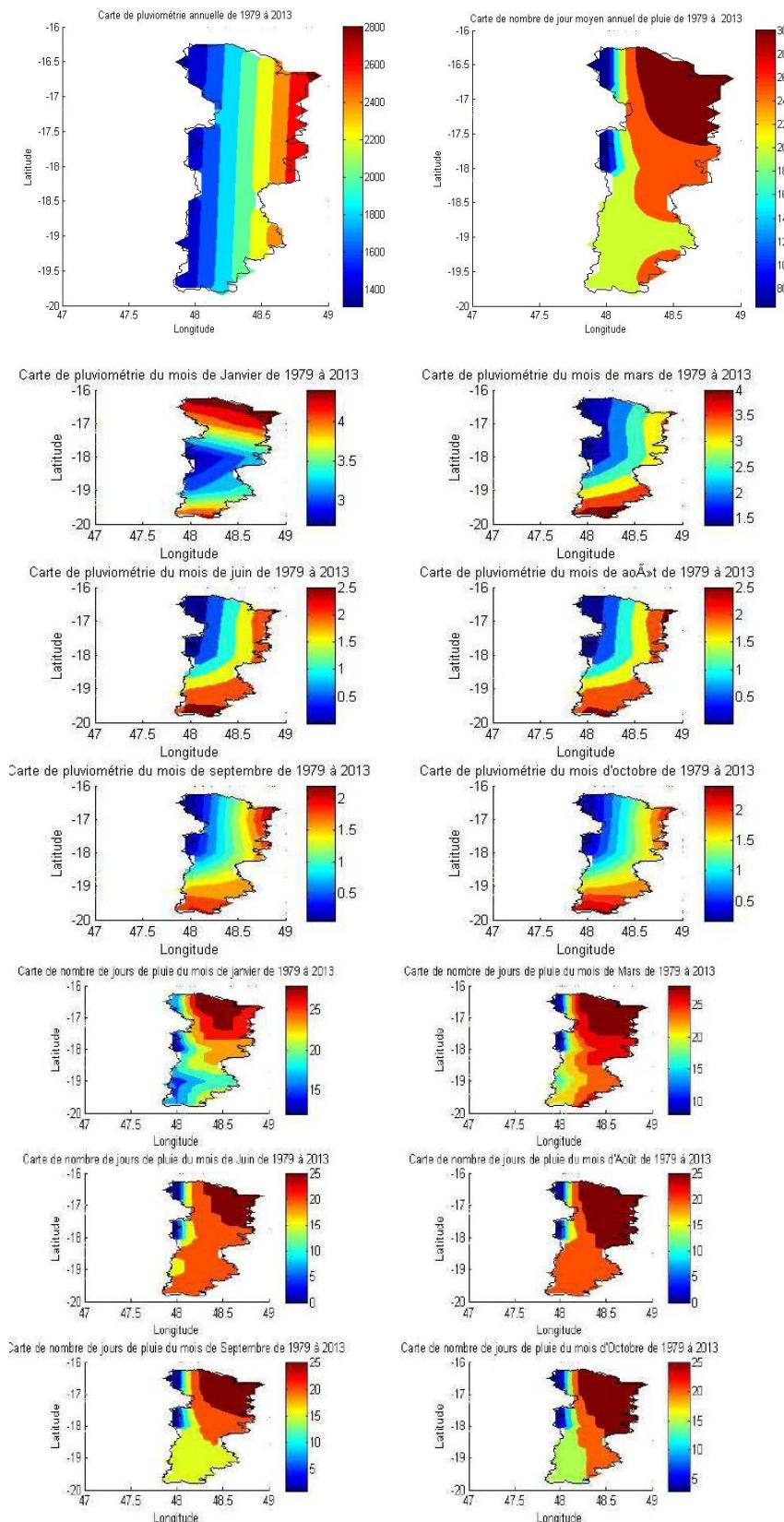


Figure 10. Résultats d'analyses spatiales des précipitations (hauteur annuel de pluie, nombre annuel de jours de pluie, hauteur mensuel de pluie, nombre mensuel de jours de pluie) au cours de la période de 1979 à 2013

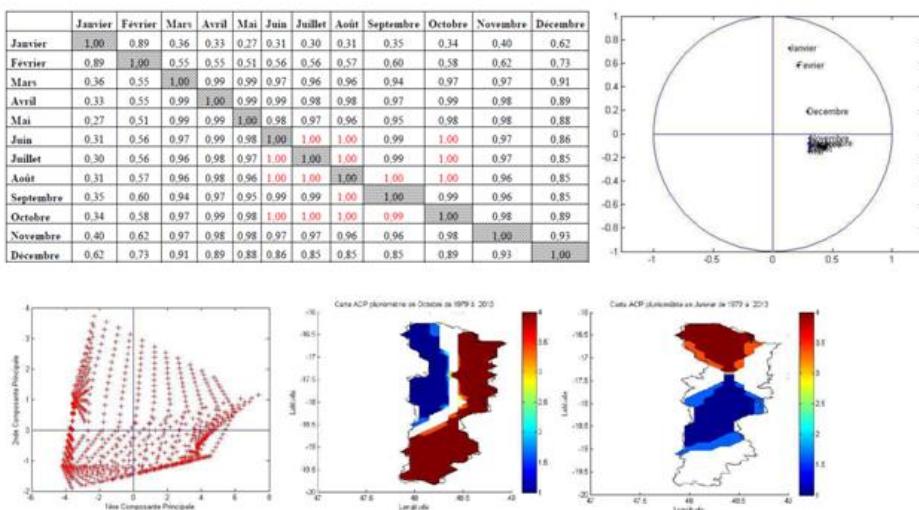


Figure 11. Exemple d'analyse en composante principale des précipitations (Matrice de corrélation, cercle de corrélation, répartition spatiale des pluies en saison humide et sèche) au cours de la période de 1979 à 2013

5. Conclusion

Les chaînes de traitement des données de ré-analyse sur les précipitations modélisées remplissent donc plusieurs fonctions pour l'étude de l'évolution spatio-temporelle des précipitations. Ces chaînes constituent un outil opérationnel adapté au traitement et à la visualisation des données de réanalyse sur la précipitation, couramment utilisé en climatologie, et qui pourra évoluer selon les besoins des scientifiques climatologues ou en fonction de nouvelles données. Ces chaînes de traitements modélisées peuvent être appliquées non seulement dans d'autres régions de Madagascar mais aussi pour l'analyse spatio-temporelle des autres paramètres climatiques tels que la température, la vitesse du vent, l'humidité de l'air et l'humidité spécifique.

Néanmoins, ces chaînes restent toujours abstraites tant que notre point de vue sur la conception de ces chaînes se contente d'une vision algorithmique, sans passer à l'implémentation de ces chaînes dans un outil informatique. Cela nécessite une description des données spatiales utilisées et les traitements concrets de ces données en vue de les formaliser pour pouvoir les intégrer, partager, diffuser et les rendre interopérables dans une plateforme informatique. Cette plateforme constituera un outil d'aide à la décision pour les agriculteurs pour mieux s'adapter aux changements climatiques.

D'un autre côté, une généralisation de modélisation et de formalisation de ces chaînes de traitements sera proposée dans la suite de notre travail, afin de tenir compte de gros volumes de données, de l'interopérabilité de ces chaînes à travers les systèmes d'information des données spatiales existants dans de la climatologie, et cela peut constituer un outil précieux à la mise en place d'une plateforme d'aide à la décision pour appuyer l'agriculture à Madagascar face au changement climatique.

Références Bibliographies

- [1] Ratsivalaka A. S., 2011. Quelques techniques de la télédétection appliquées à Madagascar à l'étude des changements climatiques et leurs impacts sur l'environnement. *Madagascar-Revue de Géographie*, volume 48 Page 12, Juillet 2011- Décembre 2011.
- [2] Lin Y., Mougenot I., Libourel T., 2008. Un nouveau langage de workflow pour les sciences expérimentales. *INFORSID'08 : Atelier ERTSI Evolution, Réutilisation et Traçabilité des Systèmes d'Information*, Fontainebleau, France.
- [3] Hajalalaina A. R., 2015. Formalisation des chaînes de traitements des données spatiales satellitaires. Capitalisation des connaissances sur les thématiques forêts et climat à Madagascar. Thèse de doctorat, Ecole Nationale d'Informatique, Université de Fianarantsoa, Madagascar, pp.313.
- [4] Lin Y., 2011. Méthodologie et composants pour la mise en œuvre de workflows scientifiques. Thèse de doctorat, Ecole Doctorale Information, Structure et Système, Université de Montpellier 2, France, pp. 192.
- [5] OMG, 2004. OMG Object Management Group. Uml 2.0 superstructure specification. October 2004.

- [6] Group, 2008a.OMG Object Management Group. Business Process Modeling Notation, version 1.2 beta 3. Febuary 2008.
- [7] OMG, 2008.OMG Object Management Group. Software Process Engineering Metamodel specification, version 2.0.
- [8] Andrews T., Curbera F., Dholakia H., Goland Y., Klein J., Leymann F., Liu K., Roller D., Smith D., Thatte S., Trickovic I. et Weerawarana S., 2003.*Business Process Execution Language for Web Services, Version 1.1*.
- [9] Picinbono B. et Barret M., 1990. *Nouvelle présentation de la méthode du maximum d'entropie*. Laboratoire des Signaux et Systèmes, ESE, Plateau de Moulon, Technopole de Metz, vol. 7(2), France.
- [10] Labarriere M., Krief J.-P., Gimonet B., 1993. *Le filtrage et ses applications*, Cepadues Edition.
- [11] Jolliffe I. T., 2002. *Principal Component Analysis*. Second ed. Springer. Series in Statistics. New York: Springer-Verlag New York. PEARSON, Karl, 1901.
- [12] Razakavololona A., 2011. Indicateurs de vulnérabilité des exploitations agricoles face aux variabilités climatique et démographique : applications a la riziculture dans la région du lac Alaotra (Madagascar). Thèse de doctorat, pp. 256, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo, Madagascar.
- [13] Shukri A. et Mustapha D., 2013. Mission FAO/PAM d'évaluation de la sécurité alimentaire à Madagascar. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture et Programme alimentaire mondial. Rome, Italie, pp. 75.
- [14] Berrisford P. D., Dee P., Poli R., Brugge K., Fielding M., Fuentes P., Kallberg S., Kobayashi S., Uppala S. et Simmons A., 2011. The ERA-Interim Archive Version 2.0. Technical Report. ECMWF, pp. 23, Reading, UK.

19. Le Portail de données en ligne de RéBioMa, un outil pour la planification de la conservation à Madagascar

Tsiky RABETRANO, Rija RAJAONSON et Dimby Razafimpahanana, Wilfried Razafindramasy
REBIOMA (Réseau de la Biodiversité de Madagascar)/Wildlife Conservation Society (WCS)

1. INTRODUCTION

Conscient de l'abondance et l'accumulation d'informations et de données sur la biodiversité qui sont encore mal exploitées voire même non capitalisées, le projet REBIOMA (Réseau de la Biodiversité de Madagascar), en collaboration avec des partenaires, a développé un portail de données en ligne (<http://data.rebioma.net>) dans le but de fournir un accès facile aux informations et données sur la biodiversité essentielles à la planification de la conservation ainsi que l'expansion des secteurs scientifiques et professionnels à Madagascar.

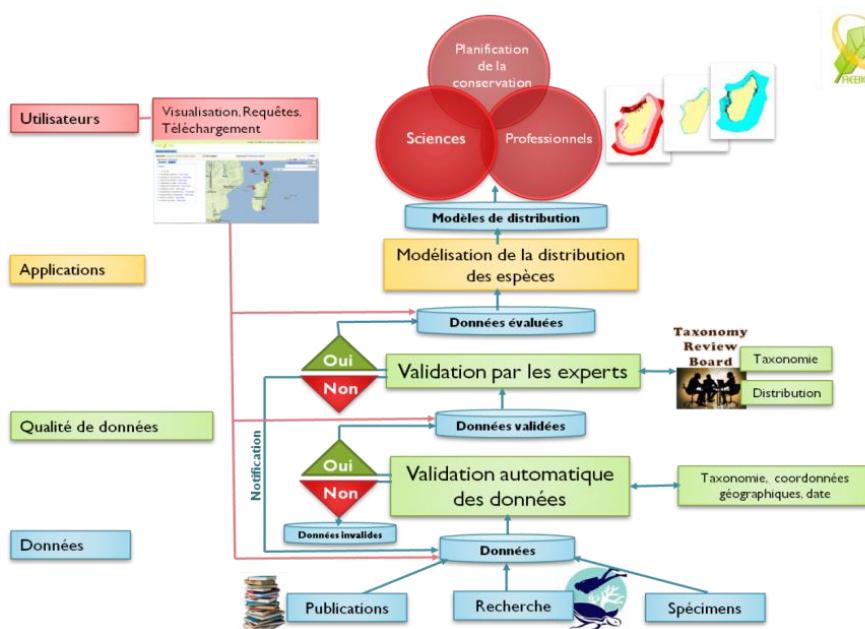
Le portail RéBioMa permet le partage des données d'observation des espèces ainsi que des modèles de niches écologiques développés pour la faune et la flore de l'île, à la fois marines et terrestres.

2. MÉTHODOLOGIE

a) Structure et fonctionnement du portail

Le portail REBIOMA a été créé afin de faciliter la communication et l'échange d'informations relatives à la biodiversité de Madagascar.

La figure suivante montre la représentation schématique de la structure et le fonctionnement du portail de données.



b) Quelles données ?

Données d'occurrence d'espèces

Qui ? Collecteur, chercheur

Quoi ? Espèce, taxonomie, caractéristiques

Où ? Localité, coordonnées géographiques

Quand? Date d'observation ou de collecte

c) Chargement des données :

- Format de données à charger :

Les données sont tout d'abord formatées en format Darwin Core qui est une norme de métadonnées développées pour la description et la découverte de la diversité biologique. Ensuite le fichier sera enregistré en format CSV (comma-separated values).

- Champs minimum requis :

- ✓ YearCollected: Année de collecte
- ✓ Genus: genre
- ✓ SpecificEpithet: espèce
- ✓ DecimalLatitude
- ✓ DecimalLongitude
- ✓ GeodeticDatum
- ✓ CoordinateUncertaintyInMeters,
- ✓ NomenclaturalCode. (cf. <http://rs.tdwg.org/dwc/terms/index.htm>)

Dans le cas où l'un de ces 8 termes venait à manquer, le chargement serait voué à l'échec (les données sont chargées mais considérées "invalides").

d) Processus de validation de données

- Validation automatique :

Les données chargées sont automatiquement testées pour validation selon leur cohérence géographique et taxonomique.

- Validation par les experts

Des experts qualifiés, groupés dans le Taxonomic Review Board (TRB) terrestre et marin, sont convenu d'assurer, selon leur domaine d'expertise, l'actualisation de la référence taxonomique (Taxonomic authority) et de vérifier la qualité des données de répartition des espèces chargées sur le portail.

En effet, après chaque chargement de données sur le portail, des e-mails de notification informant du chargement sur le portail de nouveau enregistrement liés à leur spécialité taxonomique seront envoyés.

Les experts marquent les données : « fiable » ou « questionnable »

e) Modèles de distribution des espèces :

Des modèles de niches écologiques, prenant en compte différents scénarios climatiques, présent et futurs, sont produites uniquement à partir des données évaluées fiables par les experts du TRB.

Le logiciel de modélisation MAXENT (<http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>) est utilisé pour produire automatiquement ces modèles de distribution en utilisant comme inputs: les données d'occurrence évaluées fiables et les données sur les couches environnementales.

3. RÉSULTATS :

a) Données publiées :

Plus de 320 000 données d'occurrence (publique et privée) sont maintenant disponibles dans le portail RéBioMa venant de différents partenaires et chercheurs. Environ 5 000 espèces (faune et flore) dont plus de 2 000 espèces marines.

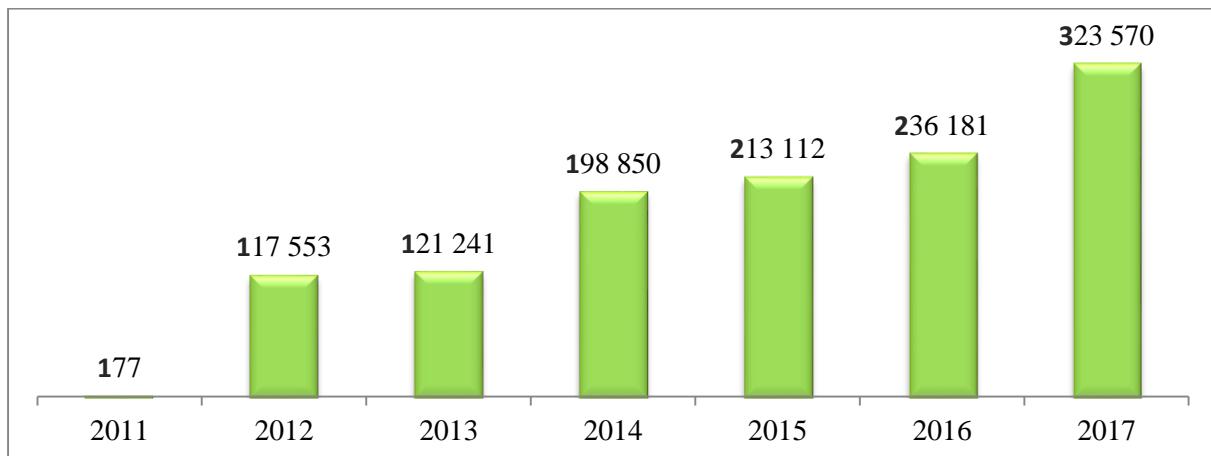


Figure 31. Statistique des données publiées dans le portail REBIOMA (septembre 2017)

b) Groupe d'experts ou Taxonomic Review Board (TRB):

Au total, 40 experts nationaux et internationaux ont accepté de travailler avec RéBioMa dans le processus de validation des données entrant dans le portail. (<http://www.rebioma.net/index.php/biodiversite/experts>)

Terrestre :

- Flore : 17 experts
- Faune : 17 experts

Marine : 06 experts

c) Référence taxonomique ou "Taxonomic authority" (TA) :

La référence taxonomique est une liste de noms validés (ainsi que leurs synonymes) pour décrire les espèces de Madagascar. La liste a été créée par « consensus » avec les TRB et sera mise à jour régulièrement.

Cette référence taxonomique est disponible en ligne à usage public

d) Modèles de distribution des espèces :

Le portail fournit également des modèles de distribution des espèces (en utilisant l'outil MaxEnt) considérant les scénarios climatiques actuels et futurs.

1816 espèces ont un modèle de distribution, téléchargeable via le portail de données RéBioMa

4. CONCLUSION ET DISCUSSION

Le solide fondement scientifique de la planification de la conservation à Madagascar repose essentiellement sur l'accès aux données sur la biodiversité qui sont le fruit d'un long travail des chercheurs et institutions, tant nationaux qu'internationaux.

Le portail de données RéBioMa facilitera considérablement l'utilisation de ces données "biodiversité" dans la planification et le suivi de la conservation.

Au cours des huit dernières années, le travail de RéBioMa a directement aidé à l'identification de quatre millions d'hectares de nouvelles aires protégées terrestres et, actuellement aussi utilisé, dans le cadre de la promesse de Sydney, pour identifier au moins deux millions d'hectares de nouvelles aires marines protégées – le fondement de la conservation de la biodiversité à Madagascar.

5. RÉFÉRENCES

- Chapman, A.D. 1999. *Quality Control and Validation of Point-Sourced Environmental Resource Data*, pp. 409-418 in Lowell, K. and Jaton, A. eds. Spatial accuracy assessment: Land information uncertainty in natural resources. Chelsea, MI: Ann Arbor Press.
- Darwin Core <http://rs.tdwg.org/dwc/>
- Goodman, S. M. 2008. *Paysages Naturels et Biodiversité de Madagascar*. Muséum national d'histoire naturelle, Paris.
- Google Web Toolkit <http://www.gwtproject.org>
- Penev L, Mietchen D, Chavan V, Hagedorn G, Remsen D, Smith V, Shotton D (2011). Pensoft Data Publishing
- Policies and Guidelines for Biodiversity Data. Chapman, A. D. (2005). *Les principes de qualité des données*, version 1.0. Trad. Chenin, N. Copenhague: Global Biodiversity Information Facility, 76 pp. Disponible en ligne sur http://links.gbif.org/gbif_qualite_donnees_manual_fr_v1.pdf
- Steven J. Phillips et al. *Maximum entropy modeling of species geographic distributions*. Ecological Modeling, 190:231-259, 2006.

20. Caractérisation des conditions optimales pour la production de Darutoside chez *Sigesbeckia orientalis*

NANTENAINA Rindra Harilanto, Dr Roger Edmond et Dr Rafidison Verohanitra

Laboratoire d'écologie végétale à l'Université d'Antananarivo

Résumé

Sigesbeckia orientalis (Asteraceae) est une plante médicinale connue par sa propriété cicatrisante. Grâce à l'un de ses principes actifs qui est le « Darutoside », cette espèce est recherchée par les industries cosmétiques. Cette étude a pour but de déterminer les facteurs qui influencent la production de Darutoside, dans *S. orientalis* dans les écosystèmes tropicaux de Madagascar. Nous avons extrait ce Darutoside de trois organes différents (feuilles, graines et plantes entières), recueillis à différentes périodes de la saison des pluies (au début, au maximum et à la fin) et séchés, en utilisant trois méthodes différentes (soleil, ombre et lyophilisation). Nous avons également analysé comment la composition chimique du sol où se trouve naturellement *S. orientalis*, influence la production de Darutoside. Les feuilles de *Sigesbeckia orientalis* séchées à l'ombre, et recueillies vers la fin de la saison des pluies, ont la teneur la plus élevée en Darutoside. Ce dernier est amélioré pour les individus poussant sur un sol fortement acide, avec une texture limoneuse très sableuse, riche en carbone, azote, potassium et phosphore, et surtout trouvés à proximité d'un cours d'eau.

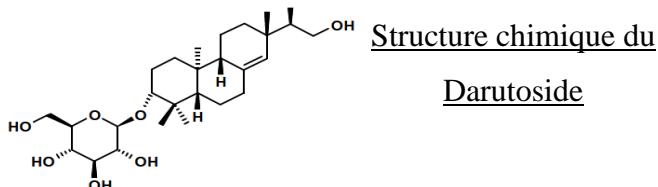
Introduction

Environ 50 000 à 70 000 espèces végétales sont connues mondialement dans les systèmes médicaux, que ce soit moderne ou traditionnel. Elles sont utilisées dans plusieurs domaines, tels que la médecine, l'agriculture, la cosmétique, et l'alimentation (SCHIPPmann & al., 2006). Grâce à leur climat toujours chaud mais humide, les pays tropicaux sont propices au développement de nombreuses plantes médicinales et aromatiques (PARIS & MOYSE, 1965). En particulier, Madagascar, qui en exporte dans plusieurs Pays depuis l'année 1980. *Sigesbeckia orientalis* (ASTERACEAE) fait partie de l'une de ces plantes, que Madagascar exporte plus récemment. C'est une plante médicinale, connue par ses propriétés cicatrisantes. Grâce à l'un de ses principes actifs qui est le « Darutoside », cette espèce est recherchée par les industries cosmétiques (www.ravina-sarl.com, 2014). Cette étude a alors pour but de déterminer les conditions favorables pour obtenir une meilleure production en Darutoside chez l'espèce *Sigesbeckia orientalis*. C'est pour cela que nous voulons voir l'influence des modes de séchage et des périodes de récoltes des échantillons et aussi les caractéristiques du sol sur la production de Darutoside chez cette espèce.



Rameau fleuri de *Sigesbeckia*
orientalis

© Yves Rocher. 2014



Méthodes

➤ **Influence des modes de séchage et de la période de collecte des échantillons sur la production de Darutoside chez *Sigesbeckia orientalis* :**

- Collecte des échantillons de *Sigesbeckia orientalis* :

Au cours de la période des pluies (à la période de pluie maximale en Janvier 2015, à la fin de la période pluvieuse en Mars 2015 et au début de pluie en Décembre 2015), la collecte des échantillons de *Sigesbeckia orientalis* a été effectuée dans les communes rurales d'Anjyro (Moramanga) et de ses environs, où des feuilles, des plantes entières et des graines ont été récoltées. Ces échantillons ont été séchés de trois façons différentes : séchage par la technique de lyophilisation, séchage au soleil et séchage à l'ombre. Puis chaque échantillon a été subi l'extraction avant la chromatographie sur couche mince.

- Extraction des échantillons séchés et chromatographie sur couche mince des extraits secs :

Lors de l'extraction, 10g d'échantillons secs broyés mélangés avec 100cc d'éthanol 40% ont été mis à reflux pendant 1heure. Ceci a été suivi par l'évaporation à sec du jus filtré. Puis, pour chaque échantillon, 0,1g d'extrait sec obtenu a été mélangé avec 20cc d'éthanol 50%. 10µl de chaque mélange a été déposé ensuite sur la plaque chromatographique puis séché à la plaque chauffante de 110°C, pour faire évaporer le solvant. Cette étape est suivie par double révélations, l'une en phase mobile consistant à mettre la plaque dans une cuve d'élution contenant de chloroforme/méthanol/eau 65 : 25 : 4 (v/v/v), suivi de l'évaporation de cette phase tertiaire à 110°C ; l'autre en phase fixe avec l'acide sulfurique (5ml de H₂SO₄ qsq 100ml d'EtOH 96%). Le séchage à 110°C permet la lecture des spots sous forme des taches sur la plaque chromatographique. Grâce à l'appareil scanner 3 CAMAG TLC, la traduction des images des spots sur la plaque chromatographique en mode numérique est assurée. Celle-ci en utilisant la longueur d'onde λ=600nm, l'intensité de couleur de chaque tâche est traduite en des pics et donnée par la surface et la hauteur de chaque pic. Ces derniers seront analysés statistiquement par la suite.

➤ **Influence des caractéristiques du sol sur la production de Darutoside chez *Sigesbeckia orientalis* :**

Des échantillons de sol de la couche humique (A0) de chaque site de récolte ont été collectés, séchés, tamisés et analysés pédologiquement. L'analyse d'Azote et celle de Carbone nécessitent un tamis de 0,5mm ; les autres analyses telles que : la granulométrie, le pH, le Phosphore et les bases échangeables (Potassium et Calcium) avec un tamis de 2mm.

➤ **Analyse statistique des données :**

Pour vérifier la variation de la teneur en Darutoside de *Sigesbeckia orientalis*, en fonction des types d'organe, mode de séchage et période de collecte, l'analyse de variance (ANOVA) a été choisie. Le principe est de comparer la variabilité à l'intérieur de chaque échantillon avec les variabilités entre les échantillons. Si $p < 0,05$, la différence entre les niveaux de variable est statistiquement significative.

L'Analyse en Composante Principale (ACP) a été utilisée pour connaître la variation de la teneur en Darutoside de *Sigesbeckia orientalis*, en fonction des conditions stationnelles. Il consiste à représenter les descripteurs stationnels sous forme de vecteurs, la corrélation entre les variables descriptives est déterminée à partir de l'angle a que fait deux vecteurs.

Résultats et interprétations

➤ Influence des modes de séchage et de la période de collecte des échantillons sur la production de Darutoside chez *Sigesbeckia orientalis* :

A partir des données numériques issues de l'appareil scanner, les histogrammes dans la Figure 1 sont obtenus. Chaque histogramme exprime la moyenne de l'aire de chaque pic, représentant la quantité du Darutoside mesurée dans *Sigesbeckia orientalis*, suivant les paramètres modes de séchage et types d'organes.

Le séchage des feuilles à l'ombre semble préserver la meilleure concentration en Darutoside.

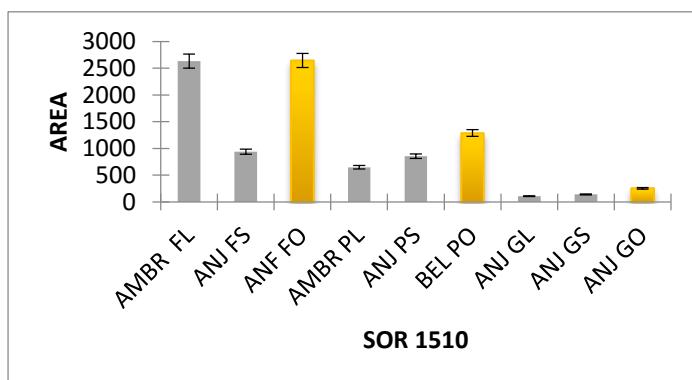
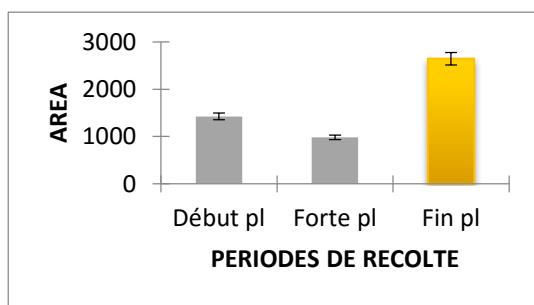


Figure 1 : Histogramme de la variation de la teneur en Darutoside selon le type d'organe et le mode de séchage

AMBR FL : feuilles séchées par lyophilisation, récoltées à Ambohidronono ; **ANJ FS** : feuilles séchées solaires, récoltées à Anjyro ; **ANF FO** : feuilles séchées à l'ombre, récoltées à Anosibe Ifody ; **AMBR PL** : plantes entières séchées par lyophilisation, récoltées à Ambohidronono ; **ANJ PS** : plantes entières séchées solaires, récoltées à Anjyro ; **BEL FO** : plantes entières séchées à l'ombre, récoltées à Belavabary ; **ANJ GL** : graines séchées par lyophilisation, récoltées à Anjyro ; **ANJ GS** : graines séchées solaires, récoltées à Anjyro ; **ANJ GO** : graines séchées à l'ombre, récoltées à Anjyro.

La meilleure période de récolte est évaluée à partir de la teneur en molécules d'intérêt (Darutoside) en tenant compte de la période de collecte (Figure 2).



pl : pluie

Figure 2 : Histogrammes montrant la variation de la teneur en Darutoside selon les périodes de collecte.

Ces histogrammes présentent la quantité en Darutoside de *Sigesbeckia orientalis* récoltée à trois différentes périodes de pluie, telles que la période de début de pluie, la période de pluie abondante ou forte pluie et la période de fin de pluie. Il est montré que les feuilles récoltées pendant la période de fin des pluies présentent la plus haute teneur en Darutoside par rapport aux deux autres périodes.

Cette variation est caractéristique des autres plantes à terpènes proches du Darutoside (famille des Terpènes). Chez *Sigesbeckia orientalis*, la teneur en Darutoside, qui est considéré comme substance secondaire, est fonction du cycle biologique de la plante, lié aux facteurs extrinsèques, d'où sa faible quantité.

➤ Influence des caractéristiques du sol sur la production de Darutoside chez *Sigesbeckia orientalis* :

L'analyse en composante principale permet de connaître la corrélation entre la teneur en Darutoside avec les caractéristiques de l'habitat tels que le pH du sol, la teneur en matière minérale (Azote N, Phosphore P et Potassium K) et en matière organique (Carbone C), le rapport C/N, la teneur en argile, limon et sable du sol, la distance par rapport au village du champ de culture (DVm) et la distance par rapport au cours d'eau (DCm). La Figure 3 montre le cercle de corrélation entre ces variables.

La teneur en Darutoside dans *Sigesbeckia orientalis* est représentée par son « Area » dans le cercle de corrélation de l'ACP. Ce cercle permet de déterminer la corrélation de l'« Area » avec les autres variables, telles que pH, teneur en matière organique (carbone C), teneur en matières minérales (azote N, phosphore P, potassium K), rapport C/N, teneur en Argile, Limon, Sable dans le sol, ainsi la distance par rapport au village (DVm) et la distance par rapport au cours d'eau (DCm) du champ où *Sigesbeckia orientalis* s'installe.

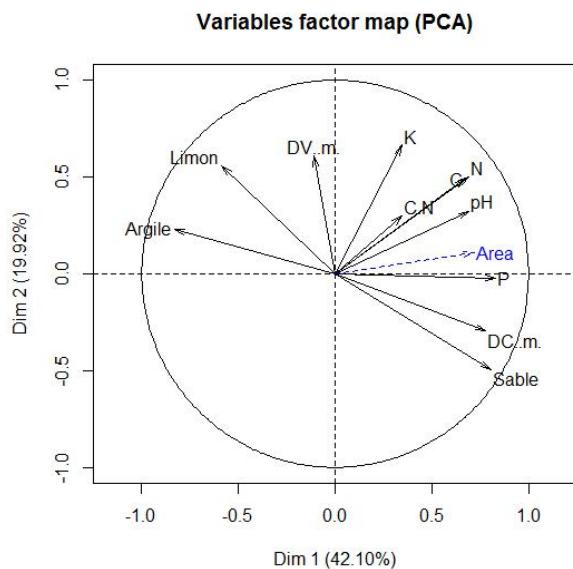


Figure 32 : Plan factoriel de la corrélation entre les variables

La teneur en Darutoside dans la feuille de *Sigesbeckia orientalis* a :

- Une corrélation positive avec la teneur en P, le pH, la teneur en C, N, la proximité du champ d'un cours d'eau, la teneur en K et la teneur en sable dans le sol. Plus le sol devient acide, riche en éléments nutritifs N, P, K, avec un rapport C/N satisfaisante, plus sablonneux pour favoriser l'aération du sol et localisé près d'un cours d'eau pour assurer l'alimentation suffisante en eau ; plus la teneur en Darutoside dans la feuille de *Sigesbeckia orientalis* augmente.
- Une Corrélation négative avec la teneur en limon et en argile. Il y a donc une affinité négative entre ces variables. Une quantité faible de limon et d'argile dans le sol assurant la rétention d'eau et de substances nutritives dans le sol, facilite la production en Darutoside dans la feuille de *Sigesbeckia orientalis*.
- Une corrélation nulle avec la proximité du champ d'un village. Donc l'effet anthropique n'a aucun effet sur la qualité du Darutoside.

Discussions

La teneur en Darutoside semble optimale dans la feuille de *Sigesbeckia orientalis*, vers la fin du mois de mars (période de fin de pluie), alors c'est la meilleure période de récolte de cette plante médicinale. Ce résultat complète l'étude de HAINGOTIANA (2013) qui a établi un calendrier de récolte de *Sigesbeckia orientalis*, en janvier, février, mars, octobre, novembre et décembre, basé seulement sur l'abondance de cette espèce.

La quantité de Darutoside dépend de la production élevée en glucide principalement au niveau de la feuille (BARUAH & al., 1979), l'état physiologique de la plante (ANDRIAMANOHERA, 2016), la fertilité du sol bien assurée conduisant au bon développement de l'espèce, (ROCHE & al., 1980).

Conclusion

En guise de conclusion, *Sigesbeckia orientalis*, espèce annuelle de la famille des ASTERACEAE naturalisée à Madagascar est familière des sols riches en humus. Le rendement optimum en Darutoside des feuilles de *Sigesbeckia orientalis* est obtenu par un séchage à l'ombre, récoltées vers la période de fin des pluies (à partir du mois de mars), dans un habitat ayant un sol humide, un champ bien riche en humus et fertile. Cette recherche souligne l'importance de prendre en compte à la fois les conditions environnementales et les facteurs biologiques pour la récolte de *Sigesbeckia orientalis* pour une production optimale en Darutoside.

Références bibliographique et webographique

ANDRIAMANOHERA M. A., (2016). Variation de la productivité de *Sigesbeckia orientalis* L. suivant les

gradients écologiques dans la Région Alaotra Mangoro. Mémoire de Master en Biologie et Ecologie Végétales. Univ. Antananarivo. 73p.

BARUAH R.N., SHARMA R.P., MADHUSUDANAN K.P., THYAGARAJAN G., HERZ W., MURARIR., (1979) - A new melampolide from *Sigesbeckia orientalis*. *Phytochemistry*, 18(6) pp 991-994.

PARIS, R. R., & MOYSE, H. (1965). Matière médicale Tome 1. In: Collection de précis de pharmacie sous la direction de M. M. Janot.420p.

ROCHE, P., GRIERE, L., BABRE, D., CALBA, H., & FALLAVIER, P., (1980). Le phosphore dans les sols intertropicaux: Appréciation des niveaux de carence et des besoins en Phosphore. Publication scientifique Numéro 2. Paris.48p.

SCHIPPMANN, U., LEAMAN, D., & CUNNINGHAM, A. B. (2006). Cultivation and wild collection of medicinal and aromatic plants under sustainability aspects.In: Medicinal and aromatic plants. Bogers, R. J., L. E. Craker, and D. Lange (Eds). Springer, Dordrecht, Wageningen. Series no.7.

www.ravina-sarl.com, 2014.

21. Analyse spatiale des risques sur le secteur agricole face aux aléas majeurs à Madagascar

RAKOTOARISON Tsiorinantenaina René¹ Aimé Richard HAJALALAINA^{1,2}, RAONIVELO Nianja³

1 – EMIT, Université de Fianarantsoa, 2 – LIMAD, Université de Fianarantsoa, 3- BNGRC, Antananarivo Madagascar

RÉSUMÉ. Les catastrophes naturelles sont des facteurs non négligeables qui ralenti le développement du pays. Madagascar ne peut pas s'échapper aux cyclones, inondations et sécheresse face à sa situation géographique. L'objectif dans cette étude est d'évaluer les risques de ces aléas pour mieux s'adapter à l'agriculture qui est un secteur primaire et le plus pratiqué par la plupart de la population Malagasy. Notre approche de SIG et d'analyse utilise la méthode d'analyse multicritère (SIG-AMC) avec le processus d'analyse hiérarchique (AHP) pour avoir un résultat spatial de prise de décision.

INTRODUCTION

Chaque année, Madagascar est souvent exposé aux risques des aléas naturels majeurs (cyclone, inondation, sécheresse). Cela est dû à sa situation géographique et climatique. Le pays est touché par des cyclones. Les pluies intenses conduisent à l'inondation des zones basses et la montée des rivières. Le déficit de pluies dans la partie Sud de Madagascar provoque des sécheresses périodiques. L'agriculture constitue, à Madagascar, un secteur clé pour le développement du pays. Cependant, ce secteur est soumis à un fort risque, dû à la fréquence de catastrophes naturelles provoquées par des aléas périodiques. Dans cet article, la question se pose sur l'évaluation des risques aux aléas majeurs, pour mieux s'adapter à l'agriculture et d'avoir des résultats de prise de décision pour mettre en place une stratégie nationale faces à ces risques. Nous proposons une analyse spatiale multicritère, basée sur le Processus d'Analyse Hiérarchique (AHP), des risques aux aléas majeurs à Madagascar. Les résultats constitueront des éléments de réflexion et de prise de décision dans le dit secteur.

CONTEXTE

La population malgache est d'environ 21,8 millions en 2013, avec une croissance moyenne démographique de 2,9% et une espérance de vie moyenne à la naissance à 63 ans²⁷. La densité moyenne est de 37 habitants au km², les Hautes Terres étant plus densément peuplées que les côtes. Pour Madagascar, le secteur agricole est l'un des secteurs clé pour le développement car c'est l'activité le plus pratiqué. L'agriculture est pratiquée par plus de 50% de la population dans toutes les régions de Madagascar sauf dans les régions de Diana (environ 35%) et d'Analamanga (environ 22%) d'après l'AGSANV 2014²⁸. Ce secteur est caractérisé par le fort risque lié à la fréquence de cyclone, d'inondation et de sécheresse. La population du milieu rural qui travaille dans ce secteur a un taux de pauvreté élevé. Elle a des difficultés pour se rétablir, après les catastrophes entraînant la perte de biens.

²⁷ Rapport Mondial sur le Développement Humain - PNUD 2014

²⁸ AGSANV 2014

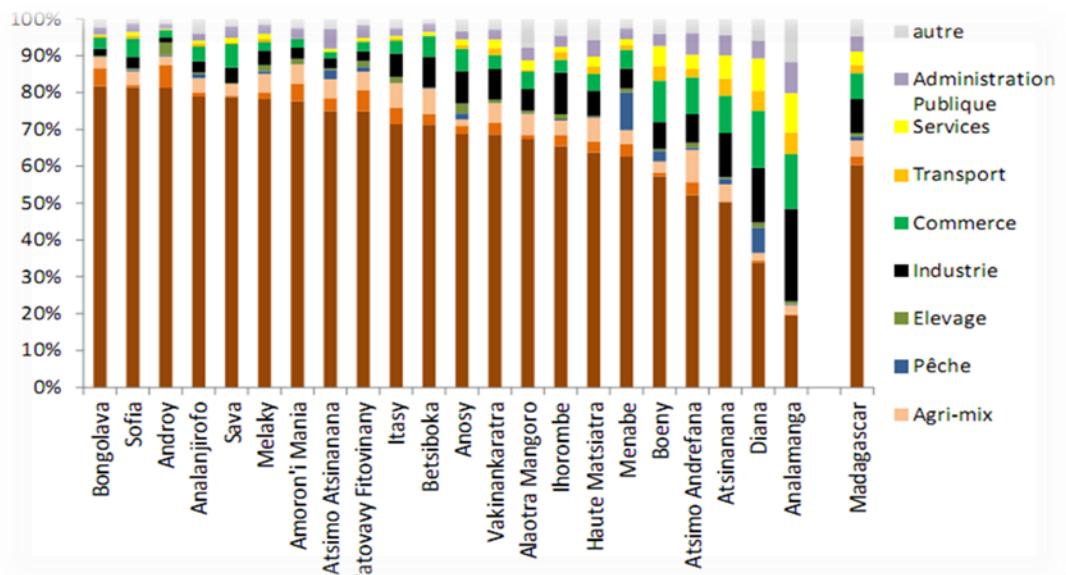


Figure 33: Distribution géographique des groupes de subsistance 2012 (Source : AGSANV 2014)

Des rizières et d'autres champs de culture subissent des dégâts causés par les cyclones. Avec la base de données de BNGRC de la saison cyclonique 1997 au 2015, on constate que les régions de la partie sud-est ont les rizières les plus touchées. La culture de la région Vatovavy fitovinany est très vulnérable au cyclone et inondation.

Dégât cyclonique de la saison 1997 au 2015 pour les rizières et les cultures de Madagascar

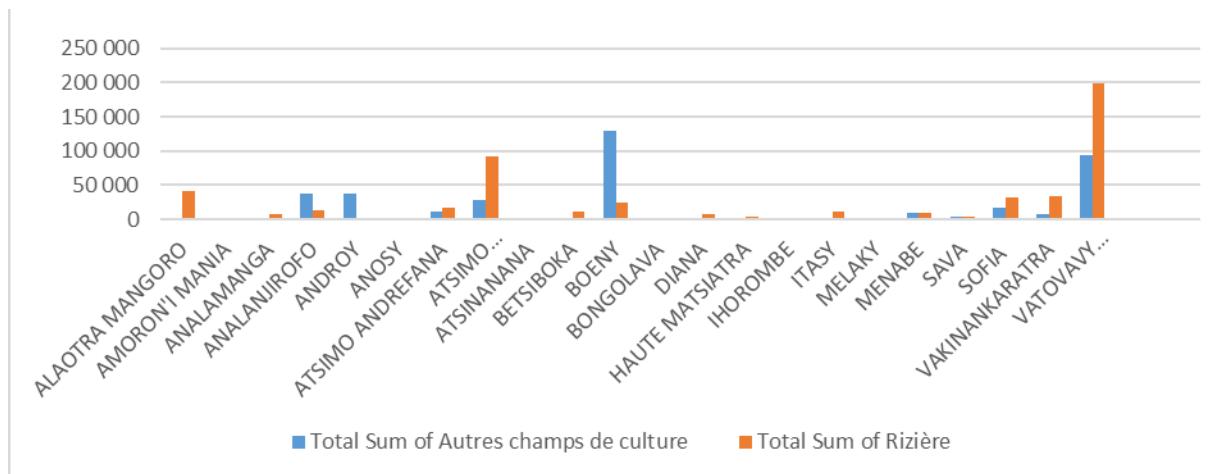


Figure 34: Dégât cyclonique de la saison 1997 au 2015 pour les rizières et les cultures de Madagascar

La pluviométrie de Madagascar est variée selon les régions, la partie Est est la plus arrosée, tandis que dans la partie Sud, le déficit pluviométrique affecte les régions et conduit à la sécheresse. Le grand Sud du pays est une zone aride qui ne reçoit en moyenne que 500mm de pluie par an. Les précipitations annuelles n'atteignent même pas 300 mm, pendant la période de sécheresse aiguë²⁹.

²⁹ PLAN DE CONTINGENCE MULTI-RISQUES DU GOUVERNEMENT ET DU COMITE PERMANENT INTER-AGENCES 2015-2016

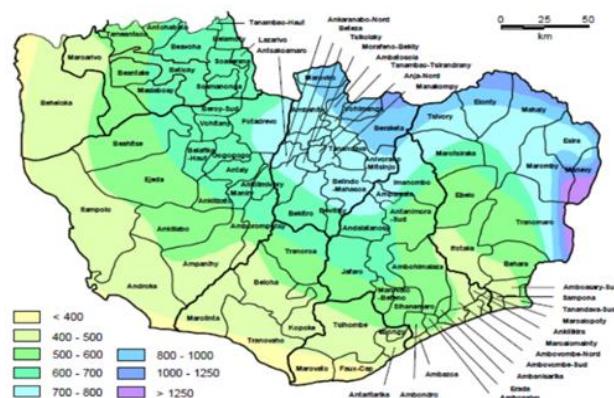
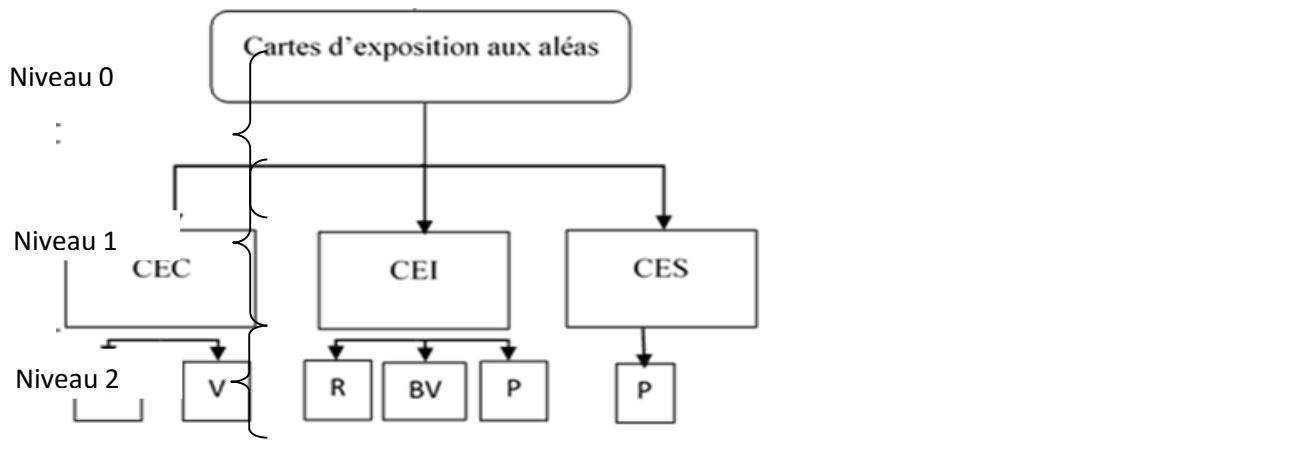


Figure 35:Isohyète de pluviométrie du Grand Sud

METHODOLOGIE

Pour cette étude, le SIG et l'analyse hiérarchique multicritère (SIG-AMC) ont été utilisés pour évaluer les risques et la vulnérabilité. Les problèmes de décision à référence spatiale sont de nature multicritère. De ce fait, plusieurs travaux d'intégration de SIG-AMC sont publiés depuis 1990. Le problème avec l'analyse spatiale est que la collecte des données complexes qui couvre une parcelle limitée. Les données sont complexes car l'existant et les phénomènes géographiques sont caractérisés par sa position, sa forme, ses attributs descriptifs, leurs relations topologiques et leurs formats, selon leur source. Donc, les données sont hétérogènes et non linéaires. La zone à analyser est continue ou le nombre de possibilités est très élevé par exemple tous les pixels de la carte. Donc, avec certaine méthode, le temps de calcul devient très important. Alors on a proposé le processus d'analyse hiérarchique (Analytic Hierarchy Process de Saaty, 1980) et la méthode de somme pondérée par sa simplicité qui permet de l'expliquer facilement à un décideur, mais aussi sa rapidité de l'utilisation car c'est l'une des méthodes les plus faciles à implémenter par des scripts car les opérations ne sont pas complexes avec temps de calculs plus ou moins réduite par rapport aux autres méthodes. L'analyse hiérarchique multicritère (AHP), inventée par le mathématicien, Thomas Saaty (1980), permet de décomposer le problème complexe en une structure hiérarchique (niveaux).



RESULTATS

La partie Nord-Est et la côte Est est la plus touchée par les cyclones. Les cyclones qui se forment à l'Est dans l'océan Indien sont les plus fréquents à Madagascar. Il atteint 68% des cyclones depuis la saison de cyclone en 1998 à 2015. Pour l'intensité de vent, la partie Nord Est est un point d'entrée de cyclone très intense. Liée à l'effet des frottements sur les reliefs, l'intensité de vent du cyclone diminue tant qu'il entre sur terre. La partie Est est très affectée par les pluies apportées par les cyclones.

La côte Est de Madagascar reste toujours des zones à risques de l'inondation. De même, des parties de la côte Ouest du pays sont aussi exposées aux risques avec un degré d'exposition plus élevé dans les régions de Melaky, Boeny, Menabe et Atsimo Andrefana.

L'analyse a détecté que la partie Sud-Ouest et Sud de Madagascar sont des zones sèches. La région d'Atsimo-Andrefana a une degré d'exposition aux risques de sécheresse très élevé.

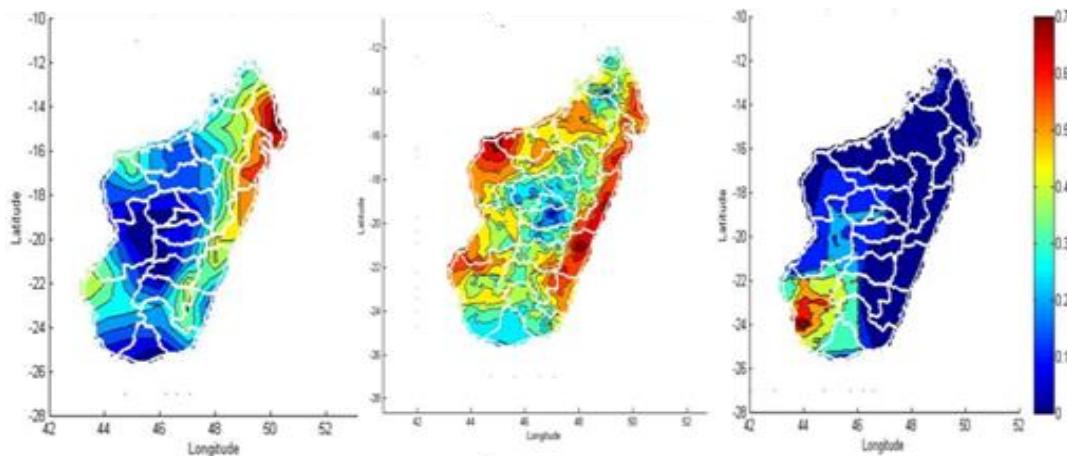


Figure 36: Exposition aux risques des cyclones, sécheresses, inondations

CONCLUSION

L'évaluation des risques est un élément de réflexion et d'aide à la prise de décision, pour leur réduction, le renforcement de capacité des populations et le choix des infrastructures résistant aux aléas qui se produisent fréquemment. La réduction des risques aux catastrophes et l'amélioration de la résilience dans des secteurs clés comme l'agriculture, peuvent avoir un effet sur le développement du pays. Le risque aux aléas majeurs de Madagascar est évalué à partir d'une approche multicritère, basée sur le processus d'analyse hiérarchique (AHP) de Saaty Thomas 1990. A partir des résultats obtenus, les différents secteurs peuvent prendre des décisions et élaborer une stratégie adéquate.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIES

- UNDMTP, « Evaluation des risques et vulnérabilité », 2009
- Sophie Rousseau, « Vulnérabilité et résilience, analyse des entrées et sortie de la pauvreté : le cas de Manjakandriana Madagascar », Mondes en développement 2007/4 (n°140), p.25-44.DOI 10.3917/mede.140.0025
- Sen Amarti. 1992, Repenser l'inégalité, Seuil
- BRGM/RP-57471-FR, « Vulnérabilité : état de l'art sur les concepts et méthodologies d'évaluation », septembre 2009
- Salem Chakhar, Jean-Marc Martel, « Towards a Spatial Decision Support System: Multi-Criteria Evaluation Functions Inside Geographical Information Systems ». pp.27, 2004.
- KNAPP Kenneth R. et al. « THE INTERNATIONAL BEST TRACK ARCHIVE FOR CLIMATE STEWARDSHIP (IBTrACS): Unifying Tropical Cyclone Data », 2010
- J-M Soubeyroux & al. 2012, « Impact du changement climatique sur les sécheresses au XXIème siècle », Résultats du projet CLIMSEC (2008-2011)
- Sterenn Liberge & al. 2011, « Prévision de trajectoires de cyclones à l'aide de forêts aléatoires avec arbres de régression »
- Luc Ferry & Yann L'hote, 1998, « Les précipitations dans le sud-ouest de Madagascar »
- Rabefitia zoharimalala & Andriamampianina Claudine, « Tendances des températures et précipitations annuelle à Madagascar de 1961-1990 »
- SADC, 2015, « Regional Vulnerability Assessment and Analysis Synthesis Report, State of Food Insecurity and Vulnerability in the Southern African Development Community »
- Gaëlle Guesdon, 2011, « Méthodes et outils Aide multicritère à la décision-Comparaison de Saaty », Faculté des sciences et de génie Université Laval
- R.S. Stephenson Ph.D., 1991, « Catastrophes et Développement, Programme de Formation à la gestion de catastrophes »

II. GESTION ADAPTEE - TECHNIQUES D'AGROBIODIVERSITE

22. Impact de l'effet des systèmes de couverture végétale vive et morte (*Niébé et Stylosanthes*) sur l'attaque de la plante parasite *Striga asiatica* (L) kuntze aux cultures de maïs (*Zea mays L*)

RAVELONJANAHARY Nirina Hanitrinaina, RAZAFINDRASOA, M.A., RASOAMAMPIONONA, B., RAZAFINDRAIBE, C., RANDIMBISON, M.N.J., RAKOTONJANAHARY, X.J., RAKOTOARISOA, N.V.

Université d'Antananarivo – Faculté des Sciences BP 906 Antananarivo 101, Madagascar – Mention Biologie et Ecologie Végétales – Laboratoire de biotechnologie et amélioration des Plantes ou U.B.A.P-FOFIFA

Résumé

La production de maïs diminue saison après saison à cause des diverses contraintes, telles que le froid, la sécheresse, l'attaque des insectes, des mauvaises herbes et des plantes parasites dont l'espèce *Striga asiatica* (L.) Kuntze etc... Cette recherche vise à étudier l'impact de la pratique de deux systèmes de culture SCV, morte et vive, sur la culture de maïs attaqué par *S. asiatica*, afin de contribuer à l'amélioration de la production et afin d'assurer la sécurité alimentaire à Madagascar. Les graines de maïs de la variété PLATA, deux lignées putatives mutantes tolérantes à *S. asiatica* issues de la 5^{ème} génération : PLATA M5-200Gy et PLATA M5-300Gy et celles de la variété parente ont été cultivées aux champs infestés et inoculés artificiellement de *S. asiatica*, en pratiquant le système de couverture végétale, sur un terrain de 1000m², à la station du FOFIFA à Kianjasoa. Le résidu de *Stylosanthes*, plante légumineuse a été utilisé comme couverture morte ou SCVm, et le Niébé, plante légumineuse aussi pour couverture vive ou SCVv. Les parcelles, sans couverture mais inoculées aussi artificiellement d'une pincée de graines de *Striga* par poquet, ont servi de bloc témoin. Chaque traitement a été répété 3 fois.

Les résultats montrent que l'utilisation de couverture, morte SCVm ou vive SCVv, permet de minimiser l'attaque de *Striga asiatica* sur la culture de maïs, vu le taux d'infection au niveau de la plante hôte qui est significativement inférieur entre 11 et 22%, alors que sur le bloc témoin, il est de 17 à 34%. En outre, l'utilisation des lignées de maïs putatives mutantes tolérantes à *S. asiatica* est importante sur le taux de survivant, les taux sont élevés sur le SCVm et SCVv, qui sont respectivement de l'ordre de 51 à 80% contre 13 à 50% pour la variété parente. De plus, les rendements obtenus sur les deux lignées améliorées avec le traitement SCVm varient de 3,46 à 4,64t/ha et il s'agit de 2,43 à 3,61t/ha pour le SCVv ; tandis que celui du bloc témoin reste faible, il varie de 1,39 à 2,29t/ha. Ces résultats ont permis de confirmer que l'application de SCV, combiné à l'utilisation des lignées de maïs putatives mutantes tolérantes à *S. asiatica* semble être efficace pour réduire et minimiser les dégâts causés par le parasite *Striga asiatica*. Cela améliore l'activité biologique du sol, en rendant disponible l'azote et d'autres éléments minéraux nécessaires pour la plante hôte et en augmentant le rendement.

Mots- clés : Maïs, *Striga asiatica*, Système de Couverture Végétale, infection de la plante hôte, rendement.

INTRODUCTION

Le maïs est l'une des principales cultures vivrières de la population malgache, en dehors du riz et du manioc. L'aliment de base de la population est le riz, mais il est loin de couvrir ses besoins. De ce fait, le pays doit faire face rapidement à son autosuffisance alimentaire. Des projets ont été consacrés sur plusieurs essais de culture de maïs pour son apport en énergie et en protéine comparable au riz. Cependant, la production de maïs diminue d'année en année à cause des diverses contraintes abiotiques et biotiques, tels que le froid, la sécheresse, l'attaque des insectes, les mauvaises herbes et les plantes parasites dont l'espèce *Striga asiatica* L. (Kuntze) (RABEFIRASANA, 2015). Cette dernière espèce est une mauvaise herbe, parasite des cultures céréalières comme le riz, le maïs et le sorgho (HOUSSON et al. 2008). La germination de ses graines est favorisée par des températures élevées, de faibles précipitations, des sols pauvres à faible teneur en matière organique et azotée (DEMBELE, 2009). L'attaque de *S. asiatica* sur la culture entraîne une perte de rendement. Face à ce problème, certaines techniques ont été adoptées pour augmenter le rendement, tels que le décalage du semis, l'apport des fertilisants chimiques ou organiques (RODENBURG, 2004), le sarclage manuel, la culture en rotation, l'application du système de couverture végétale ou SCV et aussi l'utilisation des semences améliorées. D'où, l'objectif de cette étude qui vise à étudier l'impact de la pratique des systèmes de couverture végétale combinée à l'utilisation des lignées putatives tolérantes pour contribuer à l'amélioration de la production de maïs, afin d'assurer la sécurité alimentaire à Madagascar.

MATERIELS ET METHODES

➤ Site d'études

L'expérimentation a été conduite sur le terrain d'essai de la Station FOFIFA Kianjasoa, dans la commune rurale Mahasolo, Région Bongolava. La localité est située entre 49°22'62,1" de longitude et 19°03'20,3"

de latitude avec une altitude de 889m. Le climat est de type tropical sec, caractérisé par deux saisons bien distinctes : une saison sèche du mois d'avril au mois d'octobre ($P < 2T$) et une saison chaude et pluvieuse de novembre à mars ($P > 2T$).

➤ *Dispositif expérimental :*

La surface totale utilisée est de 1156m². Le dispositif expérimental a été divisé en 3 blocs (A, B, C) qui représentent les 3 différents systèmes de culture dont :

- **Bloc A** : Bloc Témoin, sans couverture
- **Bloc B** : Bloc SCVm, avec couverture morte
- **Bloc C** : Bloc SCVv, avec couverture vive

Chaque bloc a été espacé de 1m et subdivisé en trois sous-parcelles de 10m x 10m chacune, qui correspondent aux trois répétitions R1, R2 et R3.

➤ *Matériels végétaux :*

Les semences de maïs, de la variété PLATA parent 0Gy et celles issues de l'irradiation 200Gy et 300Gy de la cinquième génération (PLATA M5-200Gy et PLATA M5-300Gy) ont été utilisées. Les résidus de culture de *Stylosanthes* sp. ont été utilisés pour la couverture morte (SCVm). Pour la couverture vive (SCVv), les graines de Niébé ou *Vigna unguiculata* ont été semées entre les poquets des plants de maïs. Il y a aussi les semences conditionnées de *S. asiatica*.

➤ *Suivi et entretien*

- Le suivi a été effectué toutes les deux semaines et différents paramètres ont été observés : taux de germination et taux de survivants des plants de maïs, croissance en hauteur et croissance foliaire des plants de maïs, nombre moyen des plants de *Striga asiatica* émergés, et rendement en grains de maïs.
- Quatre sarclages manuels ont été réalisés pendant l'expérience, et seules, les plantes de *S. asiatica* émergées n'ont pas été enlevées.

➤ *Traitements des données*

Le logiciel R a été utilisé pour l'analyse de toutes les données obtenues. L'analyse de variance ou «ANOVA» est la méthode statistique choisie pour traiter les résultats de cette expérience au seuil de risque de 5%.

RESULTATS ET INTERPRETATIONS :

➤ *Taux de germination et taux de survivants*

Les taux de germination et les taux de survivants des plantes de la variété parent et des lignées améliorées dans la parcelle témoin sont, en général, les plus faibles respectivement de 34,33 à 56,27% et de 13,35 à 51,88% par rapport aux deux autres systèmes de culture SCVm et SCVv (Tableau 1). Les résultats montrent que le SCVm favorise beaucoup plus la germination des grains de maïs, avec un taux de 52,92 à 87,28% et aussi les survivants de 42,44 à 80,56%. Puis pour le SCVv, le taux de germination varie de 42,19 à 73,87% avec 30 à 65,14 de taux de survivants. Les différences sont significatives entre le système de culture et les différentes lignées utilisées. En tenant compte de l'effet variétal, les résultats dans tous les différents systèmes de culture ont mis en exergue que les lignées améliorées PLATA, de la 5^{ème} génération, ont le taux de germination et survivant élevé par rapport à celui de la variété parent. Cette différence est significative entre les lignées issues de PLATA M5-300Gy et PLATA M5-200Gy, et aussi par rapport au parent 0Gy (Tableau 1).

➤ *Croissance en hauteur et foliaire*

Pour la croissance en hauteur, l'utilisation des résidus de culture, comme couverture morte, favorise une croissance importante des plants de maïs. Celle-ci semble être due au maintien de l'humidité au niveau du sol grâce à la couverture. Il a été observé que les plantes issues de la lignée parent 0Gy présentent, en général, des hauteurs plus faibles, dans tous les traitements par rapport aux autres plantes des lignées putatives tolérantes PLATA M5- 200Gy et PLATA M5- 300Gy (Figure 1 : a et b).

Concernant la croissance foliaire, il a été constaté que la variété parent présente une croissance foliaire plus faible que les lignées améliorées (Figure 2 : c et d). C'est toujours le bloc SCVm, suivi de SCVv qui présente une croissance et un développement le plus rapide.

➤ *Nombre moyen de plantes de *Striga asiatica* émergées*

Les nombres moyens des plantes parasites émergées sont très faibles 4,33 sur la parcelle contenant la couverture vive et 1,55 sur la parcelle à couverture morte. La différence entre ces deux valeurs est significative. Mais sur la parcelle TEM, le nombre moyen de plants de *S. asiatica* émergés est élevé de 16,77. La différence est significative comparée à ceux du SCV morte ou vive. En considérant les variétés

testées, l'utilisation des semences améliorées PLATA M5-200Gy ou PLATA M5-300Gy présentent un effet important sur la culture car, dans tous les blocs (Témoin, SCVm et SCVv), le nombre de plants de *S. asiatica* émergés est significativement faible par rapport à celui de la lignée parent 0Gy (Figure 3).

➤ *Rendement en grains de maïs*

Les rendements en grains de maïs issus des lignées améliorées (PLATA M5-200Gy et PLATA M5-300Gy) dans tous les systèmes de culture sont élevés allant de 2,43t/ha à 4,64t/ha comparés à ceux de la variété parent qui varient de 1,39t/ha à 2,29t/ha. Les différences sont significatives entre les systèmes et entre les lignées. En considérant les différents systèmes de culture, c'est le SCVm qui favorise la meilleure augmentation du rendement (pour toutes les lignées testées), il varie de 3,46t/ha à 4,64t/ha suivi de SCVv variant de 2,43t/ha à 3,61t/ha (Figure 4).

Tableau 1 : Taux de germination et taux de survivants des plants de maïs de la variété parent Plata et améliorées

Variété PLATA TRAITEMENTS	Taux de germination			Taux de survivants		
	Parent 0Gy	M5-200Gy	M5-300Gy	Parent 0Gy	M5-200Gy	M5-300Gy
TEMOIN (contrôle)	34,33a	47,61bc	56,27d	13,35a	43,01c	51,88d
SCVm	52,92cd	73,25f	87,28g	42,44c	69,36f	80,56g
SCVv	42,19b	63,73e	73,87f	30b	59,33e	65,14f

Les valeurs suivies d'une même lettre, ne présentent pas une différence significative à $p<0,05$.

SCVm : sous couvert végétal mort, contrôle : sans traitement ou TEMOIN, SCVv : système de couverture végétale vive

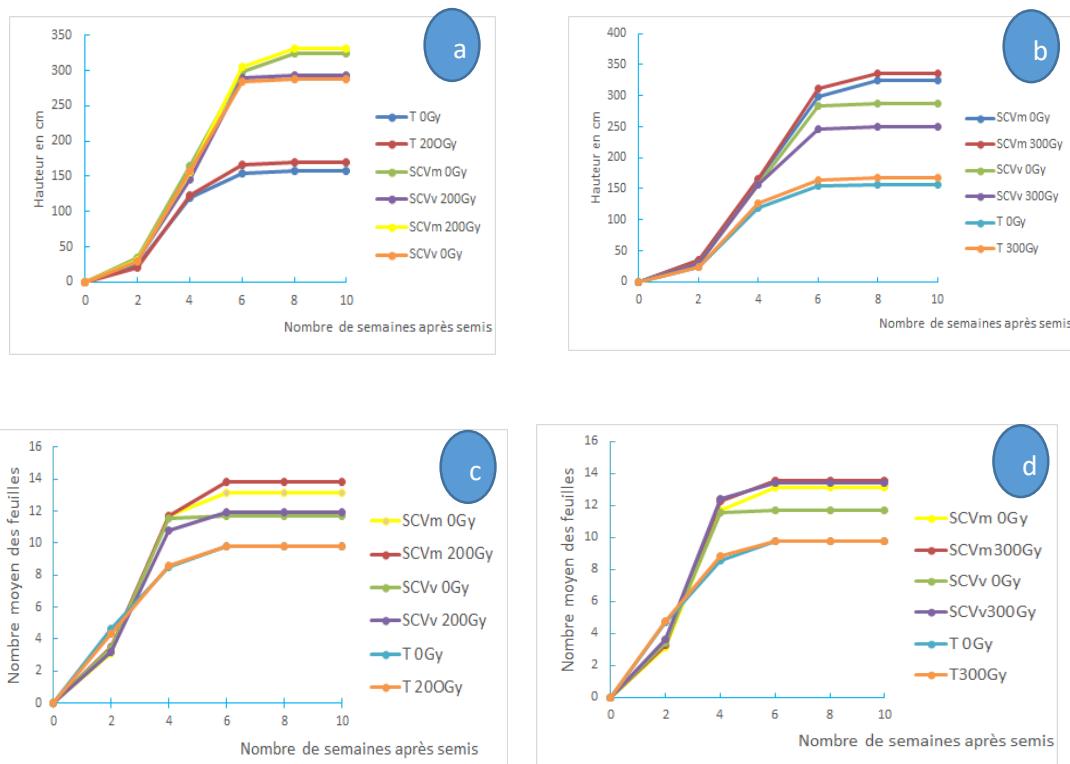


Figure 2 : Croissance en hauteur et Croissance foliaire des plants de maïs de la variété PLATA (parent et améliorées 200Gy, 300Gy)

a : croissance en hauteur PLATA parent et 200Gy
c : croissance foliaire PLATA parent et 200Gy

b : croissance en hauteur PLATA parent et 300Gy
d : croissance foliaire PLATA parent et 300Gy

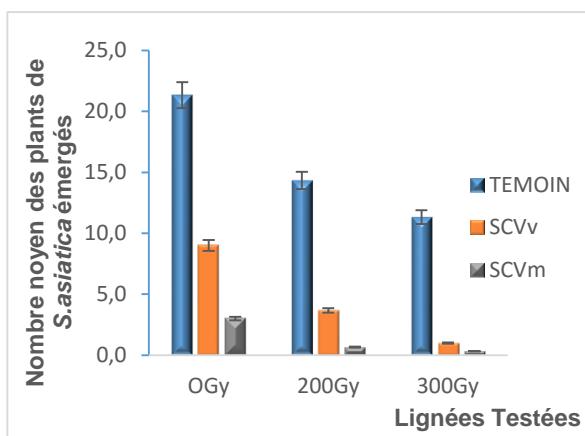


Figure 3 : Nombre des plants de *Striga asiatica* émergés sur le champ de la culture de maïs (variété PLATA) associé aux différents types de culture

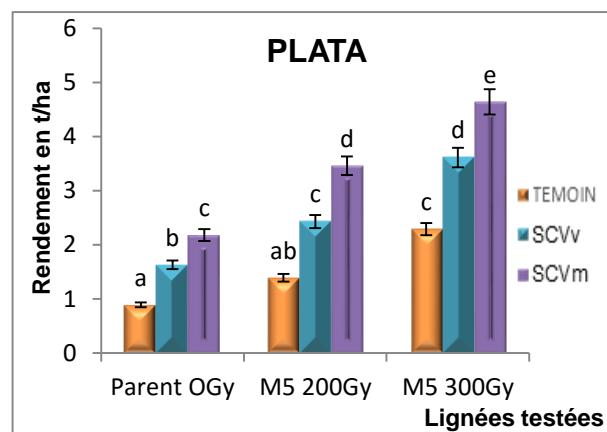


Figure 4 : Rendement en grains des plantes de maïs de la variété PLATA en fonction des systèmes de culture

DISCUSSION

L'utilisation des semences améliorées de la variété PLATA, les lignées PLATA M5-200 et PLATA M5-300Gy augmente le taux de germination et le taux de survivant des plants de maïs, en présence de *S. asiatica* qui varie de 47,61% à 87,28%. Ce résultat diffère du résultat de recherche de SOAFANOMEZANTSARA (2011) qui a travaillé sur ces mêmes lignées, mais de la première génération (M1) ; elle a trouvé que les taux de germination et de survivant sont faibles quand la dose d'irradiation est élevée. Ceci montre l'efficacité de l'irradiation et de la sélection car en M1, il n'y a pas encore de ségrégation de caractères. La germination et la survie des plantes dépendent donc de l'amélioration du génotype de l'espèce utilisée et de ses caractères physiologiques.

La majorité des problèmes de la culture est le contrôle des herbes parasites, c'est pourquoi cette étude essaie d'utiliser la technique des systèmes de couverture (vive ou morte). Les résultats de recherche obtenus dans cette étude montrent que le nombre de plants de *S. asiatica* émergés sur les parcelles d'application de couvertures végétales morte ou vive (SCVm et SCVv) est significativement inférieur par rapport à celui du bloc TEMOIN (sol nu). Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par RODENBURG (2010). La plante de couverture morte ou vive gêne le développement des adventices en faisant écran (ombrage du sol) au passage de la lumière (ADNANI, 2007).

Les parcelles d'application de SCVm et SCVv présentent des rendements élevés dont les valeurs sont respectivement égales à 4,64t/ha et 3,61t/ha mais sur le bloc TEMOIN, il n'y a que de 1,29t/ha. L'augmentation de ces rendements peut être expliquée par l'effet de l'utilisation des systèmes de culture SCV qui contrôlerait fortement l'érosion hydrique (SEGUY et al., 1996), de ce fait la présence de couverture morte ou vive diminue le ruissellement et l'érosion et maintient les éléments nutritifs nécessaires au développement de la plante hôte. Ce système de couverture, vive ou morte, favorise également le maintien de la température presque constante au niveau du sol, ainsi que l'humidité du sol. Ces situations inhibent la germination des graines de *S. asiatica*, d'où les rendements élevés. Par contre, dans le bloc TEMOIN où le sol est nu avec infestation de *S. asiatica*, le rendement est faible.

CONCLUSION

Les plantes de service appartenant à la Famille des Fabaceae utilisées comme couvertures végétales vivantes et mortes inhibent la germination de *S. asiatica* et réduisent ainsi l'infection au niveau de la plante hôte. L'ombrage occasionné par la couverture maintient l'humidité du sol. Il y a aussi amélioration des teneurs en matière organique et éléments nutritifs et obtention des rendements satisfaisants jusqu'à 4,21t/ha. La pratique du SCVm, combinée à l'utilisation de semences améliorées est donc recommandée pour l'atténuation de l'attaque du parasite *Striga asiatica* et l'accroissement du rendement en maïs qui pourrait par la suite contribuer à la sécurité alimentaire au pays.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été effectué grâce à la collaboration entre la Faculté des Sciences à l'Université d'Antananarivo, Parcours Physiologie et Biotechnologie végétales, Unité Biotechnologie et Amélioration des Plantes (U.B.A.P.), l'IAEA ou International Atomic Energy Agency de Vienne – Autriche par l'intermédiaire de l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires (INSTN), et le FO.FI.FA ou Foibem-pirenena momba ny Fikarohana ampiharina ho amin'ny Fampandrosoana ny eny Ambanivohitra

qui nous a permis d'effectuer notre expérimentation au champ sur le terrain de la Station Kianjasoa pendant 6 mois.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- ADNANI, M.K., 2007. «*Les principes et les techniques de base du semis direct sur couverture végétale permanente (SCV)* ». Mémoire pour l'obtention du diplôme de licence, option Agriculture Faculté des Sciences de l'Université de Mahajanga, 63p.
- DEMBELE, B., 2009. Guide de formation en lutte participative contre le *Striga* dans le système de culture à base de sorgho dans le cadre du projet «*Promotion des variétés de sorgho résistantes au Striga pour réduire les crises alimentaires dans la zone sahélienne* » Burkina Faso, Mali, Sénégal », 27 p.
- HUSSON, O., MICHELON, R., CHARPENTIER, H., RAZANAMPARANY, C., MOUSSA, N., NAUDIN, K., RAZAFINTSALAMA, H., RAKOTOARINIVO, C., ANDRIANAIVO, A.P., RAKOTONDRAMANANA et SEGUY, L., 2008. *Le contrôle du Striga par les systèmes SCV (Semis direct sur couverture végétale permanente)*.- In : Manuel pratique du semis direct à Madagascar. Volume I. Chapitre 3. §3.1.- 20p.
- RABEFIRAISANA, H.J., 2015. «*Analyse des paramètres physico-chimiques des sols de Kianjasoa, d'Ambohitsaina et d'Ambatobe* », rapport de stage (GDHD), 44p.
- RODENBURG, J., 2010. Crop protection: *Addressing current and future problems of parasitic weeds in rice*. In Elsevier "1st edition", 10p.
- RODENBURG, J., 2004. How can field selection for *Striga* resistance and tolerance in sorghum be improved? International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Bamako, Mali, Department of Agronomy, Purdue University. 48p
- SEGUY L., BOUZINAC S., TRENTIN A., CORTES N.A., 1996 - L'agriculture brésilienne des fronts pionniers. *Agriculture et développement* 12 : 1-76.
- SOAFANOMEZANTSARA, J., 2011. Effets de l'irradiation sur le comportement au champ des plants de maïs (*Zea mays* L.) M1. Mémoire du Diplôme d'Etudes Approfondies en Physiologie végétale, Filière Sciences Naturelles- Université d'Antananarivo. 50 p.

23. Effets des fertilisants et du système de couverture végétale morte aux cultures de maïs (*Zea mays* L.), variétés Plata et IRAT200 améliorées attaquées par *Striga asiatica* L. Kuntze à Kianjasoa

RAVELONANOSY, Nirisoa Tahiana.⁽¹⁾, Ranaivotsilavo, H.⁽¹⁾, Rasoamampionona, B.⁽¹⁾, Rajaonera, R.⁽¹⁾, Ralambofetra, E. ⁽¹⁾, VELOMBOLA S. M.² Rakotoarisoa, N.V.⁽¹⁾

(1) : Université d'Antananarivo – Faculté des Sciences BP 906 – Mention Biologie et Ecologie Végétales – de Biotechnologie et Amélioration des Plantes (UBAP)., (2) : Centre Régional de Recherche du Moyen-Ouest FOFIFA à Kianjasoa

Résumé

L'appauvrissement de la terre arable dans le Moyen-Ouest de Madagascar a entraîné la prolifération de *Striga asiatica*, une plante parasite des céréales. Cette dernière contribue à la chute du rendement du maïs depuis une trentaine d'années. L'objectif de ce travail consiste à identifier le système de culture permettant l'atténuation de l'attaque de *Striga asiatica* sur la culture de maïs afin d'augmenter la production à Madagascar.

La culture de maïs a été installée sur un champ infesté naturellement et artificiellement de *S. asiatica* à Kianjasoa. Pour cela, les variétés de maïs Plata M4-M5 et M5 Irat200 ont été utilisées. Les semences des lignées parent et améliorées de la variété Plata a été testée sur quatre systèmes de culture : le bloc témoin TEM, l'apport de fertilisants chimiques FERT, l'application de fumure organo-minérale NPK+Fumier NF et la pratique de la couverture végétale morte SCV utilisant la paille de riz. Pour Irat200, les lignées parent et améliorées M5-100Gy puis M5-200Gy ont été testées sur TEM et NF. Les paramètres suivants ont été étudiés : taux de survivants, nombre de plants de *Striga* émergés, les symptômes d'attaque sur la plante hôte et le rendement. Chaque traitement a été répété trois fois.

Pour les deux variétés, Plata et Irat200, les lignées de maïs améliorées ont donné des meilleurs résultats par rapport au parent sur tous les paramètres. Pour Plata, le taux de survivants est amélioré à 91,4% sur le NF contre 58,8% sur TEM. Le SCV a considérablement réduit l'émergence de *S. asiatica* à 8,3 qui a été de 42,6 dans TEM, et aussi le taux d'infection à 22% sur SCV et 64% sur TEM. La fumure organo-minérale NF et les fertilisants chimiques FERT ont augmenté les rendements en grains de maïs,

respectivement à 4,59 t/ha pour M5-300Gy et 4,5 t/ha pour M4-300Gy, soit 2,55 fois supérieur à celui du parent sur le bloc TEM qui est de 1,7 t/ha. Pour Irat200, le taux de survivants est amélioré à 80% sur le NF contre 35% sur TEM. Le NF a réduit d'abord le nombre de *S. asiatica* émergé à 16 qui a été de 36 dans TEM, et aussi le taux d'infection à 18,05% qui a été de 35,25% sur TEM. L'apport de fumure organo-minérale a augmenté le rendement en grains de maïs à 3,43 t/ha pour M5-200Gy contre 0,84t/ha pour parent sur le bloc TEM. L'augmentation du rendement sur les deux variétés serait due à l'assimilation immédiate des éléments minéraux par la plante hôte. Le paillage favorise l'humidité du sol, diminue par la suite la germination des graines de *S. asiatica* et réduit ainsi efficacement l'infection au niveau de la plante hôte. La pratique des systèmes de culture combinée à l'utilisation des semences améliorées pourrait améliorer la qualité du sol, réduire l'attaque du parasite et augmenter par la suite le rendement.

Mots clés : Fertilisants chimiques, Fumure organo-minérale, couverture végétale morte SCV, *Striga asiatica*, maïs (*Zea mays L.*), variétés Plata et Irat200 améliorées

INTRODUCTION

843 millions de tonnes de maïs ont été produites en 2013-2014, dans le monde. Cela fait du maïs la céréale la plus cultivée au monde, devant le blé (FAO, 1993) et il reste une céréale alimentaire traditionnelle pour les régions tropicales (ROUANET ,1984). Cultivé sur tous les continents, le maïs est une espèce végétale qui s'adapte à une large gamme de conditions édapho-climatiques et à un schéma d'agriculture vivrière.

A Madagascar, plus de 70% de la population malgache vivent de l'agriculture. Les grandes zones de culture sont localisées, en particulier, dans le Moyen Ouest, les Hauts Plateaux et le Sud-Ouest avec plus de 97% de la production totale (BADJECK et RAKOTONIRAINY, 2010).

Les paysans de la région du Moyen-Ouest vivent principalement de la maïsiculture et de la riziculture. En effet, le Moyen-Ouest est une grande zone agro-écologique qui dispose de grandes surfaces cultivables, mais celles cultivées sont encore faibles, de l'ordre de 17%. En plus de cela, l'exploitation des terrains cultivables est confrontée à des contraintes agronomiques importantes. La baisse de la fertilité des sols est accompagnée de la présence d'une mauvaise herbe, la plante parasite des céréales, le *Striga asiatica* qui entraîne la diminution de la production céréalière de base sur « tanety » (ANDRIANAIVO et al. 1998). C'est une véritable peste végétale. Chaque année, il cause un manque à gagner, correspondant à 7 milliards de dollar US à l'économie africaine (FAO, 2001).

Face à ces situations, la recherche de méthode de lutte efficace contre le *Striga asiatica* est une priorité pour assurer le développement et la sécurité alimentaire dans le pays. Des chercheurs ont mentionné que la biologie particulière de *Striga asiatica* rend cette plante difficile à combattre et un simple désherbage manuel serait inefficace à cause de la multitude de ses graines qui pourrait être stockées pendant une vingtaine d'année dans le sol jusqu'à ce qu'il reçoive les conditions favorables (ANDRIANAIVO et al. 1998 ; HUSSON et al. 2008). Différentes méthodes de lutte préventive et curative ont été déjà utilisées et pratiquées pour combattre ce fléau comme le labour profond du sol (ANDRIANAIVO, 1998) et le report de la date de semis (RODENBURG, 2004), le désherbage manuel et l'application des produits chimiques, l'application des plantes pièges ou faux hôtes (AFD, 2006).

C'est dans ce contexte que nous situons notre étude sur l'application de plusieurs systèmes de culture telles que l'utilisation des fertilisants strictement minéraux, de la fumure organo-minérale ainsi que la pratique du système de couverture végétale morte, combinée à l'utilisation de différentes variétés de maïs de différentes générations, afin de contribuer à la lutte contre le *Striga asiatica*.

MATERIELS ET METHODES

1-Site d'étude

L'expérimentation a été faite dans le Moyen Ouest de Madagascar, dans la Région de Bongolava, District de Tsiroanomandidy, Commune rurale de Mahasolo à la station de recherche FOFIFA de Kianjasoa. Elle se situe à environ 185 km d'Antananarivo. Kianjasoa est à 22 km d'Ankadinondry Sakay sur la route nationale n°1.

2- Matériels végétaux

- Les semences de maïs :

Des semences de maïs de la 4^{ème} génération (M4), issues de deux variétés avec différentes doses d'irradiation ont été utilisées :

- La variété Plata : lignée parent 0Gy utilisé comme témoin et lignée améliorée M4-300Gy
- La variété Irat200 : parent 0Gy utilisé comme témoin, lignées améliorées M4-100Gy et M4-200Gy

Les semences M4 de la 4^{ème} génération sont issues des semences parentes de la 1^{ère} génération, irradiées au rayon Gamma suivie de la sélection massale puis individuelle au champ de la 1^{ère} jusqu'à la 4^{ème} génération.

- Les semences de *Striga asiatica* pré-conditionnées :

La plante entière de *Striga asiatica* à capsules matures a été collectée, séchée puis stockée dans des sacs. Ces capsules sont broyées pour dégager les minuscules graines. Les graines décapsulées sont ensuite tamisées à l'aide d'un tamis de maille 180µm. Enfin, les graines obtenues sont mélangées avec du sable fin à un rapport de 50/50.

- La plante de couverture morte : La paille de riz.

Le paillage ou SCV est une technique qui consiste à couvrir le sol de matières organiques pour le nourrir et le protéger. Pour cette expérience, des pailles de riz ont été utilisées. Une épaisseur de 10cm (soit environ 120 kg/100m²) est exigée.

3- Fertilisants

Deux types d'engrais ont été utilisés dès le semis :

- Les engrains minéraux FERT : mélange de Triple Super Phosphate TSP de dose de l'ordre de 20 kg/ha ou 0,77g/poquet et de l'urée 120 kg/ha ou 4,61 g/poquet en 2 apports, 2/3 au semis et 1/3 35 jours après.
- Les engrais organo-minéraux ou NF : mélange de NPK (11, 22, 16), à raison de 45 kg/ha 1,15g/poquet et de fumier de zébu (5 t/ha) ou 75 g/poquet.

4- Dispositif expérimental

Un terrain de 3612m² (84m x 43m) a été utilisé pour cultiver les maïs de la variété Plata et un autre de 300m² (25m x 12m), pour celle de l'Irat200. Les champs de culture ont été labourés, émottés et pulvérisés par un tracteur suivis d'un désherbage manuel.

Pour la variété Plata, le terrain est subdivisé en 4 blocs qui ont reçu 4 traitements différents : le SCV, le Témoin sans traitement (TEM), le bloc FERT et le bloc à NF. Chaque bloc est ensuite divisé en 3 parcelles de 20 m x 10 m chacun qui ont servi de répétition. Des poquets espacés de 50cm ont été formés sur les parcelles.

Pour la variété Irat200, le terrain est subdivisé en 2 blocs et ont reçu 2 traitements différents : le Témoin ou sans traitement (TEM) et le bloc à NF. Chaque bloc est ensuite divisé en 3 parcelles de 12m x 10m pour servir de répétition. Les poquets sont espacés de 50cm avec une profondeur de 15cm.

5-Semis

Une pincée de graines de *S. asiatica* pré-conditionnées a été introduite par trou, puis épargillée manuellement dans le trou, par la suite couverte par un tas de sol de 12cm d'épaisseur. Un grain de maïs a été ensuite semé directement après inoculation des grains de *Striga* puis recouvertes par des tas de sol.

Les engrais ont été déposés manuellement dans chaque trou avec le grain de maïs+*S. asiatica* et recouverts par un tas de sol. La paille de riz a été posée sur le bloc SCV après que le grain de maïs et les graines de *S. asiatica* soient semés et enterrés.

6-Collecte des données et analyses statistiques

Différents paramètres ont été considérés : le taux de germination des graines de maïs, le taux des plantes survivantes, le nombre moyen des *Striga asiatica* émergés par parcelle et le rendement en graines.

Le taux de plantes de maïs survivants dans une parcelle à la fin de la maturation a été compté avant la récolte et divisé par le nombre total des grains germés.

Le nombre de *Striga asiatica* émergé a été compté après la phase de floraison du maïs dans chaque parcelle.

Le rendement en grains de maïs exprimé en tonne/hectare a été évalué à la fin de la récolte.

L'analyse de variance ou « ANOVA » est la méthode statistique choisie pour traiter les résultats de cette expérience, au seuil de risque de 5%. Le logiciel R a été utilisé pour l'analyse de toutes les données obtenues. La différence significative entre les moyennes a été indiquée par les lettres a, b, c, d,... le degré de cette différence augmente suivant l'ordre alphabétique mais les valeurs suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Le tableau 1 ci-dessous résume les résultats obtenus.

Le **taux de plants de maïs survivants** pour les semences améliorées Plata M4-300Gy est significativement supérieur 77,1% par rapport à ceux du parent 67,16%.

Ce résultat est pareil pour les semences Plata M5-300Gy qui a un taux de germination significativement supérieur de l'ordre de 91,4% par rapport à 58,8% du parent et les semences Irat200-M5 de l'ordre de 77,2% à 80% contre leur parent qui est significativement inférieur de l'ordre de 35%. Ces résultats sont conformes à ceux de TSARANIRINA (2015) et RAJAONERA (2016) ; l'effet de l'irradiation effectuée au sein du génome du riz aux générations M4 et M5 favorise le maintien de la survie de la plante et leur tolérance aux attaques de *Striga asiatica*. Suite aux mutations, des caractères de défense contre *S. asiatica* ont été observés dans la plante hôte, ce qui retarde l'évolution de la virulence du parasite chez la plante hôte, comme TSARANIRINA (2015) et RODENBURG et al. (2016) ont identifié.

Le nombre moyen de plants de *S. asiatica* émergés sur les semences parents est largement élevé (42,6) par rapport aux semences M4-300Gy (36). Ceci peut être dû à la diminution de la teneur en Strigolactone présente dans les exsudats racinaires des plantes de maïs Plata M4-300Gy ou à la distance entre la racine de la plante hôte et de *S. asiatica*. D'après KANTE (2011), les plantes, ayant une tolérance à *S. asiatica*, ne produisent que très peu de racines, dans les 15 cm en profondeur. Nos résultats sont conformes à ceux obtenus par RAMAIAH et al. (1983) ; SALLE et RAYNAL (1989) ; RAHARIVELO (2014) en mentionnant qu'une quantité de Strigolactone et une distance minimale doivent être atteintes pour stimuler la germination de *S. asiatica*.

Les variétés putatives mutantes Plata M4 et M5-300Gy ainsi que Irat200 M5-100Gy et 200Gy ont produit en moyenne beaucoup plus de grains (2,7 t/ha à 4,59t/ha) que les variétés parentes (0,84t/ha à 1,8 t/ha), soit une augmentation de 1,5 à 2,55 fois. Les variétés parentes sont sensibles aux attaques de *S. asiatica* causant le rattachement facile de la plante parasite à la racine de la plante hôte. En effet, le détournement des éléments nutritifs fait par la plante parasite a diminué la productivité en grains de maïs, comme HUSSON et al. (2008) ont indiqué. Nos résultats confirment ceux de RAKOTOARISOA (2008) et ANDRIANJAKA RANOROSOA (2011), qui ont constaté que les grains de riz putatifs mutants, après des années de sélection, sont moins susceptibles aux attaques de *S. asiatica*, procurant ainsi une augmentation du rendement.

Traitements Génotypes	Survivants	Survivants	Haut	Nombre <i>S. asiatica</i> émergé	Rendement grains maïs (t/ha)
Variété PLATA					
TEM	Parent 4-300Gy	67,16a 67,16a	125,90a 139,1b	42,60b 36,00a	1,70a 2,50b
SCV	Parent M4-300Gy	78,60a 89,40b	146,70a 166,70b	13,00a 8,30b	2,80a 3,70c
FERT	Parent M4-300Gy	81,90a 93,70b	172,40a 185,90b	23,00a 17,00a	3,20a 4,50b
NF	Parent M5-300Gy	58,80a 91,40b	156,80a 249,77b	34,00b 32,00a	1,80a 4,59b
Variété Irat 200					
TEM	Parent M5-100Gy M5-200Gy	28,73a 60,29a 66,88b	119,16a 142,53b 146,16c	38,00b 20,00a 24,00a	0,84a 1,79ab 2,19b
NF	Parent M5-100Gy M5-200Gy	35,00a 77,20c 80,00c	184,73a 192,53cd 226,16d	36,00b 24,00a 28,00a	1,24a 3,14c 3,43c

Les valeurs suivies d'une même lettre n'ont pas de différence significative au seuil de 5%

TEM = Témoin ; SCV = système de couverture végétale morte ; FERT = Urée + Triple Super Phosphate ; NF = NPK + Fumier

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les résultats de cette étude montrent l'intérêt indéniable de l'utilisation des semences améliorées de maïs combinée à un système de culture comme le SCV qui diminue fortement l'émergence de *Striga asiatica*. En plus, la fumure organo-minérale NPK + Fumier a augmenté le rendement de 4,59 t/ha. Enfin, l'utilisation des semences améliorées réduit l'émergence des plantes de *Striga asiatica* et augmente les rendements en grains de maïs.

Le SCVm combiné à l'utilisation des semences améliorées semble un système performant pour lutter contre *S. asiatica*.

A l'avenir, l'utilisation d'autres couvertures, morte ou vive, peut être envisagée pour évaluer son efficacité. D'autres combinaisons de systèmes de lutte pour bien gérer la fertilité du sol sera nécessaire. Il faut poursuivre la sélection des semences améliorées jusqu'à l'obtention des individus à génotypes stables et de les fournir aux paysans et il faut faire une étude biochimique et moléculaire des semences améliorées pour déterminer le gène responsable de la résistance à *S. asiatica*.

REMERCIEMENTS

Les auteurs présentent leur vif remerciement à la FAO/AIEA (Agence Internationale de l'Energie Atomique) de Vienne en Autriche pour l'octroi de financement, l'INSTN-Madagascar pour son intermédiaire entre l'AIEA et la Faculté des Sciences, et le FOFIFA pour la collaboration.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFD, 2006. Le semis direct sur couverture végétale permanente (SCV), une solution alternative aux systèmes de culture conventionnels dans les pays du sud.
- ANDRIANAIVO, A.P., KACHELRIESS, S., KROSCHEL, J. et ZEHRRER, W., 1998. Biologie et gestion de *Striga* à Madagascar, FOFIFA, DPV, GTZ, 65 p.
- ANDRIANJAKA RANOROSOA, A., 2011. Développement rapide de lignées de riz (*Oryza sativa* L. ssp *japonica* et ssp *indica*) et de maïs (*Zea mays* L.) productives et à caractères désirés. Synthèse des travaux pour l'obtention du grade HDR. Université d'Antananarivo, laboratoire de Physiologie Végétales. 167 p.
- BADJECK, B. et RAKOTONIRAINY, M., 2010. Système mondial d'information et d'alerte rapide sur l'alimentation et l'agriculture. La FAO : Programme alimentaire mondial. Rapport spécial. mission FAO/PAM d'évaluation de la sécurité alimentaire à Madagascar.
- FAO, 1993. Utilisation des aliments tropicaux : céréales. Etude FAO : Alimentation et nutrition, 47/1. Rome, FAO.
- HUSSON, O., MICHELLON, R., CHARPENTIER, H., RAZANAMPARANY, C., MOUSSA, N., NAUDIN, K., RAZAFINTSALAMA, H., RAKOTOARINIVO, C., ANDRIANAIVO, A. P., RAKOTONDRAMANANA et SEGUY, L., 2008. Le contrôle de *Striga* par les systèmes SCV (Semis direct sous Couverture Végétale permanente). 72 p.
- KANTE, M.P.N.M., 2011. Niveau de résistance à *Striga hermonthica* (Del.) Benth. de 15x2 variété de sorgho (*Sorghum bicolor* L. Moench). Mémoire de fin d'étude. Université de Sénégal. Département des productions Végétales. 69p.
- RAHARIVELO, M., 2014. Sélection *in-vitro* des variétés mutantes de riz pluvial malgache *Oryza sativa* L. F-154 et B-22, tolérantes à la plante parasite *Striga asiatica* L. Kuntze. Mémoire de DEA. Université d'Antananarivo. Département de Biologie et Ecologie Végétales, Laboratoire de physiologie Végétale, Unité de Biotechnologie et Amélioration des Plantes. 86 p.
- RAJAONERA, R., 2016. Etude des effets de fertilisants chimiques et du système de couverture végétale (SCV) sur l'attaque de la plante parasite *Striga asiatica* L. Kuntze chez le riz pluvial *Oryza sativa* L. lignée B22 putative tolérante. Mémoire pour l'obtention du diplôme Master II. Université d'Antananarivo. Mention de Biologie et Ecologie Végétales, Parcours de Physiologie Végétale, Unité de Biotechnologie et Amélioration des Plantes. 76 p.
- RAKOTOARISOA, N.V., 2008. Développement de lignées de riz et de maïs productives tolérantes à *Striga asiatica* en culture pluviale à Madagascar. Séminaire sur la présentation des programmes de recherche, volet « Amélioration variétale » dans le cadre du projet « Lutte biologique intégrée contre *Striga asiatica* à Madagascar », projet de coopération avec l'INRA, IRD, AIEA, FOFIFA, financé par GDRI-BDDM, lieu : Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo. 14 p.
- RAMAIAH, K.V., PARKER, C., VASUDEVA RAO, M.J. et MUSSELMAN, L., 1983. *Striga* identification and control handbook – Information Bulletin 15, Pantancheru India : ICRISAT, 52 p.

RODENBURG, J., CISSOKO, M., KAYONGO, N., DIENG, I., BISIKWA, J., IRAKIZA, R., MASOKA, I., MIDEGA, C.A.O, et SCHOLES, J.D., 2016. Genetic variation and host-parasite specificity of *Striga* resistance and tolerance in rice: the need for predictive breeding. Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Bamako, Mali, Department of Agronomy, Purdue University.

ROUANET, G., 1997. Le maïs. Maison Neuve et Larose, Paris, 2 : 15-80.

SALLE, G. et RAYNAL-ROQUES, A., 1989. Le *Striga*. La recherche, mensuelle n°206, vol.20, Janvier, 52 p.

TSARANIRINA, V., 2015. Sélection cytologique de lignées de riz tolérantes à la plante parasite *Striga asiatica* L.Kuntze. Mémoire de DEA, Université d'Antananarivo, option physiologie végétale, 100 p.

24. Les plantes de service peuvent-elles réduire les dégâts des vers blancs sur culture de riz pluvial ?

RANDRIAMANTSOA Richard¹ , NIVOTIANA Marie Agnès¹ ; GOEBEL Régis², LETOURMY Philippe² , RAKOTOSOLOFO Herlin¹& RAFAMATANANTSOA Emile¹

¹FOFIFA ;²CIRAD

INTRODUCTION

A Madagascar, les insectes terriques, tels que les larves des Scarabaeoidea, communément appelés « vers blancs » constituent un problème majeur des cultures pluviales. Ces insectes sont très complexes et diverses du point de vue taxonomique et fonctionnelle. La grande majorité des espèces sont endémiques et sont réparties dans différentes familles. Cependant, elles ne sont pas toutes nuisibles. Si certaines d'entre elles sont des ravageurs stricts, d'autres en revanche sont indifférents à la culture et contribuent à la dégradation de la matière organique et à l'amélioration de la structure du sol (Ratnadass et al. 2006). Une culture entière peut être détruite si les infestations sont sévères. Dans le cas du riz pluvial, les attaques peuvent se produire durant le cycle de la culture et peuvent-être causées par différentes espèces (Randriamanantsoa et al. 2008). Pour réduire les attaques de ces ravageurs sur la culture, différentes méthodes de lutte sont développées. Cependant, les produits chimiques restent pour le moment les plus utilisés. Compte tenu de l'utilisation abusive des insecticides et de leur effet sur l'environnement et la santé, d'autres alternatives ont été étudiées. Parmi celles-ci, l'utilisation des plantes de service en agriculture de conservation qui a été étudiée pour réduire les attaques de ces ravageurs sur la culture

MATERIELS ET METHODES

L'étude a été conduite à Andranomanelatra, situé à 1613 m d'altitude, entre 18°59' et 20°03' de latitude Sud et entre 46°17' et 47°19' de longitude Est. Le dispositif expérimental comporte 4 blocs avec 6 traitements : T₀= Riz seul sans protection, T₁= Riz seul avec une protection totale, par application de produits insecticides, T₂= Riz associé au *Desmodium uncinatum*, T₃= Riz associé au *Raphanus sativus* et T₄= Riz associé au *Crotalaria grahamiana*

La variété de riz pluvial FoFiFa 180 a été utilisée pour l'étude. 5t/ha de fumier de bovin et 300 kg/ha de NPK (11-22-16) ont été apportés dans chaque parcelle élémentaire.

Pour le traitement riz seul avec une protection totale, les semences ont été traitées avec de l'Insector T45 (insecticide et fongicide, matière active : Imidaclopride 350 g/kg + thiram 100 g/kg) utilisé à 4 g/kg de semence. Par la suite, un traitement de sol avec du Général 10G (insecticide et nematicide systémique, matière active : Carbosulfan 100 g/kg) a été appliquée à une dose de 10 kg/ha. Ces traitements sont complétés par des applications foliaires avec du *Basy*, (insecticide de contact, matière active : Cypermethrine 50 g/l + Chlorpyrifosethyl 500 g/l), utilisé à 1 litre/ha. Pour les autres, aucun traitement insecticide n'a été appliqué.

Les prélèvements des vers blancs ont été effectués avant la mise en place, à la fin levée, au mi-tallage et au stade montaison de la culture. La méthode TSBF (Anderson & Ingram, 1993) a été utilisée en utilisant un carré de 25 cm de côté sur 30 cm de profondeur divisé en 3 horizons : 0-10 cm ; 10- 20 cm et 20- 30 cm de profondeur. Tous les individus trouvés ont été gardés, comptés et identifiés, selon les horizons. L'évaluation des attaques des plants de riz a été réalisée par comptage d'attaque à la fin levée, mi-tallage, montaison et à la récolte. Elle a porté sur une surface de 4.84 m² pour T₀, T₁ et 5.28 m² pour T₂, T₃ et T₄ de chaque parcelle élémentaire. A la récolte, des mesures de rendement en grains et pailles ont été effectués.

RESULTATS

1) Diversité des espèces

6 familles de vers blancs ont été recensées lors des échantillonnages. Elles sont représentées par les Melolonthidae (*Apicencya waterloti*, *SpM1*, *SpM2*), Sericidae (*SpS1b*, *SpS2*, *Serica sp*), Dynastidae (*Heteroconus paradoxus*), Cetoniidae (*Euryomia argentea*), Hopliidae (*Paramorphochelus cornutus*), et Orphnidae (*Triodontus nitidulus*). Les espèces codifiées *SpM1*, *SpM2*, *SpS1b* et *SpS2* ne sont pas encore identifiées. L'espèce *SpS1b*, famille de Sericidae est la plus dominante et représente à elle seule 49,43% de la proportion totale d'individus. La richesse taxonomique ainsi que la densité des vers blancs est la plus faible avec une protection totale de la culture. En effet, les traitements appliqués ont provoqué une forte mortalité des individus. En revanche, cette richesse a été la plus élevée pour le riz associé au *Raphanus sativus* mais avec une densité est faible. En effet, cette diminution est due à la toxicité de cette plante aux larves de coléoptère. Rabary *et al.* (2011) ont montré l'effet dépressif de résidu de radis sur les vers blancs. Par ailleurs, Rafarasoanana *et al.* (2009) ont démontré que le radis a stimulé l'appétence de *Heteroconus paradoxus* mais a un effet biocides à ces espèces de vers blancs.

2) Dégâts des vers blancs sur la culture

D'une manière générale, l'attaque des vers blancs s'observe dès le stade levée, jusqu'à la montaison de la culture. Ces attaques sont causées par différents stades de l'insecte. Les adultes s'attaquent de préférence au collet des jeunes plants, tandis que les larves s'attaquent aux racines, surtout pour celles qui sont rhizophages. Les dégâts racinaires s'observent à partir du stade tallage de la culture du riz.

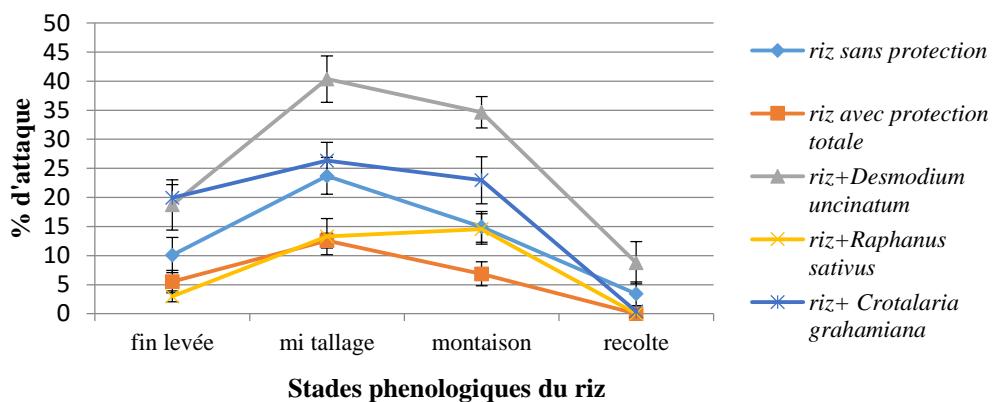


Fig. 1 Pourcentage moyen d'attaque des vers blancs selon le stade phénologique du riz
(Nivotiana, 2017)

Quel que soit les traitements, l'attaque des vers blancs a été la plus sévère à partir du tallage de la culture. Ceci correspond au début du stade de la lignification des tiges et un développement du système racinaire des plants favorables aux attaques des larves rhizophages (Fig. 1). Le dégât des vers blancs dans le système riz associé au radis fourrager (*Raphanus sativus*) est le plus faible par rapport aux autres systèmes étudiés. Ceci est dû à l'effet négatif de cette plante sur ces ravageurs (Rafaliharimanana, 2015). Les dégâts sont plus importants dans le système riz *Desmodium uncinatum*. En effet, comme les éclats de souches de cette plante n'ont pas encore bien repris lors de l'évaluation des attaques, il se peut que son effet ne se répercute pas vraiment sur le ravageur. Le riz, avec une protection totale, est la moins attaquée (Fig. 1).

Par ailleurs, on observe une corrélation entre la densité des vers blancs et les dégâts causés. Les dégâts augmentent avec la densité des vers blancs (Fig. 2).

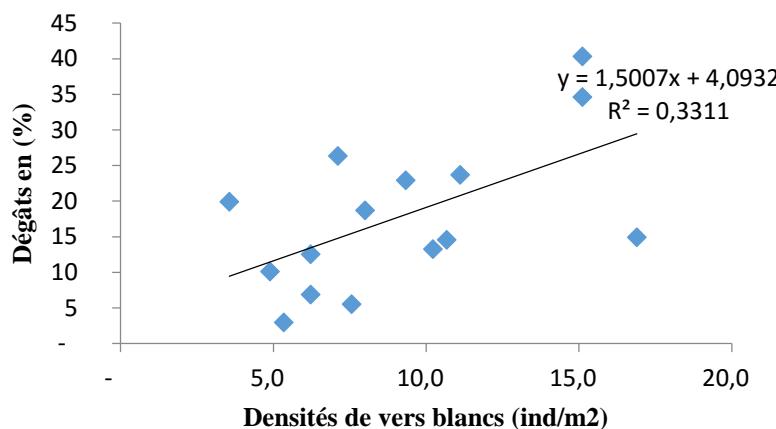


Fig. 2 Relation entre dégâts et densité de vers blancs (Nivotiana, 2017)

3) Rendement

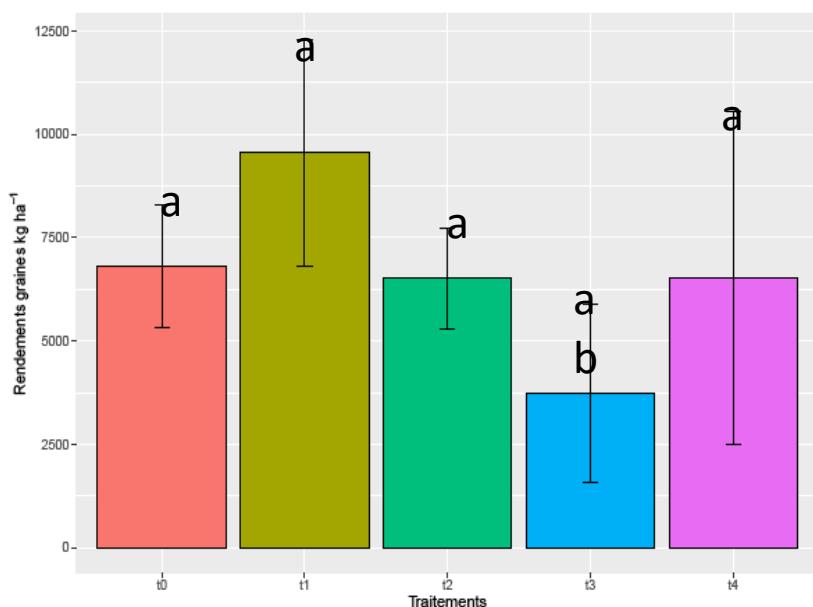


Fig. 3 Rendement moyen (kg/ha) de riz selon les systèmes (T₀ : Riz seul sans protection insecticide, T₁ : Riz seul avec protection totale, T₂ : Riz + *Desmodium uncinatum*, T₃ : Riz + *Raphanus sativus*, T₄ : Riz + *Crotalaria grahaminia*) (Nivotiana, 2017)

Par rapport aux différents traitements étudiés, la culture du riz protégée dès le semis par traitement de semences, suivi d'un traitement de sol et foliaire offre un meilleur rendement. En effet, on a remarqué que les attaques pour ce type de traitement sont faibles. Les systèmes associés riz- *Crotalaria grahaminia* et riz- *Desmodium uncinatum* montrent de meilleurs rendements, par rapport au système riz- *Raphanus sativus*, malgré les attaques plus importantes dans ces systèmes. En effet, ces légumineuses ont une propriété pour l'amélioration de la fertilité des sols et améliorent le rendement. En revanche, *R. sativus* a un effet allélopathique sur le riz si bien que même si les dégâts sont faibles dans ce système, le rendement est faible (Fig. 3). Des travaux antérieurs ont montré le même résultat.

CONCLUSION

Les vers blancs sont très divers et complexes. Les produits chimiques constituent jusqu'à présent le moyen de lutte le plus utilisé pour réduire l'attaque de ces ravageurs sur la culture. Les attaques des vers blancs peuvent se produire tout au long du cycle de culture du riz pluvial. L'utilisation du *Raphanus sativus* en association avec le riz pluvial permet de réduire les attaques des vers blancs sur le riz pluvial. Cependant il a un effet allélopathique sur le riz. Cette étude a permis de mettre en évidence que des systèmes de culture intégrant l'utilisation de certaines plantes de service offre des perspectives de lutte contre ces ravageurs sur la culture du riz pluvial.

BIBLIOGRAPHIE

- Anderson JM, Ingram J, 1993. Tropical soil biology and fertility. A *Handbook of methods*. 2nd ed. Wallingford (UK): CAB International
- Nivotiana R M.A, 2017. Effet des plantes de service sur les dégâts des vers blancs (Coleoptera, Melolonthidae) en riz pluvial. *Oryza sativa* (Poaceae, var : FOFIFA 180, FOFIFA/CIRAD, 2014) dans la région du Vakinankaratra, Mémoire Master 2, Faculté des Sciences- Université d'Antananarivo
- Rabary, B., Naudin. K., Letourmy. P., Mze Hassani, I., Randriamanantsoa, R., Michellon, R., Rafarasoa, L. and Ratnadass, A., 2011. White grubs, Scarabaeidae larvae (Insecta, Coleoptera) control by plants in Conservation Agriculture: effects on macrofaunadiversity. 149 – 150
- Rafaliharimanana F., 2015. Effet des composés polyphénoliques contenus dans les plantes de service sur le ver blanc (*Heteroconus paradoxus*) et le ver de terre (*pontoscolex corethrurus*): cas de système de culture sous couverture végétale Mémoire pour l'obtention du diplôme d'études approfondies en science de la vie. Faculté des Sciences-Université d'Antananarivo.
- Rafarasoa, L. S., Randriamanantsoa, R., Rabary, B., Ravaomanarivo, L., Krishna, N., Michellon, R. et Ratnadass, A., 2009. Effets biocides des plantes de couverture du rizpluvial à Madagascar sur les vers blancs (Coléoptera, Scarabidae). Communication à la Martinique PRAM /OMEGA 3 : Madagascar en Avril 2009.
- Randriamanantsoa, R., Ratnadass, A., Aberlenc, H.P., Rabearisoa, M. Y., Rajaonera, T. E., Rafamatanantsoa, E. et Vercambre, B., 2008. Les vers blancs du riz pluvial d'altitude 68 (Col. Scarabaeoidea) à Madagascar : effets de la plante-hôte et de la matière organique du sol sur le comportement larvaire. *Terre Malgache* 35-37
- Ratnadass A., Randriamanantsoa R., Rabearisoa., Y. M., Rajaonera., T.E., Rafamatanantsoa E. and Isautier, C., 2006. Dynastid white grubs as rainfed rice pests or agrosystemengeneers in Madagascar, International Rice Congress. 9-13. New Delhi. India.

25. Amélioration de la technologie de production artisanale de sucre

MODESTE Vincent, RAOELISON Tiansaoa, RAZANAMAHAZO Michel, RAMAHAVONJY F.

CNRIT

RESUME

La production de sucre complet est parmi les activités des paysans, dans le monde rural à Madagascar. Toutefois, elle se fait à petite échelle suivant une technologie très ancienne, héritée des pratiques ancestrales et sans appui technique. A cause du moyen de production inappropriate, cette ancienne technologie est très énergétivore.

Dans le but de réduire ce gaspillage d'énergie et surtout de préserver le foret, le Département Métallurgie du CNRIT propose, à travers le présent travail, un compromis entre la technologie traditionnelle malgache et la production semi industrielle de sucre complet

MOTS CLES : cannes à sucre, sucre complet, bagasse, calorifugeage, déforestation, biodiversité

I. INTRODUCTION

La pauvreté en milieu rural subsiste alors que les productions végétales comme la canne à sucre, existent en abondance presque dans tout Madagascar. Elles sont vendues sous forme de canne de bouche, de Siramamy gasy et de Toaka gasy, de mauvaise qualité et à faible prix sur le marché.

La question centrale qui résume l'ensemble des préoccupations est de créer des unités de transformation plus performantes, afin de rehausser la productivité de la technologie traditionnelle à moindre coût et de contribuer à l'augmentation de la production sucrière nationale. En sucrerie artisanale, la simplicité des solutions est plus impérative que la recherche de l'optimum de rendement. Il y a aussi une problématique de gaspillage d'énergie et de déforestation, sans oublier les dangers de caramélisation et le risque d'inversion des sucres, dû à la délicatesse de la conduite de la cuisson.

II. OBJECTIFS

Les objectifs du présent travail sont de :

- Examiner les conditions de réalisation d'un programme général de production de sucre complet ;
- Définir les conditions optimales de création de petites unités de production dans les contraintes de coût et de délai selon le lieu d'implantation ;
- Préconiser l'optimisation de la gestion de la bagasse (conception des foyers, système de récupération de chaleur et de gestion d'énergie)

III. OUTILS ET METHODOLOGIE

III.1 Matériels et équipements

- Balance de 100 kg
- Moulin mécanisé d'une capacité de broyage de 350 kgs de cannes par heure (Fig 1)
- Un foyer calorifugé à deux cuves en inox d'une capacité de 150 litres de chaque pour l'évaporation du jus
- Un simple foyer amélioré pour la transformation du sirop en sucre
- Moules en silicone et en bois pour la mise en forme du sucre
- Matériels de contrôle commun : un réfractomètre et un thermomètre pour le contrôle des paramètres de production (Fig.2)
- Louches, écumoirs, tamis (utiles pendant la cuisson)
- Brosses, cuvettes etc (pour le lavage des cannes)
- Fûts de 250 l et de 30 l pour la collecte des jus de cannes et le stockage des sirops



Fig.1 Moulin mécanisé



Fig.2 Accessoires de contrôle et de cuisson

III.2 Description de l'atelier

C'est un atelier de 12 x 10x 03 m de dimension, sis dans la Commune rurale de Mantaly, District d'Ambilobe, Région DIANA. L'unité renferme un foyer amélioré à deux cuves et muni d'un moulin activé par un moteur électrique (Fig.3). Il sert aussi de magasin de stockage des produits et du matériel.



Fig.3 Foyer amélioré

III.3 Processus de production

Le processus de production de sucre s'effectue en trois étapes.

- La préparation de la canne à sucre

Après pesage, les cannes sont lavées pour enlever les boues. Ensuite, on procède au rinçage et raclage pour enlever les bourgeons et les autres impuretés (Fig.4).



Fig.4 Préparation des cannes



Fig.5 Bagasse

- La production de sirop

A partir des cannes préalablement traitées, on obtient du sirop par l'évaporation du jus.

Le combustible principal utilisé est la bagasse (Fig.5) et le bois de chauffe ne sert que d'appoint.

- **La transformation du sirop en sucre**

Le sirop est soumis à une cuisson à feu doux pour la cristallisation. Sa solidification s'effectue dans des moules.

L'innovation technologique proposée est accessible aux paysans car elle s'inspire du modèle artisanal, basé sur la simplification rationnelle et peu coûteuse des procédés. La plupart des matériaux de construction et équipements sont disponibles localement. Il en est de même en ce qui concerne la disponibilité des ressources humaines pour la mise en œuvre

III.4 Les produits

Les produits sont présentés sous forme de sirop de cannes, de sucre en poudre et de sucre moulé (Fig.6,7).

Durant tout le processus, le respect des normes sanitaires et des exigences physico-chimiques est de rigueur



Fig.6,7 Echantillons des produits

IV. RESULTATS

Ici, le mot résultat est appréhendé comme l'effet du projet chez les bénéficiaires. Ainsi, le résultat à court terme est la maîtrise de la technologie de production du sucre complet, caractérisé par :

- une meilleure extraction du jus de cannes : réglage simple du moulin ;
- un jus clarifié exempt d'impuretés : optimisation de l'épuration ;
- une cristallisation améliorée : maîtrise de tous les paramètres (teneur en eau, degré de sursaturation, température...) ;
- des produits sains : exempt de flore microbienne, cuve de cuisson en inox ;
- une bonne présentation du produit ;
- des qualités organoleptiques testées ;
- une bonne conservation du produit obtenu ;
- un sucre à hautes valeurs nutritives : présence de vitamines et de sels minéraux.

Ensuite, il y a le résultat à moyen terme tel que la vulgarisation des résultats de recherche chez les planteurs de cannes et artisans sucriers. Dans cette partie de la chaîne de résultats, on peut citer : (i) la diminution du coût de production grâce à l'utilisation des foyers améliorés et la cuisson en cascade permettant de récupérer la chaleur de la fumée avant rejet (diminution des pertes calorifiques et du temps de production) ; (ii) l'utilisation de la bagasse comme combustible ; et (iii) la rationalisation dans la combinaison des procédés traditionnel et moderne.

Enfin, le résultat à long terme, c'est l'amélioration du niveau de vie des paysans ainsi que la transformation du monde rural

IV. CONCLUSION

La fabrication artisanale de sucre influe sur la détérioration de la biodiversité. En effet, le procédé traditionnel de production est archaïque et très énergétivore, utilisant principalement le bois de chauffe comme combustible.

Les aspects innovants du présent travail sont : (i) l'optimisation de l'équilibre énergétique de l'unité de production (meilleur calorifugeage, récupération maximale de chaleur, augmentation des surfaces de chauffe) ; (ii) l'amélioration du rendement de production ; et (iii) le respect des normes sanitaires et des exigences physico-chimiques pour chaque type de produit

Les impacts du présent travail de recherche sont :

Sur le plan scientifique : (i) valorisation et amélioration du savoir-faire dans la production du Siramamy gasy et (ii) amélioration de la qualité des produits

Sur le plan socio-économique et environnemental : (i) création d'emplois ; (ii) amélioration de la condition de vie des paysans ; (iii) amélioration de la santé humaine ;(iv) création de la valeur ajoutée ; (v) valorisation des ressources locales ; (vi) augmentation de la production nationale de sucre et économie de devises et (vii) réduction de la déforestation (utilisation de la bagasse comme combustible principal)

BIBLIOGRAPHIE

La production artisanale de sucre, Roger Lozzen, 2005, www.codeart.org

Energy improvements in jaggery making process, Shiralkar KY, et al. Energy Sustain Dev (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.esd.2013.11>.

3.Trends in the Development of EngineeringTechnologies for Sugarcane and Sugar Production in Nigeria, A. Gbabo1 and S.M. Dauda, International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR) Volume 2, Issue 2, February 2013

Improvement in gur (jaggery) making plant for rural areas, Madan HK, Jaiswal UK, Kumar JS, Khanna SK (2004), Journal of Rural Technology 1: 194-196.

Jaggery-A Traditional Indian Sweetener, PVK Jagannadha, Madhusweta Das & SK Das, Indian Journal of Traditional Knowledge, Vol.6 (1), January 2007, pp.95-102

26. Essai de production du lombricompost et application sur la culture de la ciboule (*Allium fistulosum*) à Mahajanga

RAVAOARISOA Marie Berthine¹, RAMAHEFARISON Heriniaina¹

¹ Parcours Biodiversité et Conservation/ Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement (FSTE), Université de Mahajanga.

Introduction

La population mondiale augmentera de trois milliards d'individus d'ici en 2030, dont 95%, dans le pays en développement (Mougeot et Moustier, 2004). L'accroissement de la population urbaine dans le monde entraîne, en conséquence, une augmentation des déchets solides et liquides (Falinirina, 2010). Or, les émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES), liées aux déchets ménagers, représenteraient près de 5 % du total du gaz à effet de serre. Pour gérer nos déchets, il faut mettre en place un véritable plan intégré de gestion de ces déchets afin de réduire leur production et d'augmenter le recyclage et le compostage en prenant en compte les aspects de santé publique et de protection de l'environnement (ADEME, 2009). La faune du sol, à l'exemple des vers de terre, joue un rôle important dans la transformation des déchets organiques, en substances organiques stables, le lombricompost pour les déchets organiques exogènes et l'"humus", pour la matière organique endogène du sol (Mitchell, 1997 ; Lavelle et al., 1994). Le lombricompostage est l'une des alternatives pour recycler et valoriser les déchets. Cette étude a pour objectif de connaître les potentialités des vers, à transformer les déchets organiques, dans les conditions climatiques de Mahajanga, puis de tester leur efficacité dans la production de légume-feuille.

Méthodologie

L'espèce *Eisenia andrei*, ou ver de Californie, ou encore ver de fumier, a été choisie pour le lombricompostage. Ce ver appartient à la famille des annélides du genre *Eisenia* et fait partie de la catégorie des vers épigés. La paille de riz, le coquille d'œufs, du carton, les épluchures de légumes, les peaux de bananes, les brèdes et le fumier de bovin frais sont utilisés comme matières premières pour nos vers. Tous ces produits sont coupés en petits morceaux et mélangés pour faciliter la décomposition. Ces produits sont utilisés comme matières premières pour nos vers. Les poids de 10 individus des vers de fumier ont été enregistrés au moment de l'installation et cette manipulation est répétée à la fin du processus. Le nombre de vers, à la fin de chaque cycle de production, a également été noté. Un mois après installation, les vers sont récupérés et le lombricompost fabriqué, ainsi que la matière non décomposée sont pesées. Le lombricompost obtenu a été analysé, pour déterminer leurs valeurs agronomiques, notamment les teneurs en éléments majeurs : Azote, Phosphore et Potassium.

La ciboule a été utilisée comme plante test. C'est une plante vivace herbacée à grandes feuilles cylindriques et creuses. Elle appartient dans la famille des Alliacées, du genre *Allium*, d'où le nom scientifique *Allium fistulosum*. L'objectif de notre expérimentation est de comparer les quatre fumures organiques qui sont le fumier de porc, fiente de volaille, le sang séché de zébu et les lombricomposts sur la culture de la ciboule. Le dispositif expérimental consistait à suivre deux cycles de culture de la ciboule fertilisé avec des engrains organiques différents : fumier de porc, fiente de volaille, de sang séché de zébu et du lombricompost. Il s'agit d'expérimentation en pot. Le comptage du nombre des feuilles et la mesure de la hauteur de chaque pied de la plante dans chaque pot ont été réalisés au cours de l'expérimentation tous les trois jours.

Résultats et discussions

• Evolution du poids des vers de fumier

Les vers de terre croissent bien pendant la première installation : le poids moyen des vers passe de 0.429g à 0.717g pour le lombricomposteur I et 0.398g à 0.708g, pour lombricomposteur II. Ce résultat pourrait être lié aux températures fraîches, pendant cette saison. Pendant la deuxième installation, le poids moyen des vers passe de 0.717g à 0.576g pour le lombricomposteur I et 0.708g à 0.568, pour le lombricomposteur II. Tandis que, pendant la troisième installation, le poids moyen des vers passe de 0.576 g à 0.418g pour le lombricomposteur I et de 0.568g à 0.444g pour le lombricomposteur II.

- **Quantité moyenne du lombricompost obtenu**

La quantité de compost obtenu durant les 3 cycles de production représentait 47 % à 51% des matières initialement apportées ; le lombricomposteur II produit plus de lombricompost (1 433g), surtout pendant la deuxième installation. En effet, 57.32% de la matière organique utilisée sont transformées en compost. Lors du lombricompostage, 0,54% à 1,74% des biomasses de départ ne sont pas décomposées.

Le lombricompost obtenu est très riche en éléments nutritifs, par rapport aux fumiers qu'on trouve habituellement dans les élevages à Mahajanga. Le pH est de 8,38 ; donc basique.

- **Effet des quatre traitements sur la repousse de la ciboule**

Les ciboules fertilisées avec du lombricompost poussent bien avec 29 feuilles, après un mois de culture. Par contre, celles fertilisées avec du sang séché de zébu ont de faibles repousses par rapport aux autres, 19 feuilles. Il y a une différence significative au niveau des matières fertilisantes utilisées pendant les deux cycles. Cette différence significative se trouve surtout entre le lombricompost et le sang séché de zébu.

- **Evolution de la moyenne de la touffe pendant la culture**

Le comptage du nombre de la touffe a été fait à la fin de chaque cycle. Le nombre de la touffe augmente pour l'ensemble du dispositif quel que soit la fertilisation, avec une augmentation plus importante du nombre de touffe pour le lombricompost.

- **Effet des quatre traitements sur la croissance de la ciboule**

Au départ, la croissance des ciboules est similaire, mais à partir du 12^{ème} jour, les ciboules fertilisées avec du lombricompost poussent vite par rapport aux autres. Il y a une différence hautement significative au niveau des fumiers utilisés. Cette différence significative se trouve surtout entre les ciboules fertilisées avec du lombricompost et du fumier porcin et entre les ciboules fertilisées avec de la fiente de volaille et le témoin.

Conclusion

La gestion des déchets est un véritable enjeu tant financier, en raison de l'augmentation croissante des coûts, qu'environnemental lié d'une part, au risque d'insuffisance d'exutoires de traitement à moyen terme, et d'autre part au gaspillage des matières premières (CNRS, 2002). Il existe un certain nombre de pratiques que la plupart des villes pourrait mettre en œuvre pour faire la gestion des déchets : sensibiliser la population sur les possibilités permettant de réduire la production de déchets et d'augmenter le recyclage et le compostage. Des différences significatives ont été observées entre les rendements des ciboules fertilisées avec du lombricompost et celles où l'on a apporté les fumiers utilisés habituellement par les maraîchers de la zone périurbaine de Mahajanga. A Mahajanga, la meilleure période pour produire du lombricompost se situe entre juin et septembre car c'est durant ces mois que la température moyenne est comprise entre 24° et 26°C. L'intégration du lombricompost aux systèmes de culture maraîchers pourrait apporter une solution aux problèmes de manque de fertilisant mais elle doit être accompagnée par un suivi et un accompagnement des producteurs.

Références Bibliographiques

- ADEME, 2009. La collecte des déchets par le service public en France, synthèse.
- CNRS-DGDR, 2002. Gestion des déchets. 11 pages.
- Desbois V., 2015. Lombricompostage. Edition Rustica. 2 pages. 48.
- Falinirina M.V., 2010. Valorisation en agriculture des apports organiques contenus dans les déchets urbains: qualité des matières organiques et service écosystémique.
- Infoclimat, 2017. Climatologie de l'année 2016 à Majunga. 4 pages. CNIL (875366) | SIRET : 45386074400037 Association loi 1901 à but non lucratif.
- Lavelle, P., M. Dangerfield, C. Fragoso, V. Eschenbrenner, D. Lopez-Hernandez, B. Pashanasi, and L.Brussaard. 1994. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility, in The biological management of tropical soil, M.J. Swift and P. Woomer, Eds., John Wiley-Sayce, New York, pp. 137-169.
- Mitchell A., 1997. Production of *Eisenia foetida* and vermicompost from feed-lot cattle manure. Soil Biol. Biochem. 29: 763-766.

- Mougeot, A. et Moustier, P. 2004 a. Développement durable de l'agriculture urbaine en Afrique francophone. Enjeux, concepts et méthodes. Canada : CRDI, CIRAD. 1-173.
- Wallwork, J. A. 1983. Earthworm Biology. London (UK): Edward Arnold. 49.
- You WC, Blot WJ, et al., 1989. Allium vegetables and reduced risk of stomach cancer. J Natl Cancer Inst.81:162-164.

27. Etude comparative de la reproduction et de la production de compost des deux espèces de vers de terre *Eisenia foetida* et *Eisenia andrei* à Mahajanga

FENOMANTSOA Herimanitra Tsirimalala Fernand¹, RAMAHEFARISON Heriniaina¹

¹Ecole Doctorale des Ecosystèmes Naturels (EDEN), Université de Mahajanga.

Résumé

Pour résoudre le problème d'approvisionnement en engrais dans la zone urbaine et périurbaine de Mahajanga, la production de compost par les vers de terre est l'une des alternatives étudiées. La lombriculture est une technologie peu coûteuse qui peut être utilisée avec succès en milieu urbain. Elle consiste à l'élevage des vers de terre qui sont les vers de surface, des groupes écologiques épigés. *E. foetida* et *E. andrei* sont les deux espèces qu'on a étudiées. La production des cocons, le nombre des juvéniles et la quantité de compost produit sont les paramètres observés. Ces deux espèces ont reçu la même nature et quantité de nourriture durant le lombricompostage ; des déchets végétaux mélangés aux excréments des bœufs peuvent être utilisés avec comme proportion 80% de biomasse d'origine végétale et 20% d'origine animale. Durant les expérimentations, 5 cycles de 40 jours, les deux espèces donnent des nombres des cocons et juvéniles différents ; *Eisenia andrei* produit plus de cocon qu'*Eisenia foetida*. Ces deux espèces donnent également des rendements de production de compost différents : 46% pour *Eisenia andrei* et 44% pour *Eisenia foetida*. Les teneurs en éléments majeurs du compost obtenu sont supérieures à celles des autres fertilisants organiques habituels : 16,1g.kg⁻¹ d'Azote, 4,5 g.kg⁻¹ de Phosphore et 17,3 g.kg⁻¹ de Potassium.

Mots clés : lombriculture, *Eisenia foetida*, *Eisenia andrei*, reproduction, lombricompost, Mahajanga

I. Introduction

La sécurité alimentaire pose problème, dans les pays en voie de développement (Mawois, M. 2009). La cherté et l'insuffisance des engrais sont les contraintes majeures des agriculteurs malgaches (Audois, M. 2007 ; Ramahefarison, H. 2011). Pour résoudre le problème d'approvisionnement en engrais dans la zone urbaine et périurbaine de Mahajanga, la production de compost par les vers de terre est l'une des alternatives étudiées.

Plusieurs essais de composts ont déjà été effectués, tels que le compost, en sept jours, le compost traditionnel ou le fumier de ferme, mais chaque technique a été abandonnée par les producteurs (Moisset, P. 2012). La longue attente de la décomposition de la matière organique, la difficulté de la technique et le besoin d'aménagement d'un abri sont des principaux problèmes. Face à ces contraintes, le lombricompostage semble être une opportunité pour les producteurs car il s'agit d'une technique simple, non coûteuse en temps et rapide (Francis, F. et al., 2003).

Les hypothèses vérifiées durant cette étude sont que (i) les deux vers de terre donnent des nombres des cocons et juvéniles différents ; (ii) ces deux vers de terre donnent des rendements de productions de compost différents et (iii) la valeur agronomique de compost obtenu est supérieure à celle des fertilisants organiques habituels.

Cette étude a pour objectif de connaître la croissance et la reproduction des deux espèces des vers de terre (*Eisenia foetida* et *Eisenia andrei*) ; évaluer la production de compost par ces deux espèces et déterminer leurs valeurs agronomiques.

II. Méthodologie

II.1. Lombriculture

II.1.1. Choix des vers de terre utilisés

La technique de lombricompostage nécessite l'utilisation des vers épigés qui jouent un rôle primordial dans la transformation des matières organiques (Francis, F. et al., 2003). Ils se nourrissent des matières organiques en décomposition dans la litière, en plus ils ne creusent pas (Moisset, P. 2012). *Eseinia andrei* et *Eseinia foetida* sont donc les vers choisis pour faire cette lombriculture. *Eisenia foetida*, vers rouge, tigré de gris ou de jaune et *Eisenia andrei* ou vers de Californie de couleur rouge sombre (photo 1).



Photo 1 : *Eseinia andrei* (à gauche) et *Eseinia foetida* (à droite)

(Source : Moisset, P. 2012)

II.1.2. Technique de lombricompostage

Le lombricompostage est un processus de transformation de la matière organique par une population de vers disposée dans le lombricomposteur (Priscillia, M. 2012). Selon Moisset, P. 2012, cette méthode est la copie à petite échelle de la décomposition des matières organiques dans les forêts par les microfaunes du sol, exercée par l'intermédiaire de l'homme afin d'obtenir de l'engrais organique appelée « lombricompost » utilisé pour les cultures.



Photo 2 : Lombricomposteur *Eseinia andrei* (gauche) et lombricomposteur *Eseinia foetida* (droite)

(Source : Auteur, 2016)

Chacune de ces deux espèces sont placées dans deux lombricomposteurs différents (photo 2). L'aération et le drainage sont nécessaires, c'est pourquoi le lombricomposteur est trouvé dans le fond pour le drainage et des événements sur le dessus pour l'aération. Le lombricomposteur doit être placé dans un endroit aéré, à l'abri du soleil, du gel et à des températures comprises entre 5 et 34°C. Ces vers doivent également garder à l'abri car ils n'aiment pas la lumière (Krikorian, J. 2013).

II.1.3. Les nourritures des vers

Durant le lombricompostage, ces deux espèces ont reçu la même nature et quantité de nourriture. Pour un meilleur rendement, le mélange des matières sèches riches en carbone comme le paille de riz, le carton avec des matières humides riches en azote tels que les brèdes, la pomme de terre, le carotte, le haricot vert est nécessaire (Priscillia, M. 2012). Nous avons préparé 5 000 g de nourriture, pour les 50 vers de chaque espèce ; des déchets végétaux mélangés aux excréments des bœufs peuvent être utilisés avec comme proportion 80% de biomasse d'origine végétale et 20% d'origine animale (tableau 1).

Tableau 1 : Proportions de nourritures utilisées durant le lombricompostage

Origine de la biomasse	Type des nourritures	Pourcentage %
Végétale	Brèdes et pomme de terre	35%
	Épluchures des bananes	10%
	Haricot vert	10%

	Carotte	10%
	Paille de riz	10%
	Carton	05%
Animale	Excréments des bœufs	15%
	Coquille d'œufs	05%

La nourriture est coupée en petits morceaux pour accélérer la décomposition (photo 3). Certains produits ne doivent pas être utilisées, tel est le cas de la viande, les produits laitiers, le poisson, les restes de repas vinaigrés ou gras, les agrumes, l'ail et l'oignon.



Photo 3 : Quelques exemples des nourritures des vers : paille de riz (à gauche), haricot vert et carotte (au centre) et coquille d'œuf pilée (à droite)

(Source : Auteur, 2016)

II.1.4. Suivi des cocons, des juvéniles et des adultes

La croissance et la reproduction des deux vers ont été étudiées. Le comptage des cocons et juvéniles a été effectué tous les mois, durant les expérimentations.



Photo 4 : Comptage des cocons et juvéniles

Source : (Auteur, 2016)

La vérification des nombres des vers adultes dans chaque lombricomposteur a été effectué. S'il a eu des morts, nous avons ajouté, tout de suite, des nouveaux vers adultes pour avoir des effectifs égaux pour les deux espèces.

II.1.5. Analyse de compost obtenu

Le produit obtenu a fait l'objet d'analyse au laboratoire, afin de déterminer ces valeurs agronomiques notamment les teneurs en azote, phosphore et potassium. Ces résultats d'analyse ont ainsi été comparés aux teneurs des éléments majeurs des autres fertilisants organiques habituels tels que le fumier de bœuf, la fiente de volaille et le fumier de porc.

III. Résultats

III.1. Reproduction des vers de terre

Durant les expérimentations, les deux espèces donnent des nombres des cocons et juvéniles différents (figure 1). Du mois de juillet à décembre, *Eseinia andrei* produit plus de cocons et de juvéniles qu'*Eisenia foetida*. Juillet et août sont les mois les plus propices pour ces deux vers ; *Eisenia foetida* donnent plus de 100 cocons et *Eseinia andrei* peut reproduire plus de 200 cocons durant le mois de juillet. De septembre à décembre, la production de cocons et juvéniles diminuent.

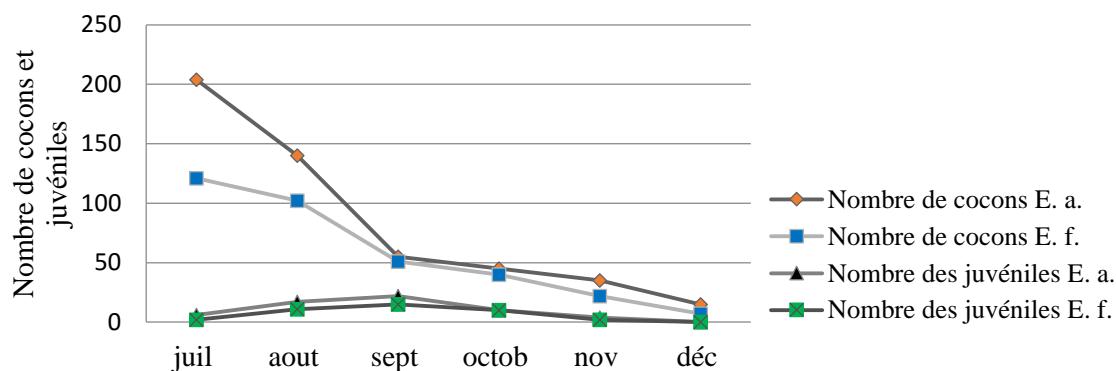


Figure 1 : Reproduction *Eseinia andrei* (E. a) et *Eseinia foetida* (E. f)

Cette variation des nombres des cocons est influencée par la température. Plus la température est élevée, plus les nombres des vers diminuent ; juillet et aout, la température à Mahajanga se diminue. Par contre, le mois de septembre, la température commence à augmenter jusqu'au mois de décembre. Cette variation des températures a également des effets sur les juvéniles.

III.2. Production de compost des deux vers

Durant les expérimentations, 5 cycles de 40 jours ont été effectués avec les deux espèces qu'on a étudiées. Les quantités de lombricompost produit sont différentes : 46% des poids totaux des matières premières utilisées pour *Eisenia andrei* et 40% pour *Eisenia foetida* (figure 2).

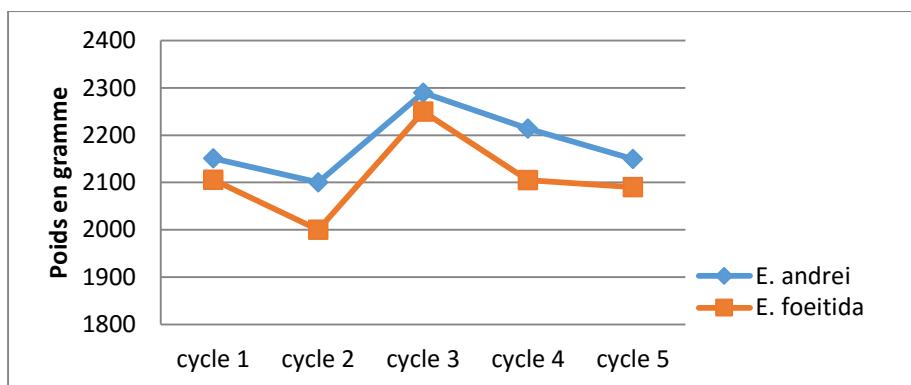


Figure 2 : Rendement de production de compost des deux vers de terre

III.3. Durée de lombricompostage

Un cycle de lombricompostage est caractérisé par la transformation des nourritures en compost par les vers de terre dans un lombricomposteur. Durant les expérimentations, ces deux vers ont accompli 5 cycles de 40 à 54 jours (figure 3). Le cycle 1 a une durée très longue, tandis que le cycle 5 est trop court. La durée moyenne de 5 cycles de lombricompostage est 40 jours.

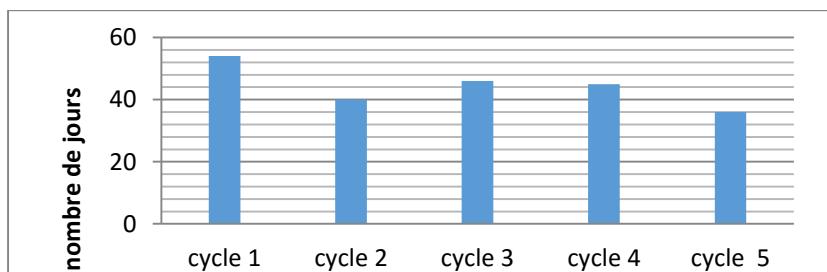


Figure 3: Durée du lombricompostage

III.4. Valeurs agronomiques de compost obtenu

Les teneurs en éléments majeurs du compost obtenu sont généralement supérieures à celles des autres fertilisants organiques habituels : $16,1\text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ d'Azote, $4,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de Phosphore et $17,3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de Potassium. Toutes les teneurs en éléments majeurs du fumier de bovin sont inférieures aux teneurs en éléments majeurs du lombricompost sauf celle de phosphore dans le fumier de porc et la fiente de volaille.

CONCLUSION

La lombriculture est une technologie accessible qui peut être utilisée en milieu urbain. *E. andrei* et *E. foetida* sont des vers de surface, agissant rapidement sur le recyclage des déchets organiques. *E. andrei* produit plus de cocons, de juvéniles et de compost qu'*E. foetida*. Le lombricompost peut être une alternative pour le problème d'approvisionnement en engrais de par sa richesse en éléments nutritifs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Audois, M. (2007). Caractérisation du système d'approvisionnement de Mahajanga en légumes feuilles. Mémoire d'Ingénieur de l'Institut des régions chaudes de Montpellier SUPAGRO. 95 pages.
- Francis, F. et al (2003). Technique de lombriculture au Sud Vietnam. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 7 171–175
- Krikorian, J. (2013). Comment produire des fertilisants utilisables en bio dans le programme Africompost? 20 pages.
- Mawois, M. (2009). Constitution des systèmes de culture maraîchère à proximité d'une ville : quelles marges de manœuvre des agriculteurs pour répondre à une augmentation de la demande ? Cas des systèmes de culture à base de légume-feuilles dans l'espace périurbain de Mahajanga (Madagascar), Thèse de Doctorat, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro paris Tech). 221 pages.
- Moisset, P. (2012). Initiation au lombricompostage sur la côte Est de Madagascar. Programme de promotion de revenues rurales (PPRR). Etudes de cas programme pays Madagascar. 10 pages.
- Priscillia, M. (2012). Initiation au lombricompostage sur la côte est de Madagascar. Programme de promotion des revenus ruraux (PPRR), étude de cas programme pays Madagascar. 10 pages
- Ramahefarison, H. (2011). Déterminants agronomiques des pratiques de fertilisation dans les systèmes de culture maraîchers en zone périurbaine : fertilisation des cultures de légumes feuille à Mahajanga. 212 pages.
- Razafindrakoto, M. (2012). Etude des Annélides Oligochètes de Madagascar Taxonomie, Distribution et Ecologie. Facultés des sciences : Département de Biologie Animale, Université d'Antananarivo. Thèse en vue de l'obtention de diplôme de Doctorat. Pages 129

28. Valorisation de la plantation de *Raphia farinifera* pour maintenir le développement agricole et les activités artisanales. Cas de l'action réalisée dans l'AP CMK.

TSIAVAHANAHARY Tsaralaza Jorlin, RAMAHAVITA Marie Larissa³, RAVONIARISOA Isabella³, RANDRIANJAFY Vololomboahangy¹, RAMAMONJISOA Juliano Benito, ANDRIAMASIMANANA Rado².

¹Ecole Doctorale sur les Ecosystème Naturels (EDEN) Université de Mahajanga

²Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo (ESPA), Université d'Antananarivo

³Asity Madagascar, Aire Protégée Complexe Mahavavy-Kinkony, Mitsinjo

⁴Coordonnateur du Centre de Services Agricoles (CSA) dans le District de Mitsinjo

RESUME

Les zones raphières tiennent une place importante dans les enjeux environnementaux et socio-économiques de l'Aire Protégée Complexe Mahavavy-Kinkony (AP CMK). Le raphia, *Raphia farinifera*, abonde dans les zones marécageuses de la forêt Tsiombikibo et celle des affluents du bassin versant du lac Kinkony. Pourtant, il subit de fortes pressions anthropiques. Une prise de conscience des paysans sur l'adoption des mesures de restauration de raphia est ainsi nécessaire, afin de maintenir l'approvisionnement en eau des activités génératrices de revenus. Le principal objectif de cette initiative est d'améliorer la productivité agricole et les activités artisanales, à travers la restauration et la plantation de raphia. L'approche que nous avons adoptée consiste à faire des sensibilisations et des vulgarisations des activités, agricoles et artisanales. Pendant quatre (04) ans de réalisation, plus de dix (10) hectares des zones raphières ont été restaurées et cinq (05) hectares pour la nouvelle plantation. Ce qui constitue un réservoir d'eau et permet d'irriguer au moins 15 000 ha des rizières et plus de 450 ménages bénéficiaires. De plus, quinze (15) associations d'artisans ont vu augmenter leurs revenus familiaux à partir des articles finis par les fibres de raphia. À part les avantages socio-économiques, cette activité est d'une grande importance écologique, les poissons et les oiseaux utilisent ces zones raphières pour la reproduction. Les zones raphières abritent aussi treize (13) espèces de reptiles en dehors de *Crocodilus niloticus*. Grâce aux bénéfices apportés par les activités, la population locale reconnaît l'interdépendance de l'être humain avec son milieu de vie, son environnement naturel et culturel.

Mots-clés : Aire protégée, restauration, Raphia, fonction écologique, agriculture, artisanat.

I. CONTEXTE ET OBJECTIFS

A Madagascar, le raphia est le principal produit forestier de cueillette non ligneux, caractérisant des zones marécageuses des régions basses, entre 200 et 400m d'altitude. Dans la région Boeny : *Raphia farinifera* fait partie de ressources naturelles ou forestières conservées au sein de l'AP Complexe Mahavavy Kinkony. Cette filière est un élément de restauration du sol et des équilibres écologiques. Elle contribue également à l'amélioration des conditions de vie quotidienne des paysans. Cependant, les paysans dans l'AP CMK procèdent au défrichement, à l'arrachage des bas-fonds et les zones raphières, pour augmenter la production agricole. De plus, la méconnaissance de la valeur de raphia menace le développement de cette filière. Asity Madagascar, en tant que gestionnaire de cette Aire protégée a initié dans la zone, la restauration et la plantation de raphia, ainsi que la technique de riziculture améliorée dont le SRA ou « Système de Riziculture Améliorée », pour améliorer le rendement rizicole.

L'objectif de cette étude est de faire apparaître l'amélioration de rendement agricole et les activités artisanales, à travers la restauration et la plantation de Raphia dans les zones touchées. Pour atteindre cet objectif, les interventions suivantes sont menées: (i) Implication des Communautés de Base (COBA) à la conservation et l'augmentation de la surface des zones raphières dans l'AP CMK; (ii) Construction de barrage de rétention d'eau pour irriguer la rizière et conserver les espèces faunistiques qui vivent dans la zone marécageuse ; (iii) Diffusion de la nouvelle technique agricole et la culture biologique du riz pour améliorer le rendement rizicole et la protection de la biodiversité et (iv) Développement de l'artisanat dans l'AP CMK.

II. METHODOLOGIE

II.1. ZONE D'ETUDE

Avec une superficie totale de 302 400 ha (Asity, 2013), l'AP CMK est localisée dans le District de Mitsinjo, Région Boeny, dans la partie Ouest de Madagascar.

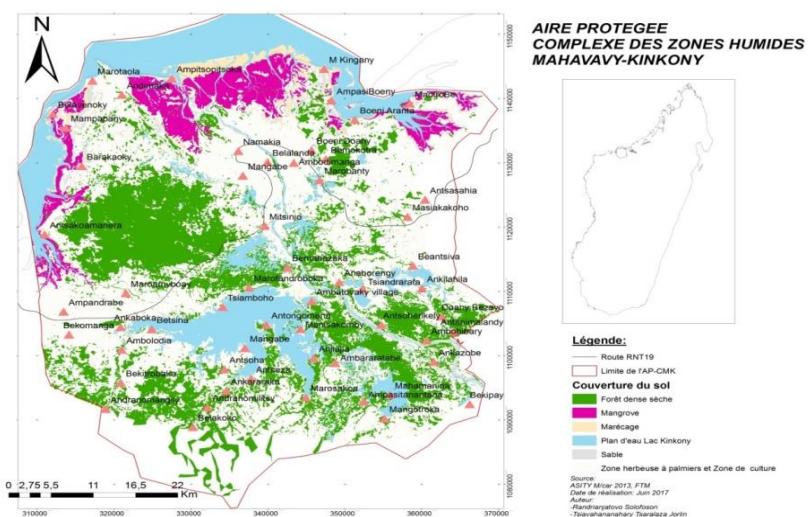


Figure n°1 : Localisation de la zone d'étude

C'est une Aire protégée de catégorie V ? selon IUCN. Ensuite, elle est cogérée par Asity Madagascar et la plateforme locale MMZ (Marambitsy Miahny Zava-boahary). Elle est composée de différents écosystèmes, et est considérée Zone d'Importance pour la Conservation des Oiseaux (ZICO) depuis 1999 (Projet ZICOMA 1999).

II-2. Approche « sensibilisation et vulgarisation »

Les missions de sensibilisation sur la restauration de raphia ont pour but de (i) faire reconnaître à la population locale l'interdépendance de l'être humain avec son milieu environnant ; (ii) impliquer les organisations locales aux activités de protection et de réaménagement des zones raphières ; (iii) présenter les variétés de semence de riz adaptées aux contraintes écologiques de l'eau de raphia à savoir : Fotsiambo, Soamalandy, Sebota, etc ; (iv) développer la capacité des associations des usagers d'eau ; et (v) mettre à niveau la valeur économique des produits artisanaux issus de raphia.

II-3. Approche « formations »

Pour l'artisanat, la formation théorique suivie de pratique se réalise, en même temps, pour pouvoir corriger directement les faits des paysans bénéficiaires et assurer la qualité des produits finis. Pour les activités rizicoles, les formations ont pour but de (i) spécifier la technique SRA proprement dite, ses avantages par rapport à celle de traditionnelle et la maîtrise de choix de semence ; (ii) accompagner et

surveiller le cycle végétatif du riz tel que : la préparation des semences et le terrain de semis, la canalisation pour la maîtrise d'eau et le repiquage jusqu'à la collecte.

III. RESULTATS ET COMMENTAIRES

III.1. Caractéristiques biologiques

La croissance du raphia est assez lente. Il ne fructifie qu'une seule fois (25-30 ans), puis meurt. Il peut alors fournir plusieurs centaines de kilos de fruits pour la nouvelle plantation et la restauration.



Figure n° 2 : Raphia farinifera dans l'AP CMK : sa plantation, jeune plante et Adulte

III.2. Etat actuel de la restauration et plantation de raphia dans l'AP CMK

Après la sensibilisation et vulgarisation sur terrain, les COBAs ressentent la responsabilité de protéger leurs ressources naturelles et surtout le Raphia. Actuellement, La majorité de la population locale dans l'AP CMK est convaincue de la valeur des zones raphières notamment la zone périphérique de Tsiombikibo, Andimaka et celle du lac Kinkony. Une réussite sur les activités de restauration et plantation de raphia a été constatée durant ces 4 dernières années.

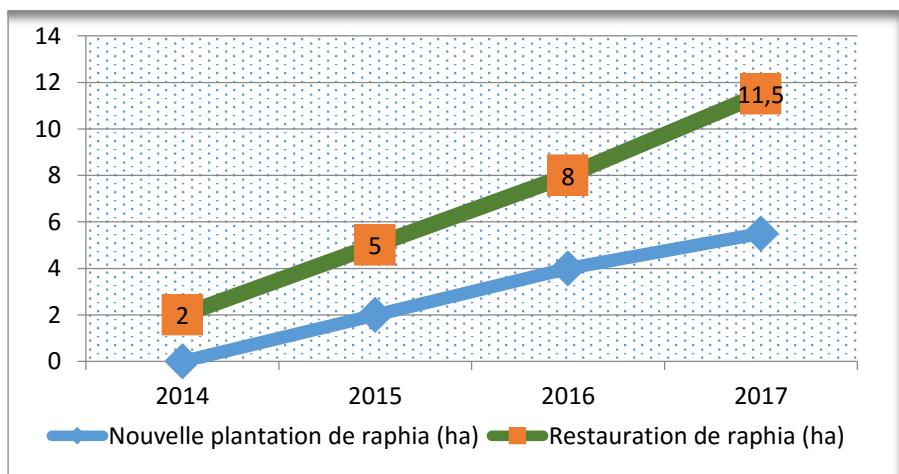


Figure n° 03. Evolution annuelle de la restauration et plantation de raphia dans l'AP CMK

Cette figure montre, pendant 04 années de réalisation, plus de 10 hectares de ces zones ont été restaurées et 05 hectares pour la nouvelle plantation. Ce qui vérifie la compréhension des paysans sur l'importance de ces zones raphières et ses fonctions dans la vie quotidienne.

III.3. Impact socio-économique de la filière raphia dans l'AP CMK

3.1. Impact sur les activités agricoles

Pour la restauration et la préservation des ressources raphières, les COBAs dans la périphérie des zones raphières ont des sources et/ou points d'eau, pour les activités agricoles. Ainsi, après avoir construit un barrage à Benetsy, 15 000 ha des rizières ont pu être irrigués et 465 ménages ont pu bénéficier de ce barrage pour leur usage domestique.

La pratique du système de riziculture améliorée (SRA) par les paysans, permet d'augmenter plus de deux fois par rapport à la technique traditionnelle, ce qui traduit à la diminution de défrichement, donc diminution des pressions sur les zones marécageuses et surtout les zones raphières.



Figure n° 4 : Avantage de l'eau de raphia pour la pratique de SRA dans l'AP CMK

3.1. Impact sur les activités artisanales

La filière raphia occupe une place économiquement importante dans le District de Mitsinjo. *Raphia farinifera* peut augmenter la source de revenu de la communauté locale, au niveau du marché local ainsi que national grâce aux nombreux produits confectionnés comme les nattes, les paniers, les chapeaux, les portefeuilles, les sous-plats, les tapis, les sacs, les rideaux et paravents. Actuellement, quinze (15) associations d'artisans ont vu augmenter leurs revenus familiaux à partir des articles finis par les fibres de raphia. Ainsi, grâce à la collaboration de la Région Boeny et le gestionnaire de l'AP CMK, une boutique artisanale a été installée à Amborovy - Mahajanga pour vendre les produits finis par les COBAs de cette AP.



Figure n° 5 : Les produits artisanaux dans l'AP CMK

III.4. Fonction écologique des zones raphières dans l'AP CMK

Les zones raphières possèdent une potentialité écologique, en tant que refuge de plusieurs espèces faunistiques. Les poissons, comme *Kuhlia rupestris* (*Poamaso*), utilisent ces zones raphières, pour la reproduction. Douze (12) espèces d'oiseaux s'y reproduisent, entre autres *Egretta alba*, *E. dimorpha*, *Ardeola ralloides*, *Ardea purpurea*, *A. cinerea*, etc. En dehors de *Crocodilus niloticus*, les zones raphières abritent aussi treize (13) espèces de reptiles, tels que *Madagascarophis colubrinus*, *Leioheterodon modestus*, *Liophidium vaillanti* et *Sanzinia madagascariensis*, etc.

À part ces avantages écologiques, la restauration de raphia (*Raphia farinifera*) dans la zone périphérique de Tsiombikibo (Ankaramanasa) et celle du Lac Kinkony (Tsaramandroso) tiennent une grande signification pour l'agriculture parce qu'au moment de la restauration, la pérennité d'eau et la fertilité du sol de ces zones sont considérées.

DISCUSSION ET SUGGESTIONS

Grâce aux bénéfices apportés par les activités, la population locale reconnaît son interdépendance avec son milieu, son environnement naturel et culturel. La plantation et restauration de raphia présentent un succès au niveau de l'agriculture surtout la riziculture si on a bien maîtrisé le choix de la variété de semence. Une augmentation de rendement a été constatée au niveau de la communauté locale. Ensuite le développement des activités artisanales a motivé les paysans à la valorisation des ressources raphières. C'est, dans ces deux cas, que la restauration et plantation de raphia est très répandue dans cette Aire Protégée.

Cette restauration est bénéfique pour la faune de cette zone, vu ses fonctions écologiques. Ainsi, une diminution des pressions anthropiques a été constatée grâce l'augmentation de rendement qui conduit à l'amélioration du niveau de vie des populations bénéficiaires. Malgré les avantages vécus, il y a encore des pressions sur les zones raphières par certaines familles. On a pu constater la dégradation des ressources raphières dans l'AP CMK à cause de (i) la transformation des raphières en rizières par les migrants, (ii) la surexploitation et gaspillage (exploitation destructive et irrégulière) de la ressource et (iii) les feux de brousse. Quelques recommandations sont proposées pour rendre efficace la gestion participative avec la population locale, tel que :

- Mobiliser les populations locales et changer leur comportement face aux enjeux environnementaux où ils vivent ;

- Utiliser la radio locale pour sensibiliser la population locale à la réhabilitation de l'environnement surtout les zones raphières et les informer sur l'importance de la gestion des eaux.

CONCLUSION

Pour conclure, la plantation et la restauration de raphia présentent un succès au niveau de l'activité agricole, ainsi qu'à la fonction écologique au sein de l'AP CMK. Avec la reconnaissance des paysans sur son interdépendance avec le milieu naturel, ils sont persuadés que la conservation et de l'exploitation rationnelle de la biodiversité permettent d'améliorer leur cadre de vie et de veiller aux générations futures. Des ressources naturelles suffisantes sont disponibles dans la perspective d'un développement durable de la Région Boeny.

BIBLIOGRAPHIE

- Asity Madagascar, 2013. Plan d'Aménagement et de Gestion du Complexe Mahavavy Kinkony. Asity Madagascar, MEF, MMZ & GIZ
- Biodev Madagascar Consulting. 2014. Etablissement de la Situation de Reference du site MRPA en valeurs de la Biodiversité et Ecologique, Culturelle, Sociale et Economique : Cas du site Mahavavy Kinkony. UCPE & MRPA.
- Brice Dupin, 2011. Analyse des conditions d'adoption paysanne de diverses techniques agro-écologiques à partir des expériences de coopération d'AVSF
- Randrianjafy V. (2015). Inventaire et suivi écologique des poissons de la Nouvelle Aire Protégée du Complexe Mahavavy – Kinkony (NAP CMK), Province de Mahajanga, MADAGASCAR. Rapport d'activité, Saison sèche, août – septembre 2015. NABU-1 / Asity Madagascar. 38 pages.
- Tsiavahananahary, T., J. 2014. Rapport de suivi écologique et Inventaire de référence des oiseaux de la NAP CMK, Saison Sèche. Université de Mahajanga.
- Razafindratovo Ndriana, 2006. Une filière menacée : *Raphia farinifera*, Conférences-débats sur des exemples de valorisation durable de produits forestiers

29. Impacts de la gestion agro écologique de zevo (zezika volkanika) sur la biodiversité, la productivité et le changement climatique

RASOLONIAINA Louisette¹, RANDRIAMAMPIONONA Seta¹, RAKOTONANAHARY Emmanuel¹, RANDRIANAMPY Joseph¹, RAOELISON Tinasoa¹, RATSIARAHASINA Dimbimalala.¹, RAKOTOHERISOA Benjamin¹, RAZELINA², RAZAFINDRASOA M. Alinà², RABEFIRAISANA Johnny², RASOAMAMPIONONA Berthe², RAKOTOARISOA Norosoa².

¹ CNRIT (Centre National de Recherches Industrielle et Technologique), ²Unité Biotechnologie et Amélioration des Plantes (Faculté des Sciences-Antananarivo)

Résumé de la communication

L'agriculture occupe une place importante dans le développement durable, elle répond à un des besoins humains les plus fondamentaux. Sa durabilité s'avère donc essentielle. Elle devrait réduire les impacts environnementaux, mieux protéger la biodiversité, l'eau et les sols pour satisfaire la sécurité alimentaire des générations successives. Or, actuellement, les pratiques agricoles entraînent des multiples dommages à notre écosystème et à notre santé. C'est le cas de Madagascar, un pays à vocation agricole, soumis actuellement à des précipitations irrégulières, de sécheresse, responsables des mauvais rendements et menaces de la biodiversité. Ainsi, la recherche des solutions alternatives, répondant à ces contraintes est indispensable. Une méthode plus écologique pour les systèmes agricoles est avancée, se concentrant sur l'utilisation au maximum des ressources naturelles locales et disponibles. Une des opportunités est l'utilisation de ZEVO « zezika volkanika », issu du traitement des produits volcaniques, réputés fertiles et abondants presque sur toute l'île. Il est associé avec différentes sources organiques, renforçant son rôle d'amendement fertilisant. En effet, les matières organiques ont des rôles cruciaux sur la fertilité des sols, la biodiversité et au dérèglement climatique et malgré cette importance des études y afférentes sur cette combinaison ne sont pas encore mis en évidence.

Ces matières organiques utilisées sont le fumier traditionnellement utilisé par les agriculteurs, le terreau « compost naturel d'Andralanitra (SAMVA), le compost, à base d'ordures ménagères (Madacompost).

Notre objectif principal de recherche en collaboration avec les partenaires (Madacompost)- SAMVA- Unité Biotechnologie et Amélioration des Plantes (Faculté des Sciences-Ankatso) - FOFIFA -DRR et CRRMO à Kianjasoa et les différentes communes d'essai, est d'évaluer les impacts de cette technique agro

écologique apportée à ZEVO, sur l'atténuation de changement climatique, le développement des microorganismes des sols, la lutte contre les parasites et enfin la productivité.

Des expérimentations aux champs sur le riz ou le maïs ont été effectuées dans trois sites (Arivonimamo, Imeritsiatosika (région d'Itasy), Kianjasoa (région de Bongolava), suivies des traitements des données collectées.

Cette étude serait parmi une des solutions dans la prise en charge de la problématique du développement durable de l'agriculture apportant une amélioration tant sur la productivité que sur l'atténuation du changement climatique et le développement des microorganismes du sol .

En conclusion, une sensibilisation des agriculteurs est une de nos perspectives pour leur montrer les avantages de la gestion agro-écologique des sols en vue d'améliorer et stabiliser leur production.

Mots-clés : engrais de roche, ZEVO, matières organiques, biodiversité, climat, productivité

Introduction

L'agriculture est un secteur primordial pour Madagascar. Or, les pratiques culturales inappropriées (cultures sur brûlis), le faible accès aux intrants et tout récemment, le changement climatique (précipitations irrégulières, sécheresse...), provoquent de multiples dommages à notre secteur agricole. Cette situation limite la productivité, favorise l'apparition des maladies et de menaces sur la biodiversité, surtout sur les céréales de base de l'île, tels le riz et le maïs. L'offre nationale ne répond pas à la demande alimentaire de la population. La production du riz, par exemple, stagne depuis environ une trentaine d'années alors que la croissance démographique évolue à un rythme relativement vertigineux (DSRP, mars 2003) De ce fait, l'Etat doit recourir à d'importations massives afin de combler le déficit.

Pour pallier à ces problèmes, des techniques utilisant les ressources naturelles locales et disponibles peuvent être conçues. L'une de ces techniques consiste à utiliser le ZEVO, zezika volkanika, combiné avec des ressources organiques.

ZEVO est un type d'amendement fertilisant, issu des traitements des produits volcaniques réputés fertiles. En effet, ZEVO est riche en éléments minéraux ayant des rôles importants dans l'amélioration de la fertilité des sols et la nutrition des plantes et, par conséquent, à une large influence sur le rendement de la production agricole. Aussi, avec la disponibilité des formations volcaniques à Madagascar, les risques de pénurie sont minimes.

Les matières organiques participent à l'entretien des propriétés physico-chimiques, biologiques des sols et du changement climatique.

Notre objectif principal est de mettre en évidence les impacts de cette combinaison de ZEVO avec les ressources organiques. Les objectifs spécifiques sont (i) d'inventorier les matières organiques disponibles dans les sites d'expérimentation, (ii) d'évaluer les conséquences de cette technique sur la productivité, sur la lutte contre les parasites (comme le Striga asiatica), sur le rôle des matières organiques dans la séquestration du carbone dans les sols, bénéfiques pour la fertilité des sols et la diminution du CO₂ dans l'atmosphère, et enfin sur les conséquences des communautés microbiennes, capables de solubiliser les nutriments.

Ces activités ont été effectuées, en collaboration avec l'Unité Biotechnologie et Amélioration des Plantes (Faculté des Sciences-Antananarivo) -MADACOMPOST- SAMVA -FOFIFA -DRR et CRRMO à Kianjasoa et les différentes communes d'expérimentation.

MATERIELS ET METHODES

L'étude a été effectuée sur des expériences menées aux champs. Les sites d'expérimentation sont les communes de Mahasolo (moyen-ouest Fokontany Kianjasoa) et d'Arivonimamo et d'Imerintsatosika, dans les hauts plateaux.

Le matériel végétal est constitué par la variété de riz pluvial B22 et par deux variétés de maïs IRAT200 et PLATA.

Les sols sont amendés par de l'engrais ZEVO, combiné avec de la matière organique.

Pour chaque essai dans chaque commune nous avons opéré sur des blocs simples à trois répétitions.

Objectif 1 : Inventaire des matières organiques dans les sites d'expérimentation

Les matières organiques sont identifiées dans les différentes communes d'essais

Les essais se feront avec les ressources organiques disponibles, sinon elles seront apportées avec concertation des paysans.

Objectif 2 : Impacts de la combinaison sur le rendement

Les essais ont été effectués dans le Fokontany de Tsarafaritra, Commune d'Imeritsiatosika dans la région d'Itasy sur la variété améliorée de riz B 22, qui est une variété typiquement pluviale, réputée par sa productivité, sa précocité et son rusticité.

Trois types de combinaison d'engrais naturels ZEVO, avec terreau ou/et compost ont été testés. La dose préconisée est de l'ordre de 2000 kg/ha. Le paramètre pris en compte est le rendement parcellaire par traitement.

Tableau 1: Ratio sur les différents traitements

Traitements	Ratio ZEVO / Compost	Traitements	Ratio ZEVO / Terreau
C ₁	1/1	T ₁	1/1
C ₂	½	T ₂	½
C ₃	1/3	T ₃	1/3

Objectif 3 : Evaluation de l'effet de cette combinaison sur la lutte contre les parasites

L'expérimentation a été effectuée à Kianjasoa sur le maïs de variété IRAT200 où le Striga asiatica est responsable de la baisse de sa production et de sa mauvaise qualité. Les sols infestés de Striga asiatica ont été amendés ou non avec du ZEVO combiné avec du fumier.

Les paramètres pris en compte sont le taux d'infestation du Striga asatica, le rendement et la qualité des graines ou des épis

Objectif 4 : Rôle des matières organiques dans la séquestration du CO2

Les expérimentations ont été effectuées dans la commune d'Arivonimamo avec trois traitements : ZEVO + fumier, ZEVO+compost, NPK + fumier.

La méthode employée pour calculer les stocks de carbone du sol consiste à mesurer la teneur en carbone C organique total à 20 cm de profondeur du sol témoin non cultivé et des sols ayant reçus les différents traitements en fin de plantation.

Objectif 5 Evaluation du taux des communautés microbiennes

Les expérimentations ont été aussi effectuées à Arivonimamo, avec les mêmes traitements que précédemment. Le dénombrement de la flore totale se fait d'une manière qualitative : Il consiste à compter les colonies présentes sur les boîtes en Unité Formant Colonie (UFC). Le comptage se fait macroscopiquement. Seules, les boîtes ayant 15 à 300 UFC sont retenues. Le nombre d'Unité Formant Colonie est déterminé selon la formule :

$$UFC = \frac{\Sigma \text{colonies dans les boîtes retenues}}{V (n_1 + 0,1 \times n_2) d}$$

V : volume d'inoculum ; n1 : nombre de boîtes retenues de la première dilution ; n2 : nombre de boîtes retenues de la deuxième dilution ; d : taux de dilution (plus faible).

RESULTATS ET INTERPRETATIONS

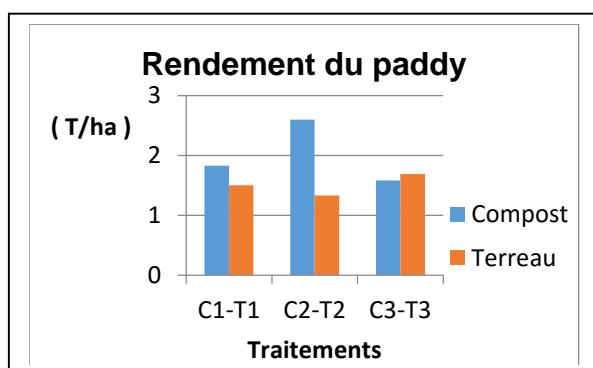


Figure 1 : Rendement du paddy en fonction des traitements

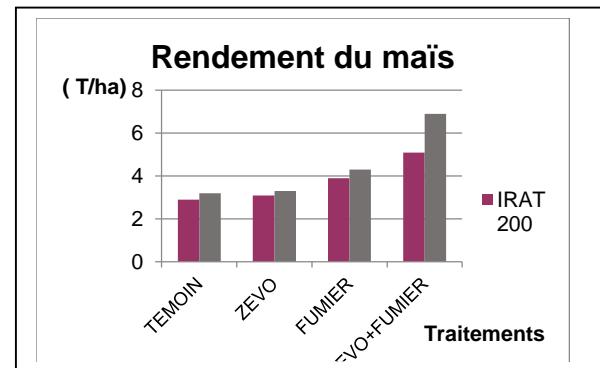


Figure2 : Rendement du maïs en fonction des traitements

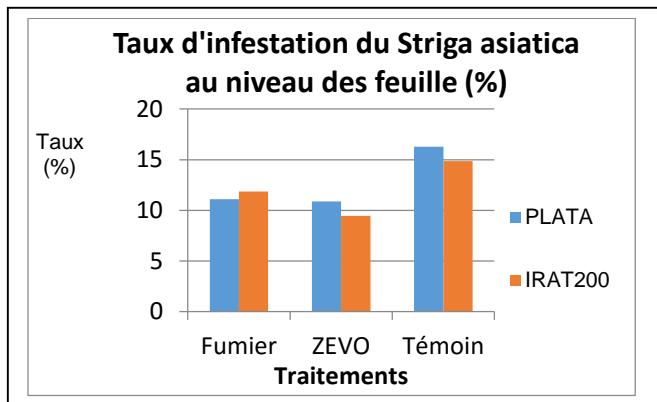


Figure 3 : Taux d'infestation de *Striga asiatica* en fonction des traitements



Figure 4 : Comparaison des deux traitements

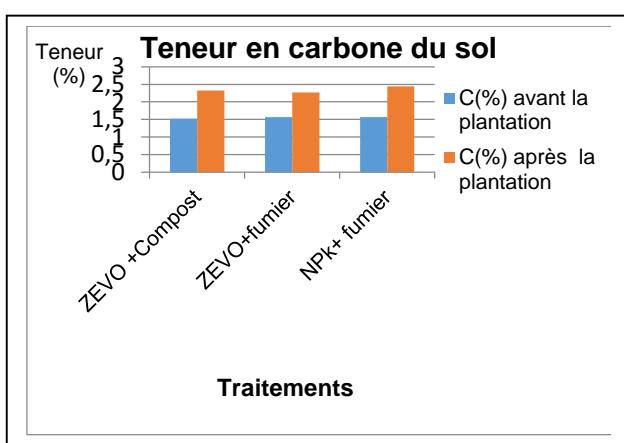


Figure 5 : Teneur en carbone en fonction des traitements

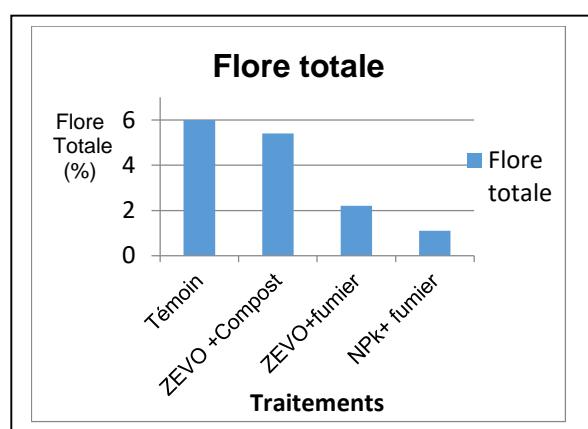


Figure 6 : Flore totale en fonction des traitements

Dans la commune de Mahasolo, fokontany de Kianjasoa, la plupart des agriculteurs utilisent du fumier des parcs en majorité du fumier presque encore disponible. Par contre, dans les deux autres communes, d'Arivonimamo et d'Imerintsatosika, l'utilisation du fumier bovin est très faible, ils utilisent surtout des matières organiques, issues du compostage de leurs résidus de récolte, du fumier, des ordures mais l'approvisionnement n'est pas suffisant pour les cultures. Ainsi, pour nos essais, nous avons recours au terreau et du compost.

L'analyse des rendements (fig.2) montre que les meilleurs résultats ont été obtenus avec la combinaison (ZEVO+compost de ratio 1/2). La combinaison de ZEVO avec le terreau donne des rendements entre 1000 et 2000 kg /ha, celle du ZEVO avec compost entre 15000 et 3000 kg/ha. Cela montre que le compost constitue la meilleure combinaison avec le ZEVO. En effet, le compost est plus riche en éléments fertilisants et en humus.

Il a été remarqué que l'effet du terreau semble diminuer au cours du temps d'expérience. Ceci peut être interprété par le fait que le terreau n'est pas adapté aux cultures à long cycle végétatif (4 à 5 mois). Il semble être intéressant pour les cultures maraîchères (environ 3 mois) ou l'horticulture.

Des problèmes ont été rencontrés au cours de ces différents essais respectifs et ont une influence sur les résultats attendus :

- Insuffisance chronique de la pluviométrie due au changement climatique, notamment pendant la phase de végétation, d'où un faible tallage généralisé, observé sur tous les traitements préconisés
- Retard de la levée des jeunes plants sur quelques parcelles de chaque bloc ayant subi un passage d'eau de ruissellement (érosion en nappe) ayant entraîné le délogement des semences et le déplacement des particules superficielles du sol avec les produits de traitement.

Les expérimentations avec le maïs (fig 1.) montrent une nette amélioration du rendement avec l'ajout du fumier sur le ZEVO. Toutefois, la variété de maïs semble avoir une influence sur le rendement. La variété PLATA donne les meilleurs résultats.

L'infestation du *Striga asiatica* (fig 3) est plus faible avec l'utilisation de ZEVO, par rapport à celle du fumier. En effet, le *Striga asiatica* est faible dans les zones volcaniques, voire absent. Le taux est très élevé pour le témoin où on n'a pas mis de fertilisant. Aussi, la combinaison du ZEVO avec le fumier (fig.4) montre une bonne qualité du maïs.

Les différents traitements ont pu séquestrer du carbone (fig.5). Les résultats sont presque les mêmes que ce soit avec ZEVO +C, ZEVO+ F et NPK+ F. Ce qui indique le rôle des matières organiques dans la fixation du carbone dans les sols de cultures

Quant à la quantité de flore totale (fig.6), le traitement NPK +F donne la valeur la plus faible. Ce qui semble montrer que le NPK entrave une partie de la flore. L'épandage du fumier ou du compost ne modifie que très peu la flore. Cependant, on peut noter une baisse sensible du taux avec Z+F par rapport Z+C. Elle pourrait être liée en partie à la qualité des ressources organiques. Le ZEVO paraît n'avoir aucune influence sur la flore du sol.

CONCLUSION

Le ZEVO combiné avec les matières organiques donne des rendements significatifs. Cette méthode contribue à réduire les besoins en fertilisants chimiques et aide à prévenir la dégradation des écosystèmes naturels.

Les résultats sur la teneur de carbone présentent déjà une tendance de la séquestration du carbone. Les épandages répétés de matières organiques conduiront à une augmentation du taux de carbone des sols d'où une atténuation des impacts du changement climatique tel, une diminution de la richesse du CO₂ dans l'atmosphère.

La qualité des ressources organiques et le rapport ZEVO +C /F jouent un rôle important dans cette méthode agro-écologique, d'où une recherche de l'équilibre judicieux de ce rapport.

Ces expérimentations continueront à être renforcées pour contribuer davantage à une agriculture durable.

BIBLIOGRAPHIE

Alain David, Document technique sur la gestion des matières organiques municipales.

Christian Feller, Alain Yves Hug, Quelques travaux pionniers au cours du XX^{ème} siècle sur les matières organiques du sol

Francou C., Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains : Thèse de doctorat : Paris. Institut National de Recherche Agronomique.

R. CHAMINADE, Recherche sur la fertilité et la fertilisation. Agronomie tropical (1972)

R. Coste, Le maïs (1934) - Revue bimestrielle à l'actualité des travaux les matières organiques - Echo - pages 10 à 110 nov-déc 2014

Sabine.Houot, Valeur agronomique des composts ; les matières organiques et l'azote

S. Houot, Compostage et valorisation par l'agriculture des déchets urbains (2009)

III. STRATEGIES DE CONSERVATION ET D'UTILISATION DURABLE

30. Contribution à l'aménagement et la gestion durable du «Tsiperifery» pour le développement économique des alentours du Parc National Ranomafana

RAZAFIMAHAIMODISON Jean Claude A., HARY T. A., ANDRIAMPIOLAZANA M., RASOLONJATOVO N. N., WRIGHT P.

Centre ValBio (CVB) Ranomafana Ifanadiana, Fianarantsoa

1. Introduction

Le Parc National Ranomafana (PNR) et ses environs abritent une liane endémique de Madagascar et des îles voisines. Il s'agit de *Piper spp* (PIPERACEAE), une liane dont les noms scientifiques des différentes espèces et/ou variétés existantes restent encore à déterminer (Bénard et al., 2014).

Piper spp est considérée par les communautés rurales à proximité de cette ressource comme étant une plante médicinale notamment contre la toux et dans d'autres endroits, un complément alimentaire (Rambolarimanana, 2014). Elle constitue également une nourriture pour la faune sauvage, comme les oiseaux et certaines espèces de lémuriens (*Cheirogaleus sp*, *Microcebus sp*, *Eulemur rubriventer* et *Eulemur fulvus*) (Rambolarimanana, 2014). Mais cette plante à usages multiples est surtout connue pour ses fruits : le poivre sauvage ou « tsiperifery » qui, depuis quelques années, est très prisé sur le marché international. Dès lors, le poivre sauvage est collecté par les populations riveraines, pour être vendu sur le marché local ou aux collecteurs.

La valorisation du tsiperifery fournit un revenu d'appoint non négligeable pour les ménages vulnérables limitrophes. Mais sa collecte pourrait représenter un danger pour l'écosystème forestier de ce parc classé « Site Patrimoine Mondial » et peut-être aussi pour la ressource elle-même. Cela, dans la mesure où des pratiques destructrices visant à faciliter la collecte du poivre sauvage dans la nature ont été constatées. Ces pratiques relèvent notamment de la coupe de l'essence forestière qui sert de tuteur au poivrier ou encore de l'arrachage de la liane entière.

Pourtant, le PNR et ses environs seraient l'origine présumée du poivre sauvage commercialisé à Fianarantsoa depuis 2010. Par ailleurs, peu de recherches et d'études de développement de marché y afférentes ont été réalisés (Bénard et al., 2014). D'où, la collaboration du Centre ValBio (CVB) avec Catholic Relief Services (CRS) / National Cooperative Business Association CLUSA (NCBA CLUSA) depuis 2016, puis avec FOFIFA et le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD).

Tenant compte de ces constats, la présente étude entend apporter sa contribution à la mise en place d'une gestion durable de la ressource « tsiperifery » dans les alentours du PNR et d'une manière globale permettre à cette filière en plein essor d'être pérenne.

2. Matériels et méthodes

Cette étude a cherché particulièrement à : (i) évaluer la potentialité et la disponibilité de la ressource « tsiperifery » via une enquête participative et un inventaire ; (ii) à identifier les futures zones d'exploitation durable et (iii) à impliquer les acteurs en amont de la filière dans la mise en place d'une gestion durable de cette ressource.

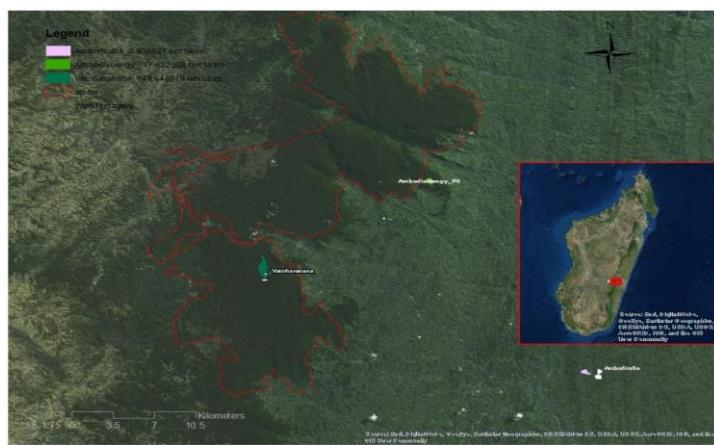
L'enquête participative a été effectuée, dans un premier temps auprès des marchands ambulants d'épices aux touristes à Ranomafana et des restaurateurs locaux. Les informations recueillies ont permis d'arriver aux cueilleurs et collecteurs de 8 villages, à savoir Ambodimanga, Ambodivoangy, Ambodirafia, Kelilalina, Antaretra, Tsaratanana, Kianjavato, Ambiabe. Des responsables communaux et le chef du District Ifanadiana ont également participé à cette enquête. L'enquête participative effectuée auprès des cueilleurs et des collecteurs a permis d'appréhender le savoir local sur le tsiperifery et les techniques de collecte de ce produit dans la nature.

L'inventaire a été effectué en deux temps sur une zone non exploitée et zone exploitée, ainsi qu'en forêt et sur terrains de culture. Spécifiquement, il s'agit d'avoir une idée de la disponibilité de la ressource, d'identifier les futures zones d'exploitation durable et d'évaluer l'importance de l'exploitation de la ressource pour la population locale.

L'inventaire a permis de faire l'analyse de la disponibilité des poivriers sauvages dans 3 localités : Vatoharanana, Ambodivoangy et Ambodirafia (Carte 1).

Les futures zones d'exploitation durable ont été choisies parmi les zones déjà fortement impliquées dans la filière avant l'intervention. 3 Communes dont Kelilalina, Ifanadiana et Ambiabe, ont été identifiées comme des sites pilotes.

Des « Associations de cueilleurs » ont été créées à Kelilalina et à Ifanadiana. Une étroite collaboration avec ces cueilleurs a permis de réaliser la multiplication de poivriers sauvages au niveau des sites pilotes et d'entamer la replantation.



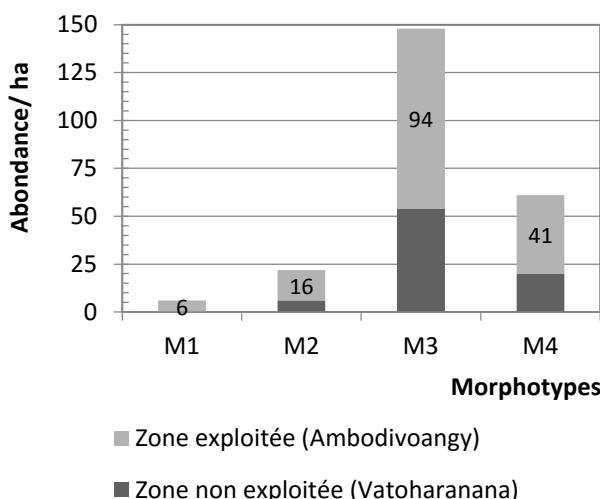
3. Résultats

Tous les 4 morphotypes (M1, M2, M3, M4) de poivre sauvage connus à Madagascar ont été observés à Ranomafana. Ils se distinguent d'emblée par la taille des baies, les morphotypes M1 et M4 présentant de bien plus grosses baies comparées à celles de M2 et M3. L'étude a révélé que les cueilleurs interrogés ont une connaissance globale de la biologie de cette plante. La population locale ne fait pas de différence entre M1 et M4, qu'elle qualifie de « vahibe », ainsi qu'entre M2 et M3 dénommés « tsiperifery ».

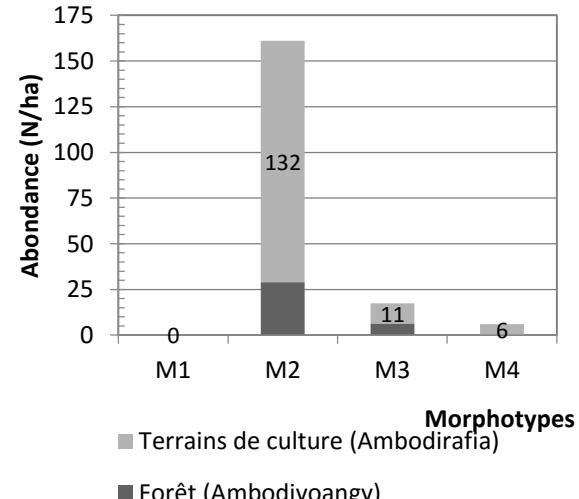
Sur le marché, les petites baies sont les plus recherchées, en particulier M2, en raison de ses qualités organoleptiques dont une saveur piquante plus prononcée. Cette catégorie de petites baies est aussi la plus abondante en forêt (71 %) comme sur les terrains de culture (97%).

En forêt, *Piper spp* est apparemment plus abondantes au niveau des zones exploitées (graphe 1) et seraient plus apparentées aux crêtes qu'aux bas-fonds. Elles semblent être particulièrement adaptées aux conditions observées au niveau des terrains de culture où les régénération sont plus nombreuses. Ce constat pourrait être à l'origine des initiatives de domestication observées, spécialement en ce qui concerne le morphotype M2 dont les baies sont plus recherchées sur le marché (graphe 2).

Ces initiatives de domestication ont également été observées au niveau des acteurs déjà impliqués dans la filière. Cela a facilité les appuis fournis par CVB, dans le sens de la conduite des essais de culture, la mise en place de pépinières ainsi que de la replantation des lianes. Des associations de cueilleurs ont été créées au niveau des sites pilotes, 40 pépiniéristes ont été formés à la multiplication par bouture et tendent à induire un effet tache d'huile. Environ 1800 plants étaient disponibles à l'issue de la première campagne. La replantation de poivriers sauvages a même été entamée au niveau d'un village pilote.



Graphe 1 : Abondance de *Piper spp*
suivant l'état de la forêt



Graphe 2 : Abondance de *Piper spp*
suivant l'occupation du sol



Photo 1: Mise en place de pépinières à Ambodirafia et à Ambodivoangy



Photo 2: Replantation de poivriers sauvages à Ambodirafia

4. Conclusion

L'exploitation du tsiperifery dans le PNR et ses environs est encore modeste et ne constitue pas une menace pour l'intégrité des écosystèmes forestiers de ce parc. Cette filière reste cependant non durable tant que les pratiques de collecte destructrices perdurent, ce qui met en exergue la nécessité d'investir dans la sensibilisation pour des méthodes de collecte non destructrices. La mise en place et l'opérationnalisation d'un système de régulation et de contrôle de l'exploitation de ce produit forestier non ligneux via la concertation avec l'Administration forestière sont toutes aussi primordiales. Enfin, les acteurs en amont de la filière ont montré leur volonté à s'investir pour la rendre durable, en particulier dans le cadre de la promotion de la domestication de *Piper spp.* Dans ce sens, la réalisation d'une étude de marché, concernant les surplus de jeunes plants produits en pépinière, pourrait être réalisée afin de soutenir cette autre source de revenu potentielle.

5. Références bibliographiques

Bénard Anne-Gaëlle, Andrianaoelisoa Hanitrinaina, Razafimandimby Harizoly, Aubert Sigrid, Danflous Jean-Paul, 2014. Synthèse bibliographique sur la filière poivre sauvage à Madagascar.

Rambolarimanana Herintahina, 2014. Variabilités chimique du Tsiperifery ou poivre sauvage de Madagascar : cas d'Anosibe An'ala et de Beforona (Région Alaotra Mangoro) Madagascar. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'études approfondies Foresterie - Développement - Environnement. Université d'Antananarivo.

Remerciements : MEEF, MNP, CRS, NCBA CLUSA, FOFIFA et CIRAD, DP Forêts et Biodiversité – University of Antananarivo pour leurs supports et la continuation de ce projet dans le futur.

31. Valorisation de la biodiversité agricole à partir des savoirs locaux des agrumiculteurs dans la région Analamanga

Elga VERENAKO^{1,2}, Romaine RAMANANARIVO², Holy Farahanta RANAIVOARISOA², Rolland RAZAFINDRAIBE², Sylvain RAMANANARIVO²

(1) Centre National de Recherches Industrielle et Technologique (CNRIT)

(2) Equipe d'Accueil Agro-Management, Développement Durable et Territoires (AM2DT)/Ecole Doctorale Gestion des Ressources Naturelles et Développement (GRND)/Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques Madagascar (ESSA)/Université d'Antananarivo

RESUME

La filière agrume figure parmi les principales productions fruitières sur le plan international. Elle offre une opportunité pour accroître les revenus des agrumiculteurs, promouvoir la diversification des cultures d'où son importance dans le secteur agricole et son grand rôle dans la biodiversité agricole, à savoir la production alimentaire et les moyens de subsistance. Les agrumes sont présents dans différentes régions de Madagascar en grande quantité, étant donné leur capacité d'adaptation écologique. Néanmoins, les agrumiculteurs sont toujours exposés à des risques qui ont des impacts directs sur leurs activités.

L'objectif est de savoir comment pourrait-on renforcer la capacité des agrumiculteurs en matière de lutte contre la propagation des maladies et ravageurs, afin que l'agrumiculture se développe encore plus et respecte la biodiversité ? Des enquêtes auprès de ménages de la Région Analamanga, renforcées par des focus group, des observations sur terrain et des entretiens auprès des personnes ressources ont été effectuées. Une typologie des agrumiculteurs a permis de les classifier, ensuite une analyse du fonctionnement du système d'exploitation permet de déterminer les pratiques paysannes et les risques liés à la production agrumicole, et enfin les conditions pour une agrumiculture respectueuse de l'environnement sont déduites. La culture et les savoirs locaux des agrumiculteurs ont chacun leur place dans la durabilité de l'exploitation et surtout dans la valorisation de la biodiversité agricole.

Mot-clés : Agrumiculture, Biodiversité, Risques, Savoirs locaux.

I. INTRODUCTION

Contexte

Madagascar est spécifié par sa richesse et son unique biodiversité. Compte tenu de ce fait, il est primordial de valoriser la biodiversité agricole qui est une des grandes parties qui la constitue. Comme défi, le Quatrième rapport national de la Convention sur la Diversité Biologique Madagascar en 2009 vise à intégrer le programme environnemental dans le développement du bien-être humain, la recherche des moyens pour accroître et améliorer la production agricole de façon à assurer une augmentation de plus de 20% des besoins alimentaires d'ici 2020, tout en préservant la biodiversité. C'est pourquoi, près de 80% de la population en tire profit et oriente leurs activités vers le secteur agricole et la tendance actuelle vise une agriculture durable. L'environnement de la production agricole est caractérisé par l'existence d'un potentiel de risque élevé dû notamment à la fréquence des cyclones, des sécheresses, des inondations et des maladies phytosanitaires. (Cherel – Robson, 2003). Pour la filière agrume, présente dans plusieurs régions de Madagascar, elle est toujours exposée à différentes menaces qui les dépérissent. Particulièrement pour la Région Analamanga, les pressions des maladies et ravageurs sont énormes. C'est pourquoi, l'homme multiplie la lutte agronomique et mécanique, et arrive à la fin à épandre des produits chimiques (RAJOELISOA, 2002). Toutefois, leur utilisation non maîtrisée peut être une source de nuisances pour la santé humaine et pour l'environnement (KANDA, 2011). Les études menées sur la gestion des pesticides montrent que les pratiques des agrumiculteurs peuvent mettre en péril le développement de la filière agrume et la conservation des faunes et flores associées. A travers cette étude, l'importance des actions nécessaires selon les enjeux de la fertilité du sol, la qualité des eaux et la gestion des pesticides seront analysés à travers les pratiques agrumicoles.

Les maladies et ravageurs poussent les agrumiculteurs à recourir directement à des luttes chimiques qu'ils jugent plus efficaces, afin de stabiliser leur niveau de production et maîtriser la propagation des maladies, sans avoir une maîtrise de son utilisation et sans se soucier des effets négatifs sur l'environnement et de même sur la durabilité de leur exploitation. Malgré la multiplication des efforts pour lutter contre ses maladies et ravageurs, les problèmes persistent toujours. Les impacts de ces traitements phytosanitaires sont négligés par la plupart des utilisateurs, voire méconnus. La problématique de cette étude gravite autour des pratiques des agrumiculteurs qui ont des impacts sur l'environnement.

L'objectif est d'analyser les pratiques paysannes en matière de lutte contre la propagation des maladies et ravageurs afin de proposer des mesures pour renforcer leur capacité.

Cet objectif est décliné en trois objectifs spécifiques : (i) Analyser le fonctionnement du système d'exploitation agrumicole ; (ii) identifier les risques liés à la production agrumicole ; (iii) analyser les pratiques paysannes.

Les résultats attendus de cette étude seront : (i) Le système d'exploitation et les types d'agrumiculteurs seront connus ; (ii) les principaux risques liés à la production agrumicole seront identifiés ; et (iii) les pratiques paysannes seront analysées.

Les hypothèses suivantes sont avancées : (i) Chaque type d'agrumiculteur à des stratégies communes pour stabiliser leur production ; (ii) les maladies et ravageurs sont les principaux risques encourus par les agrumiculteurs ; (iii) et enfin la propagation des maladies et ravageurs ne sont pas encore maîtrisées à cause des mauvaises pratiques.

II. MATERIELS ET METHODES

Zone d'étude

La zone d'étude est située dans la Région Analamanga, District d'Atsimondrano et d'Ambohidratrimo, dans les Communes de Fenoarivo, Alakamisy Fenoarivo, Fiadanana, Ampangabe et Antehiroka. Elles ont été choisies du fait de l'importance de la filière agrume dans la zone. Le climat dans la Région Analamanga est de type tropical d'altitude caractérisé par l'alternance d'une saison pluvieuse et chaude (novembre à avril), avec une saison fraîche et relativement sèche (mai – octobre). La moyenne des précipitations annuelles est de 1 100 mm environ, et la température moyenne est de 19°C.

Conduite de travail

- Revue bibliographique

Il est nécessaire de faire appel à la revue de littérature et à la synthèse bibliographique pour cadrer le concept lié aux pratiques paysannes et les différents risques liés à leur exploitation. Il est également important de connaître la situation socio-économique des différentes communes concernées par l'étude et les rapports d'activités de projets ayant déjà travaillé dans la zone d'étude.

- Collecte de données

Des observations sur le terrain, des entretiens avec les personnes ressources, des focus group et des enquêtes auprès des agrumiculteurs sont effectuées pour obtenir les données nécessaires dans le cadre de cette étude.

Echantillonnage

Une enquête auprès de 95 agrumiculteurs choisis de façon aléatoire dans 5 « zones de supervision » selon la méthode Lot Quality Assurance Sampling (CORE GROUP, 2008) est effectuée. Elle considère que statistiquement, une taille d'échantillon de 19 individus par «zone de supervision », valable pour un minimum de 5 zones, est suffisamment représentative quelle que soit la taille de la population étudiée.

Questionnaire

Il se focalise sur les caractéristiques des agrumiculteurs, les systèmes de production, les pratiques et stratégies paysannes, la gestion des ressources naturelles (eau, sol), la gestion des intrants agricoles et la protection phytosanitaire.

- Traitements de données

Une typologie des agrumiculteurs présentée sous forme de tableau récapitulatif de la moyenne des critères pris a été réalisée sur Excel, pour mieux caractériser les différents types d'agrumiculteurs obtenus à partir d'une Analyse Factorielle Discriminante (AFD). Ensuite, une approche systémique a permis d'analyser les risques, les pratiques et les mesures y afférents.

III. RESULTATS

1. Caractéristiques des exploitants agrumicoles et leur système de fonctionnement

Les types d'agrumiculteurs dans la zone ainsi que leur système d'exploitation sont présentés dans le tableau n°1. Les principales cultures dans la zone sont le riz, les agrumes et les légumes (dont principalement le chou, l'haricot vert, la pomme de terre, la tomate, le persil, la salade et la brède...).

Tableau n°1 : Typologie des agrumiculteurs et fonctionnement de la production agrumicole

Variables / Types	Petit producteur	Producteur moyen	Grand producteur
Nombre de pied productif	28	100	220
Pourcentage	76%	19%	5%
Stratégie pour stabiliser la production	Main d'œuvre familiale	Main d'œuvre familiale / Entraide	Main d'œuvre salariale/ familiale / Entraide
	Plus d'investissement en intrants, traitement et entretien des vergers développement des cultures maraîchères, Recours à d'autres activités (élevage, activités non agricoles....)		
	Choix légumes plus rentable	Ouverture à des grands marchés de Tana Extension d'activité agrumicole	
Accès au foncier	Titre commun / Titre individuel		
	Heritage / Acheté/ Métayage	Heritage / Acheté/ Métayage	Heritage / Acheté
Environnement biophysique	Diminution de la fertilité des sols Plus de réaction face aux aléas climatique		
Principales cultures	Agrume, légumes riz, tubercule	Riz, agrume, légumes, tubercule	

Source : Auteur, 2017

2. Risques liés à la production agrumicole

La figure n°1 présente les différents risques liés à la production agrumicole.

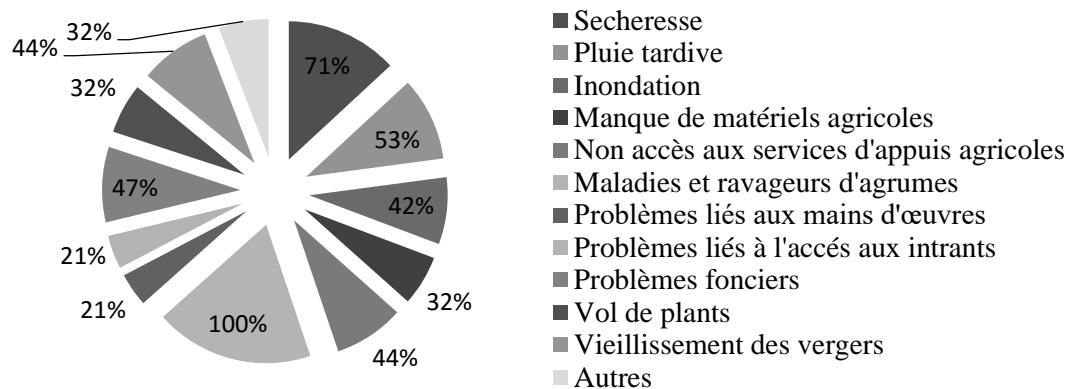


Figure n° 1: Les différents risques liés à la production agrumicole

Source : Auteur, 2017

Les principaux risques encourus par les petits, moyens et grands producteurs sont les mêmes, les maladies et les ravageurs en font partie, suivies des aléas climatiques, du problème foncier, du vieillissement des vergers et du vol des plants. Pour les petits et moyens producteurs, les facteurs limitant l'investissement (manque de matériels agricoles, acquisition des intrants ...) influent aussi sur leur système d'exploitation.

3. Pratiques des agrumiculteurs à renforcer pour assurer la valorisation de la biodiversité agricole

Le développement du système agrumicole a un impact sur la biodiversité. C'est pourquoi, il est nécessaire de relever les pratiques et renforcer la capacité des agrumiculteurs.

Tableau n° 2 : Les pratiques paysannes et les mesures pour les renforcer

Rubriques	Pratiques	Mesure pour renforcer les pratiques
Achats des plants et/ou semences d'agrumes	Alakamisy Fenoarivo, Ambohijafy Choix de la variété: même espèce Utilisation des pépins des fruits malade comme semences Engrais: Fumier produit ou acheté	Ouverture sur d'autres variétés et sur des innovations (choix des semences améliorées et/ou plants ou variétés plus performantes) Appui technique pour les pépiniéristes
Espèces Variétés	Abandon de certaines variétés (citron, orange)/ Concentration vers la clémentine japonaise ou mandarine du japon ou « Greffy »	Amélioration variétale (variété plus résistant à la maladie) Stratégies d'amélioration par espèces (abandonnés, plus pratiqués)
Fertilisation	Engraissage du pied d'agrumes 1 fois par an (mois de juillet) / cultures maraîchères associées (2 à 8 fois/an) : fumier de bovin dans la majorité des cas, fumier avec ou sans urée/NPK, avec du sisal « taretra », engrais organique, Lombricompost).	Renforcement de l'utilisation des engrains biologiques pour avoir plus d'éléments nutritifs dans le sol (Exemple: engrais volcanique, guano, fumier des volailles...)
Gestion du sol	Drainage du sol, rotation des cultures, surveillance des maladies, entretien des cultures (désherbage, fumure, traitement...)	Bon usage - Bonne pratique couverture permanente du sol, techniques culturelles, choix des engrains et des légumes plus appropriés ...
Gestion de l'eau	Système traditionnel : Utilisation d'un « dobo » par ménage, puisement d'eau de la rivière (moyen et grand producteur)	Appui technique (infrastructures)Amélioration de la qualité des eaux
Gestion pesticide	Plus utilisé: Insecticide, fongicide Lieu d'achat habituel: Marché d'Alakamisy Fenoarivo (Soa Ezaka Anosibe, Revendeur agréé AGRIVET- AGRICEM....., vendeur non agréé), Mode d'utilisation des produits: suivant les dosages (32% des enquêtés), selon leur connaissance (23%), et selon le degré de la maladie (35%) et 20% selon les moyens financiers, 10% autres) Raisons du choix : Habitude, efficacité et rapidité des résultats	Respect des textes réglementaires Encadrement des agrumiculteurs dans la protection phytosanitaire (Prise de connaissance des maladies, raison d'application et les mesures prises après chaque traitement) ; en matière de lutte (lutte agronomique, mécanique, biologique..) Conscientisation sur les effets néfastes des pesticides chimiques Orientation vers des principes pour assurer la durabilité des exploitations

	Mesure d'accompagnement adoptée: surveillance des maladies, entretien, renforcement des cultures maraîchères	Valorisation des résultats de recherche méconnus et non adoptés
--	--	---

Source : Auteur, 2017

IV. DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS

1. Optimisation des pratiques paysannes

Le non respect des dosages, ainsi que la méconnaissance des étapes de traitement phytosanitaire figurent parmi les mauvaises pratiques qui pèsent sur la biodiversité agricole. A titre d'exemple, l'excès pose un problème d'intoxication sur les polliniseurs (RAFALIMANANA, 2004).

Des solutions alternatives, répondant à la préservation de l'écosystème, résultent de plusieurs recherches effectuées et publiées. Des produits sont disponibles au niveau de marché, donc les pratiques devraient être évoluées, dans ce sens. Cela permet d'adopter les principes de bonne pratique agricole à savoir la maîtrise des risques sanitaires, le respect d'exigences environnementales (choix des produits appropriés, précaution sur l'utilisation des pesticides..), adoption des méthodes alternatives à l'utilisation des produits (système de désherbage plus approprié, lutte biologique...), la bonne rotation des cultures, le renforcement des cultures de couverture et enfin la mise en réseaux des agrumiculteurs pour développer une agrumiculture respectueuse de l'environnement.

2. Conditions pour une agrumiculture respectueuse de l'environnement

Pour une agrumiculture respectueuse de l'environnement, des conditions techniques institutionnelles, socio-économiques et politiques sont relevées.

- Conditions techniques : Partage des résultats probants issus des expériences, encadrement pour identifier les maladies et ravageurs, connaissance des sources avant de choisir les moyens de lutte, encadrement dans la protection phytosanitaire : bon usage du sol, gestion de l'eau et bonne pratique des techniques et formations reçues, et enfin l'amélioration des infrastructures.
- Conditions institutionnelles : Renforcement des partenariats publics et privés, application d'un plan d'actions qui met en évidence une synergie et un partenariat entre les acteurs (agrumiculteurs, opérateurs de marché, organisme d'appui, chercheur, entreprise privée...).
- Conditions socio-économiques: Renforcement des moyens à la disposition des agrumiculteurs (choix du produit, orientation du marché, capacité d'investissement, adoption des innovations, ouverture à des nouvelles technologies...).
- Conditions politiques: Renforcement des politiques de gestion des ressources naturelles et des règlements en matière d'utilisations des produits chimiques.

V. CONCLUSION

L'agrume permet d'équilibrer la gestion des revenus obtenus des cultures destinées à la vente et celles destinées à l'autoconsommation. Vu sa rentabilité, elle permet à l'agrumiculteur de s'investir dans la diversification des cultures et le développement des activités secondaires. Cette étude a permis de relever les pratiques qui entraînent le déclin de l'agrume et les bonnes pratiques qui méritent d'être renforcées, afin de limiter les différentes contraintes et de contribuer, à la fois, dans l'amélioration de la production et la protection de l'environnement. Des stratégies communes sont observées par les petits, moyens et grands producteurs d'agrume, en matière de résistance face aux attaques des maladies et ravageurs. Pour les stratégies spécifiques, comme l'extension des activités agrumicoles qui commencent à gagner du terrain, surtout pour les grands producteurs, les planteurs doivent pouvoir maîtriser d'abord l'agrumiculture durable respectueuse de l'environnement avant de procéder à toute extensification. Pour l'exploitant, seule la rentabilité prime. Les aspects environnementaux et sanitaires, la durabilité des exploitations et le renforcement des agro-écosystèmes fonctionnels sont négligés. Cela entraîne la non maîtrise de la propagation des maladies et ravageurs. L'hypothèse 3 est ainsi confirmée d'où la nécessité de renforcement des capacités dans plusieurs domaines, et surtout, une orientation vers une agrumiculture durable qui va de pair avec la valorisation de la biodiversité agricole.

VI. BIBLIOGRAPHIE

CHEREL - ROBSON (2003). *Risques, production agricole et pauvreté*. pp 72-77

CIP-UPWARD International Potato center (2005). *Conservation et utilisation durable de la biodiversité agricole, Guide de référence*. p 265

LOUSSET. (1989). *Les agrumes, arboriculture* .p 122.

MESUPRES. (2010). *Recherche valorisée : Enjeux de développement régional. Forum de la Recherche Antsiranana 03-05 décembre 2008.* pp 117-128; 145-155.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE. *Monographie de la Commune de Fenoarivo.* p 15.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU FORET. (2009). *Quatrième rapport national de la Convention sur la Diversité Biologique Madagascar.* p 120+ Annexes

MINISTÈRE DE L'INTERIEUR (2015). *Monographie de la Commune d'Alakamisy Fenoarivo.* p 25.

RAFALIMANANA (2004). *Evaluation des effets d'insecticides sur deux types d'Hyménoptères auxiliaires des cultures, l'abeille domestique (*Apis mellifera L.*) et des parasitoïdes de pucerons : Etudes de terrain à Madagascar et de laboratoire en France.* p 201 + Annexes.

RAJOELISOA (2002). *Impacts du traitement phytosanitaire des arbres fruitiers sur les abeilles. Cas de l'agrumiculture dans la Région d'Ambositra.* p 88 + Annexes.

RANAIVOARISOA. *L'agriculture durable, élément de stratégie pour le développement rural communal. Cas de la Commune d'Ampitatafika- District d'Antanifotsy- Région du Vakinankaratra.* p. 12

REGION ANALAMANGA. (2007). *Plan Régional de Développement.* p 126.

FAO (2005). *Interactions du genre, de la biodiversité agricole et des savoirs locaux au service de la sécurité alimentaire.* p 45.

32. Traitements traditionnels des produits halieutiques chez les Vezo, relatifs à la conservation de la biodiversité marine. Sud-Ouest de Madagascar

RABEKOTO Andrinjarisoa Heritiana¹, YOUSSEOUF JACKY Ibrahim Antho²

¹ Ecole Doctorale Thématique Lettre-Humanité et Indépendance Culturelle, Université de Toliara

² Faculté des Sciences, Département des Sciences Biologiques, Université de Toliara

Mots clés : biodiversité, conservation, halieutique, traditionnel, traitement, Vezo

INTRODUCTION

Des poissonneries et des *mpanao kinanga* de la région littorale de Sud-ouest de Madagascar dépendent massivement de la conservation des produits de mer dans une chambre froide ou dans un congélateur. Cependant, l'utilisation des chambres froides devrait être réduite dès aujourd'hui, afin d'atténuer le changement climatique. Les méthodes traditionnelles de conservation des produits halieutiques, notamment les poissons, contribuent à la réduction des émissions polluantes d'un côté et une alternative à la conservation de l'état naturelle des produits de l'autre. D'où le choix de la présente recherche intitulée : « Traitements traditionnels des produits halieutiques chez les Vezo, relatifs à la conservation de la biodiversité marine. Sud-Ouest de Madagascar » qui a pour objectif principal de valoriser les méthodes traditionnelles de conservation des produits halieutiques chez les Vezo. La recherche vise 3 objectifs spécifiques dont : (1) l'inventaire des poissons conservables, selon la culture vezo ; (2) la description de différents systèmes traditionnels de conservation des produits halieutiques ; et enfin (3) l'analyse comparative des méthodes de conservation traditionnelle et celles modernes des produits de mer.

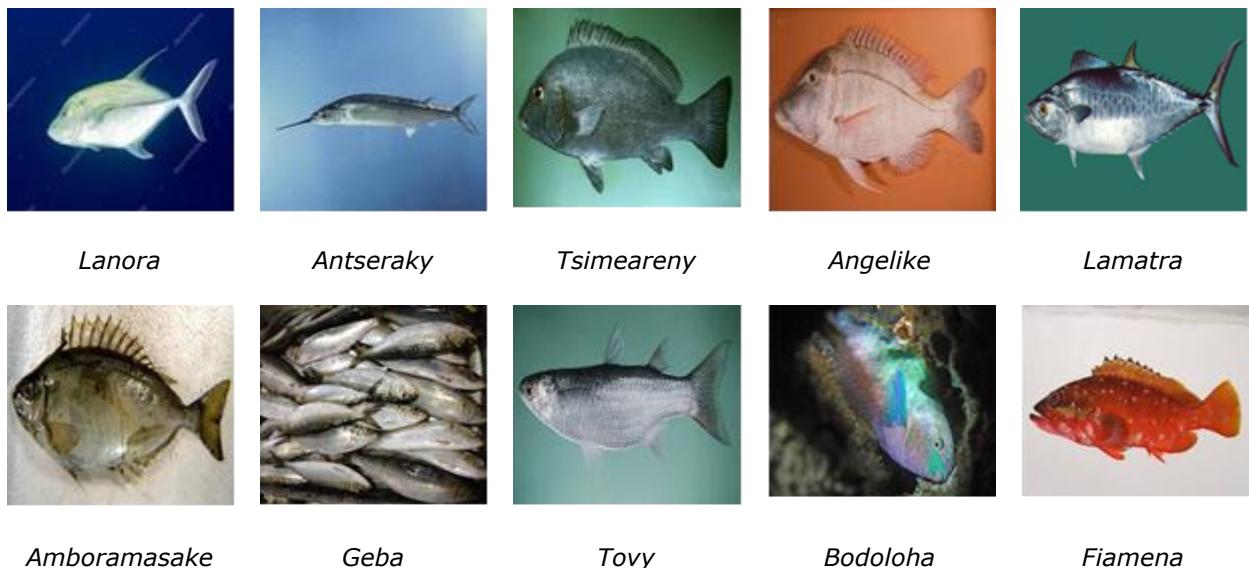
Deux approches méthodologies ont été adoptées durant la collecte des informations dont: l'observation directe (LOUBET DEL BAYLE, 2000) au niveau des sites d'étude et les interviews auprès des personnes ressources en adoptant la Méthode Accélérée de Recherche Participative (MARp) (JOHANA GOETTER, 2012). Les noms scientifiques des poissons, ainsi que quelques photos sont déterminés à partir de la documentation sur internet.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Famille des poissons conservable selon la culture vezo

Durant les inventaires dans les villages de pêcheurs, 10 familles des poissons sont traitées de manière artisanale, à citer : *Carangidae*, *hemiramphidae*, *Haemulidae*, *Lithrimidae*, *Scombridae*, *Siganidae* constatées à Morombe et *Clupeidae*, *Mugilidae*, *Muraenidae*, *Scaridae*, et *Serranidae* observées à Saint-Augustin. Les Vezo les appellent (Figure n° I): Lanora (*Caranx ignobilis*, *Carangoides*), Antseraky (*Hemiramphus sp*), Tsimeareny (*Plectorhincus flavomaculatus*), Angelike (*Lethrinus mahsena*), Lamatra (*Scomberomorus*), Amboramasa (*Saganus rivulatus*), Geba (*Sardinella gibbosa*), Tovy (*Liza alata*), Bodoloha (*Scarus sp*) et Fiamena (*Epinephelus fasciatus*).

Figure n° I : Photo des poissons avec leurs noms vernaculaires



Différents systèmes traditionnels de conservation des produits halieutiques

Ce système de conservation des produits halieutiques se base sur deux pratiques : (1) le *fian-tsira* qui sont séchés au rayonnement solaire avec du sel et (2) le *fia saly* au feu vif avec un peu d'huile sans utilisation de sel (Figure n° II). Il est pratiqué dans la zone littorale depuis Androka au Sud jusqu'à Belo sur Tsiribihina au Nord, notamment dans le territoire vezo le long du littoral du Canal de Mozambique (RABEKOTO, 2016).

Figure n° II : Photo du système traditionnel de conservation des poissons



Analyse comparative des méthodes traditionnelles et modernes des produits de mer

La conservation frigorifique est basée sur l'utilisation de chambre froide ou de congélateur. Elle est utilisée par des hôteliers, des sociétés de pêche et parfois, des ménages urbains. Les produits y sont conservés, jusqu'au moment où les hôteliers et les ménages ont besoin de les consommer ou de les transformer pour les sociétés de pêche. Sont considérés parmi ce système moderne, la conservation directe en glaces englobée dans de *sobika* ou *gony*, ainsi que les glacières utilisées par les *mpanao kinanga* afin de garder les produits jusqu'au lieu de revente. Les produits venant des villages d'Ianantsongo et de Sarodrano sont amenés à la ville de Toliara dans cette condition pour préserver leurs fraîcheurs.

Cependant, la pratique des méthodes traditionnelles dépend de la demande des consommateurs, suivant la qualité des produits, le trajet de transport et la durée de vente. En général, les produits sont destinés aux sociétés de pêches, aux simples collecteurs, aux hôteliers et aux villageois. Malgré tout, les produits traités de ces méthodes traditionnelles ne peuvent pas être conservés plus de 3 mois. Par contre, elle réduit l'exploitation abusive des produits marins car les pêcheurs tiennent compte de la faculté de conservation de chaque produit, le circuit commercial et la durée de vente. Elle offre aux consommateurs des produits plus naturels que ceux surgelés.

CONCLUSION ET RECOMMANDATION

En termes de comparaison, comme suit les inventaires faits : 60% de familles des poissons traités en méthode traditionnelle: *fian-tsira* ou *fia saly* sont pratiquées par les *vezo avaratsy* ou les *vezo* entre les fleuves Manombo et Belo sur Tsiribihina, par contre 40% celles de *vezo antimo* entre le fleuve de Manombo et le littoral d'Androka. De renforcement de capacités des villageois devrait être fait pour améliorer la qualité ainsi que la pratique des traitements traditionnels et promouvoir ce système de conservation de façon artisanale. La méthode de conservation traditionnelle des produits halieutiques repousse à l'utilisation des fluides frigorifiques qui sont potentiellement destructeurs de la couche d'ozone.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

JOHANA GOETTER, *Problème de Transhumance et Transhumance inverse sur le plateau calcaire Mahafaly. Méthode Accélérée de Recherche Participative (MARP)*. Thèse Doctorat en Sociologie de l'Université Allemande. 2012

LOUBET DEL BAYLE Jean-Louis, *Initiation aux méthodes des sciences sociales*. Les classiques des sciences sociales, 2000, 386p. <http://classiques.uqac.ca/>

RABEKOTO Andrinjarisoa Heritiana, *Essai de réflexion anthropologique sur la complexité critique de l'avènement de la religion chrétienne et ses impacts dans la Région Sud-Ouest de Madagascar. Cas de la baie de Saint-Augustin*. Mémoire de DEA, option Sciences sociales. Université de Toliara, 2016, 109 p.

33. Diversité des miels de la région du Parc National de Ranomafana

RASOLOARIJAO Tsiory Mampionona¹, Zanajaoarimanana RALALAHARISOA-RAMAMONJISOA¹, Herilanto Alain ANDRIANJAFY¹, Mahary Nasolotafika ANDRIAMANAJARA¹, Perle RAMAVOVOLOLONA¹, Johanna CLEMENCET², Gerard LEBRETON², Hélène DELATTE²

¹Laboratoire de Palynologie- Département de Biologie et Ecologie Végétales- Université d'Antananarivo,
² UMR PVBMT Université de la Réunion – CIRAD 3P Saint Pierre – France.

Mots-clés : Parc National de Ranomafana- mélissopalynologie- miels monofloraux- pélates

INTRODUCTION

L'apiculture est une activité agricole traditionnelle dans les zones forestières à Madagascar. Le Parc National de Ranomafana constitue une zone importante pour la conservation, avec un taux d'endémisme élevé atteignant 85 % (MEF & UNEP, 2010, Petchey and Gaston, 2002, 2006 ; Goodman & Benstead, 2005). La végétation et la flore du Parc National de Ranomafana est relativement bien connue, suite à différentes études botaniques (Turk, 1995). Les miels figurent parmi les produits forestiers non ligneux qui peuvent jouer un rôle important dans l'amélioration de la subsistance des acteurs de la filière et contribuer ainsi à la conservation. La richesse de la flore de la zone du Parc National peut être à l'origine d'une grande variété de miels. Par ailleurs, en vue d'une exploitation ultérieure, d'autres produits dérivés de l'apiculture méritent d'être considérés, tels que le pollen utilisé en phytothérapie ou la cire dont les utilisations sont multiples. La présente étude vise à mieux connaître la diversité des miels produits dans région du Parc National de Ranomafana, à obtenir des informations sur la production de pollens et établir une liste des plantes utilisées par les abeilles.

MATERIELS ET METHODES

Analyses polliniques

Les miels

Au total, 16 échantillons de miels récoltés de novembre 2016 à février 2017 dont 8 échantillons du rucher expérimental installé en bordure du PNR (coordonnées géographique) et 8, obtenus auprès des apiculteurs ont été soumis à l'analyse pollinique qualitative et quantitative, méthode qui permet d'établir la typologie des miels et d'obtenir la liste des plantes visitées par les abeilles, d'une manière sûre. Les miels ont été acétolysés ; la détermination des pollens a été réalisée, par comparaison avec la collection de référence du laboratoire de Palynologie de la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo. L'analyse et l'interprétation des résultats ont été réalisées, selon les méthodes de la mélissopalynologie ((Louveaux et al. 1970 ; Von der OHE et al., 2004)). L'analyse quantitative a été effectuée selon la méthode de Cour (1974) ; les échantillons sont classés suivant les classes cinq groupes définis par Maurizio (1939).

Les pelotes de pollen

Des prélèvements périodiques de pollen à l'aide de trappes à pollen ont été réalisés dans le rucher expérimental toutes les quinzaines afin de déterminer les plantes pollénifères. Au total, 15 lots de pollen ont été utilisés lors de l'étude. Les pelotes de pollen ont été triées et classées par couleur ; 10% de chaque couleur ont été montés entre lame et lamelle avec de la fushine diluée à 10% et analysés qualitativement au microscope au grossissement X 1000.

RESULTATS ET DISCUSSION

Analyse pollinique

Dans l'ensemble des échantillons, 102 types polliniques ont été recensés. 15 à 30 types polliniques ont été recensés par échantillons

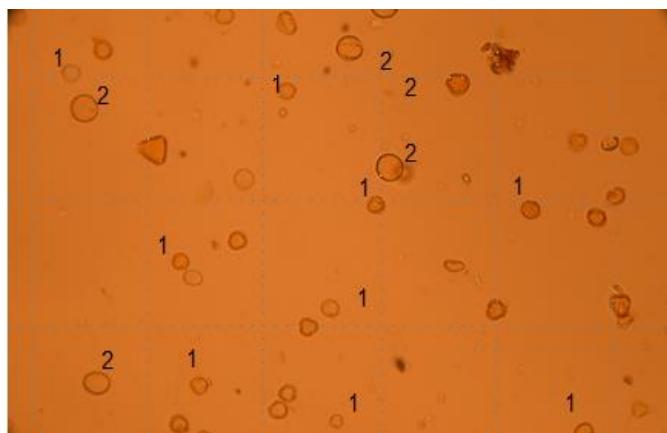
➤ Résultats des miels du rucher expérimental

Référence	Pollen dominant Fr > 45%	Pollen d'accompagnement 16≤ Fr ≤ 45%	Pollens isolés Fr ≤ 15%	Type de miel	Classe de Maurizio
1	-	Weinmannia sp.	<i>Helichrysum retrorsum, Ravenala madagascariensis, Macaranga sp.,...</i>	miel multifloral	II
2	Weinmannia sp.	Sorindeia madagascariensis	<i>Dombeya stipulacea, Drypetes malabarica, Tristema mauritianum, Faucherea sp.,...</i>	miel onoflora de Weinmannia	I
3	<i>Sorindeia madagascariensis</i>		<i>Litchi sinensis, Weinmannia sp., Syzygium sp.,...</i>	miel monofloral de Sorindeia	I
4	<i>Plectranthus</i>		<i>POACEAE, Eugenia jambolana, Croton sp.....</i>	miel monofloral de Plectranthus	I
5	<i>Plectranthus hexaphyllus</i>		<i>Weinmannia sp., Maesa lanceolata, Allophylus cobe,...</i>	miel monofloral de Plectranthus	I
6	<i>Plectranthus hexaphyllus</i>		<i>Weinmannia sp., MYRTACEAE, Trema sp.,...</i>	miel monofloral de Plectranthus	I
7	<i>Plectranthus hexaphyllus</i>		<i>PROTEACEA, ASTERACEAE, Maleastrum schatzii...</i>	miel monofloral de Plectranthus	I
8	<i>Litchi sinensis,</i>		<i>Weinmannia sp., Trema sp., Pinus sp.,...</i>	miel monofloral de litchi	I

➤ Résultats des miels des apiculteurs

Référence	Pollen dominant Fr > 45%	Pollen d'accompagnement 16≤ Fr ≤ 45%	Pollens isolés Fr ≤ 15%	Type de miel	Classe de Maurizio
8	<i>Cf Brachylaena ramiflora, Eucalyptus sp.</i>	<i>Litchi chinensis, Hybiscus sp., Macaranga sp., Weinmannia sp.,...</i>	Miel Multifloral	I
HA 002	<i>Sorindeia madagascariensis, Type 4</i>	<i>Helychrisum sp., Weinmannia sp., Acalypha sp.,...</i>	Miel Multifloral	I
HA 003	<i>Litchi chinensis, Cf Plectranthus hexaphyllus</i>	<i>Weinmannia sp., Sorindeia madagascariensis, Mimosa pudica,...</i>	Miel Multifloral	I
HA 004	<i>Eucalyptus sp.</i>		<i>Weinmannia sp., Elaeis guineensis, Croton fenaratsoae,...</i>	Miel monofloral d'eucalyptus	I
HA 005	<i>Cf Syzigium sp.</i>	<i>Weinmannia sp., Elaeis guineensis, POACEAE,...</i>	Miel Multifloral	I
HA 006	<i>Sorindeia madagascariensis, Cf Litchi chinensis</i>	<i>ASTERACEAE, Weinmannia sp., Cf Syzigium sp.,...</i>	Miel Multifloral	I

HA 007	<i>Cf Syzigium sp.</i>	<i>Weinmannia sp., Cf Litchi chineensis, Cf Ilex sp., Cf Allophylus cobe, Ravinala madagascariensis</i>	Miel monofloral de Syzigium	I
HA 008	<i>Cf Syzigium sp., Cf Plectranthus hexaphyllus</i>	<i>Weinmannia sp., Taraxacum officinalis,</i>	Miel Multifloral	I



1: *Weinmannia humbertii*, 2: *Sorindeia madagascariensis*

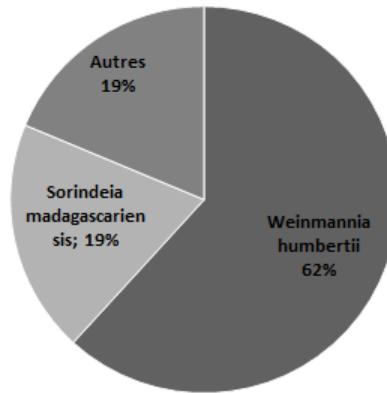
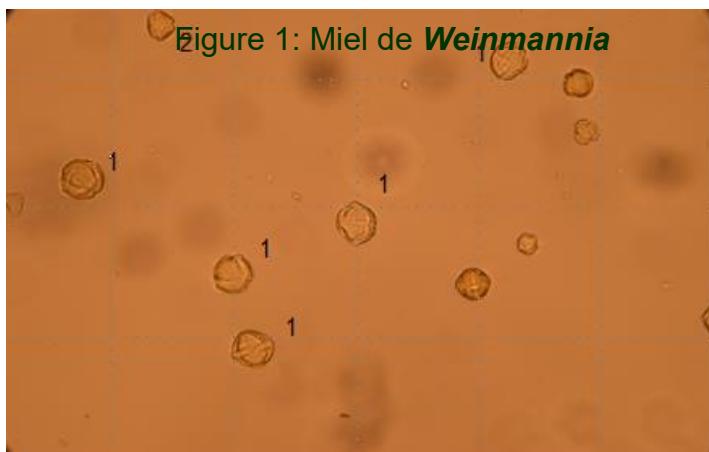


Fig 1a: Vue au microscope X400



1: *Sorindeia madagascariensis*, 2:*Litchi sinensis*

Fig 2a: Vue au microscope X400

Figure 2: Miel de *Sorindeia*

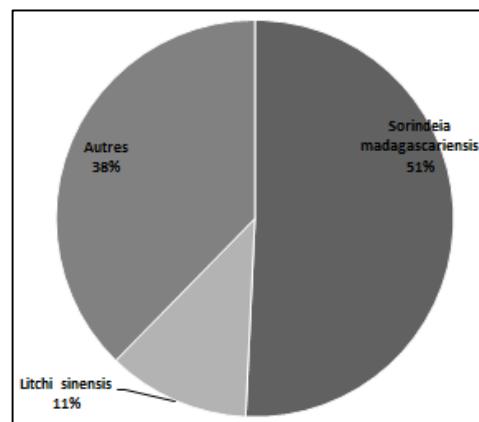


Fig 2b: Diagramme pollinique

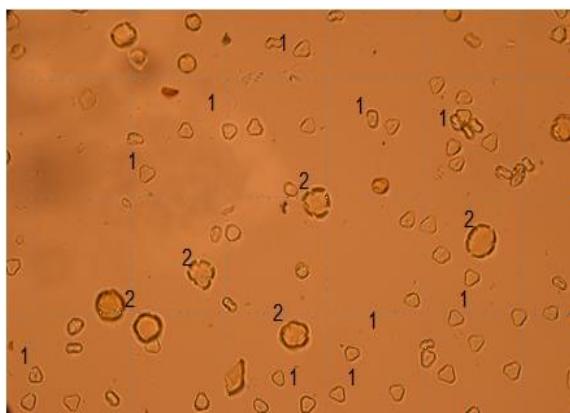


Fig 3a: Vue au microscope X400

Figure 3: Miel de **Litchi**
1 : *Litchi sinensis*, 2: *Plectranthus hexaphyllus*

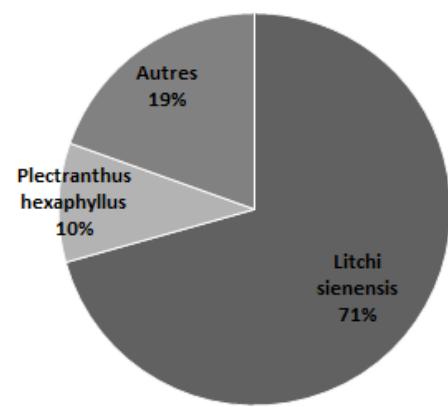


Fig 3b: Diagramme pollinique

34. Durabilité de la biodiversité apicole malagasy : conduite des ruchers et des cultures agricoles

Sendra Irina ANDRIAMANALINA^{1a}, Sylvain RAMANANARIVO¹², Mandimbinaina RINDRA RAZAFIMANJATO³, Romaine RAMANANARIVO¹²

¹Agro-Management, Développement Durable et Territoires (AMD2T), Gestion des Ressources Naturelles et Développement (GRND), ESSA. ²ESMIA.³ GIZ, Résilience par chaînes de valeur.

RESUME

Madagascar dispose d'une importante biodiversité, à potentiel apicole. Les services écosystémiques entre la biodiversité et les pollinisateurs sont très importants. Le potentiel en biodiversité apicole malgache devrait être exploité durablement pour le bien-être des populations, des pollinisateurs et des territoires. Dans cet article, il s'agit de comprendre le contexte de développement de la biodiversité apicole. Les modes de conduite des ruchers apicoles et des cultures agricoles dans les zones de Befontsy-Antsahamena de la région SAVA, d'Anjepy de la région Analamanga, de Marofandilia de la région Menabe et de Rantolava de la région Analanjirofo ont été analysés. Les techniques de production, les niveaux de gestion de la productivité apicole, la maîtrise de la maladie varroase des abeilles et les modes de culture ont été déterminées et scorifiées selon leurs états. Les résultats montrent que la majorité des apiculteurs manifeste peu de professionnalisme dans leurs métiers ; et des modes de conduite d'exploitation menacent la biodiversité apicole. Des actions raisonnées pour le bien-être de la biodiversité apicole malagasy sont proposées.

Mots-clés : productivité, varroase, logique d'action, zones apicoles

INTRODUCTION

Madagascar est une île dotée de biodiversité exceptionnelle, endémique, située dans des paysages et des zonages agro-écologiques diversifiés. Parmi cette biodiversité, les ressources phytogénétiques, dont celles endémiques sont exploitées par l'abeille malagasy, *Apis mellifera unicolor*. Les services écosystémiques issus de la pollinisation par les abeilles, dont par *Apis mellifera unicolor* garantissent d'innombrables externalités positives valorisables. Ils garantissent le tiers des productions agricoles mondiales (FAO, 2009), la diversité des plantes (Freitas, 2004 et FAO, 2009), le maintien de cycle biologique et écologique, la conservation des paysages (Andriamanalina, 2017), la promotion de produits de terroir Pourtant, la biodiversité malgache, dont les ressources phytogénétiques agricoles et non agricoles possédant des potentiels mellifères, subissent des pressions et des modes d'exploitation handicapant la pratique apicole. Depuis février 2010, la varroase, une maladie causée par un acarien *Varroa destructor* a été la première responsable de l'érosion considérable de la biodiversité apicole malagasy (DVS, 2010). Le potentiel en biodiversité apicole devrait être exploité durablement pour le bien-être des populations, des pollinisateurs et des territoires. L'objectif est de contribuer à la durabilité de la biodiversité pour le bien. Les objectifs spécifiques rattachés sont de : (i) comprendre la situation de la conduite des ruchers des apiculteurs et (ii) déterminer les modes de conduite des cultures agricoles. Les hypothèses avancées sont : (i) l'état des niveaux de productivité et de production de la filière apicole subissent des contraintes ; (ii) des modes de conduite des cultures nuisent à la biodiversité apicole.

MATERIELS ET METHODES

Zones d'étude, collecte et analyse des données

Les hautes terres centrales, le littoral humide de l'est et la zone semi-aride de la côte ouest ont été étudiés. Les recherches ont été menées à Anjepy, dans le district de Manjakandriana de la région Analamanga, à Rantolava, dans le district de Fénérive Est de la région Analanjirofo, à Befontsy Antsahamena, dans le district d'Andapa de la région SAVA et à Marofandilia dans le district de Morondava de la région Menabe. Des enquêtes qualitatives et quantitatives, ainsi que des focus group auprès des apiculteurs et des agriculteurs ont été effectuées. Des analyses qualitatives de la conduite des ruchers et de la conduite des cultures agricoles ont été réalisées.

Analyses quantitatives de la conduite de ruchers

Le mode de conduite de ruchers reflète la capacité de l'apiculteur, en termes d'exploitation de la biodiversité apicole. Les données sur la gestion de la productivité et de la production apicole, la maîtrise de la varroase et la conduite des cultures ont été déterminées.

Les plantes butinées par *Apis mellifera unicolor* ont été identifiées, recensées, puis classifiées selon leurs origines. Les variables de classification ont été « plante cultivée spécialement pour l'apiculture » et « plante spontanée/cultivée pour une finalité autre que l'apiculture ». A partir de focus group mené auprès des apiculteurs, les pratiques apicoles rencontrées dans les zones d'études ont été classées, par ordre d'importance décroissante. Bien que la maladie varroase ait été déclarée à Madagascar depuis février 2010, sa maîtrise constitue un enjeu important pour la pratique apicole, la biodiversité apicole et les populations, jusqu'à présent. Les situations de la maîtrise de la maladie dans les zones étudiées ont été déterminées. D'abord, les zones infestées par la varroase ont été déterminées à partir de bibliographie, d'entretien semi-structuré auprès des services vétérinaires et des services de l'élevage des localités, ainsi que d'exploration de couvains mâles de 3 ruches à l'aide d'aiguille par zone d'étude. La connaissance des apiculteurs des localités de la maladie varroase a été notée. Leurs connaissances sur les points suivants ont été déterminées puis notées : (i) qu'est-ce que la varroase ? (ii) comment traiter la varroase ? (iii) quelle note vous-vous donnez en termes de connaissance de la varroase d'une échelle de 0 à 5 ? Les informations sur les traitements de lutte ont été déterminées et notées. Il s'agit (i) des autorisations d'utilisation des traitements de lutte contre la varroase, (ii) des caractéristiques des méthodes de lutte, (iii) des modes d'obtention des traitements de lutte existants, et (iv) des préférences des apiculteurs pour maîtriser la varroase.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Gestion de la productivité et de la production apicole

Les ressources mellifères exploitées par *Apis mellifera unicolor* sont quasiment utilisées à d'autres fins et/ou spontanées. Les cultures spontanées et celles à usages marchandises sont les plus nombreuses (Figure 1). La disponibilité des ressources phytogénétiques mellifères des apiculteurs dépend donc de la disponibilité et des modes d'utilisation des ressources par leurs utilisateurs et propriétaires directes de ces plantes. Cette situation influence grandement la durabilité de la pratique apicole malagasy.

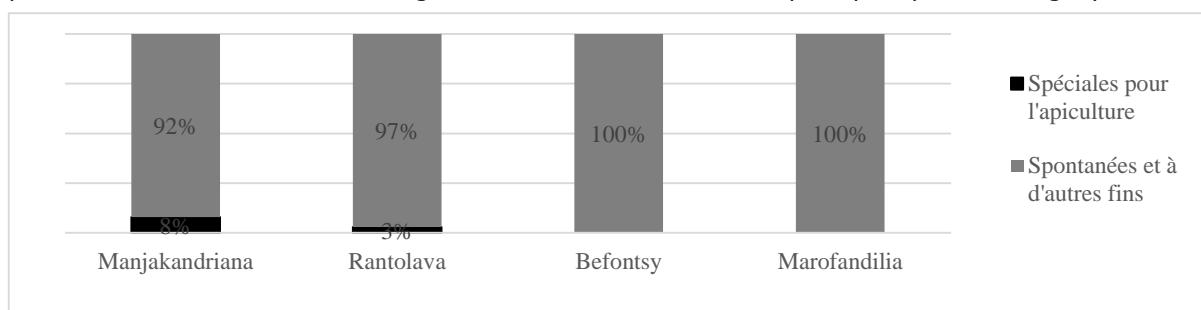


Figure 37: Origine des types de plantes mellifères butinées par les abeilles

Les exploitations des zones étudiées pratiquent diverses activités agricoles. Avec la riziculture, les cultures de rente sont plus pratiquées dans la partie Est et Nord-est malagasy. Les activités liées à la production de miel ne se pratiquent que par 50-60% des populations des localités. L'ordre d'abondance décroissante des choix techniques, de ruches utilisées par les apiculteurs se fait comme suit : (i) Befontsy Antsahamena: Apicueilleurs > ruches traditionnelles ; (ii) Manjakandriana et Rantolava : Ruches modernes à cadres > ruches sans cadres et traditionnelles ; et (iii) Marofandilia : Ruches modernes et ruches traditionnelles. Les typologies des exploitations apicoles (Andriamanalina, 2017) justifient les dominances des types de choix techniques optés par les apiculteurs. L'aménagement écosystémique permet l'atteinte des objectifs de maintien de l'intégrité écologique (Hunter, 1999), ce qui implique la conservation de la biodiversité et des processus écologiques. Ainsi, les apiculteurs ont intérêts à investir d'avantage en ressources mellifères. Les collaborations entre l'Etat par le biais de politique de reboisement

et les organismes oeuvrant pour la conservation de la biodiversité sont à encourager. La promotion de l'agroforesterie, de l'agriculture biologique et la pratique de jachère apicole sont des modes d'exploitation des localités à promouvoir.

Maitrise de la varroase

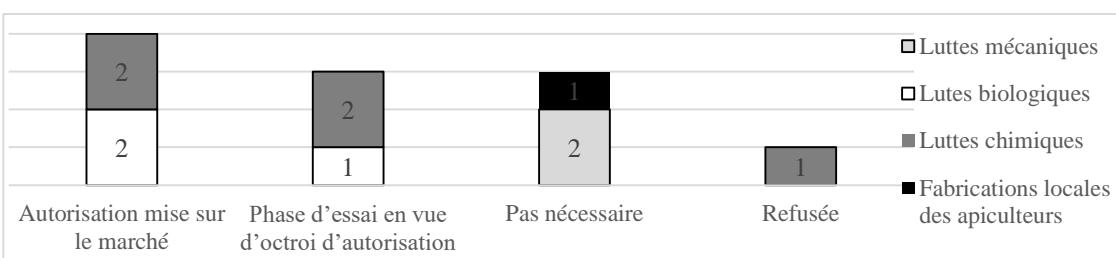
Les zones infestées et indemnes de la varroase ont des niveaux différents de maîtrise de la maladie

Les zones infestées par la varroase sont Manjakandriana et Rantolava. Le niveau de maîtrise des techniques de lutte contre la varroase diffère. A Manjakandriana et Rantolava, les apiculteurs ont une connaissance moyenne des traitements de la varroase. Ils ont eu l'occasion de déterminer et d'expérimenter des méthodes de lutte pour sauver leurs exploitations apicoles. Ainsi, ils maîtrisent plus les méthodes de lutte contre la varroase. Dans les régions non infestées de Befontsy et Marofandilia, les niveaux de maîtrise des traitements sont quasiment nuls. Ils devraient renforcer leurs connaissances et compétences en méthode de lutte à titre préventif. Les échanges d'expériences devraient être promus.

Les contextes d'octroi des traitements de lutte contre la varroase varient par type de produit

Les autorisations d'utilisation des traitements diffèrent. Les 10 types de traitements de lutte contre la varroase identifiés peuvent être répartis en 3 catégories : (i) Les méthodes de lutte mécanique, destruction de couvains mâles et mise en place de plateau grillagé ne nécessitant aucune autorisation d'utilisation et à coup gratuit et/ou conception personnel ; (ii) Les méthodes de lutte biologique, Apiguard, Tchik Apigener et Thymol, dont 2/3 sont en phase d'essai et 1/3, l'Apiguard, possède l'autorisation de mise sur le marché et, (iii) Les quatre méthodes de lutte chimique, Amytraze, Apistan, Apivar et Acide oxalique, dont 2/4, l'Apistan et l'Apivar, possèdent l'autorisation de mise sur le marché et 2/4 sont en cours de phase d'essai en vue d'octroi d'autorisation d'utilisation (Figure 2).

Figure 38 : Situation de l'autorisation de l'utilisation des traitements de la maladie varroase

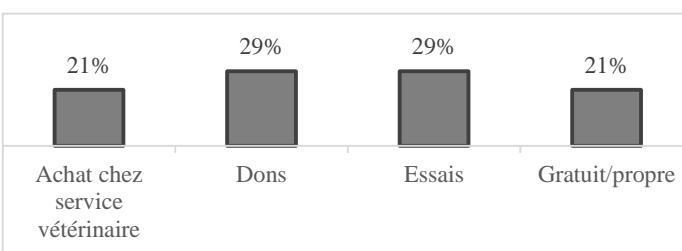


Les traitements de lutte possédant les autorisations de mise sur le marché à Madagascar sont ceux retrouvées et utilisées en Europe. L'efficacité de ces traitements a été démontrée ailleurs et a été vérifiée à Madagascar ; ces traitements répondent aux exigences de l'Union Européenne, étant donné l'ouverture du marché de miel malgache à l'Union Européenne.

La disponibilité des traitements de lutte contre la varroase sont variables

Seuls, 20% des traitements peuvent être achetés chez les services vétérinaires. Ces 21% représentent les traitements de lutte possédant des autorisations de mise sur le marché (Figure3). Il est important de voir le cas des 79% restantes car ils constituent la majorité des traitements de lutte.

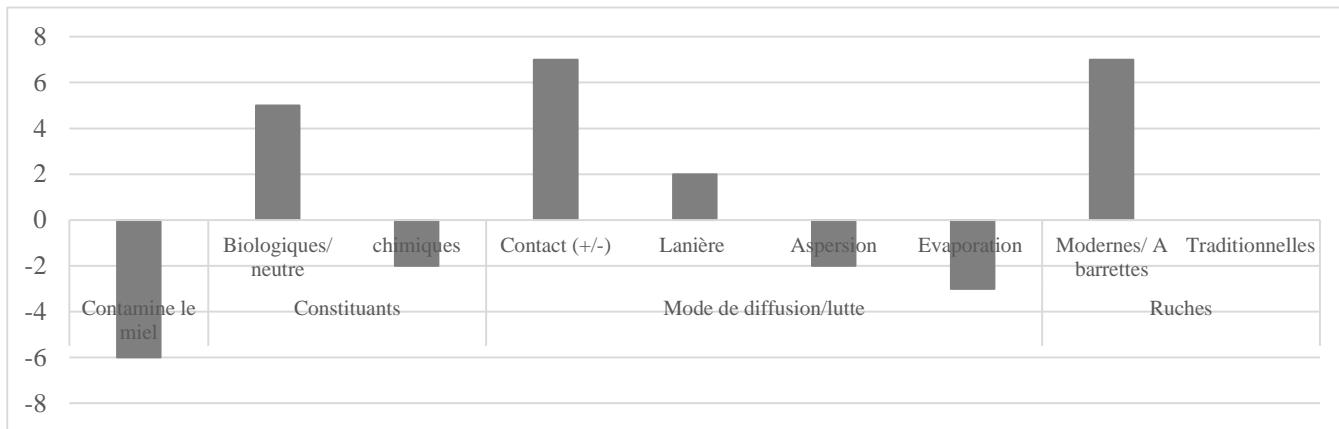
Figure 39: Mode d'obtention des traitements de la varroase



Les caractéristiques des méthodes de lutte diffèrent

De nombreux produits contaminent le miel et nécessitent l'utilisation de ruches modernes ou semi-modernes. Pour les méthodes de lutte actuelles utilisées : (i) La majorité contamine le miel (85%), (ii) Les produits à constituants biologiques (66%) sont nombreux par rapport à ceux à constituants chimiques (33%), (iii) Les modes de diffusion des traitements sont tous par contact direct ou indirect selon les supports, et (iv) Leurs applications nécessitent l'utilisation de ruches modernes (100%).

Figure 40: Caractéristiques des méthodes de lutte optées



La maîtrise des modes de traitement, notamment les périodes d'administration des traitements doivent être respectées pour éviter d'éventuelle contamination du miel. L'utilisation de ruches modernes est impérative pour optimiser l'efficacité et des traitements de lutte contre la varroase (Figure 4).

Les apiculteurs ont leurs préférences de méthode de lutte

Les préférences des apiculteurs s'orientent vers les traitements de type mécanique comme la destruction de couvain mâles et la mise en place de plateaux grillagés (Figure 5).

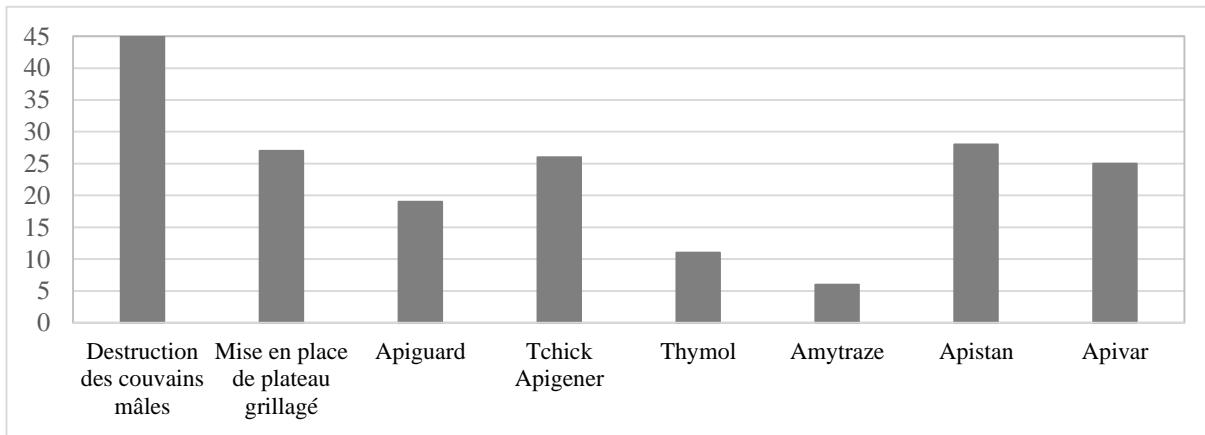


Figure 41: Préférence des traitements de lutte selon la perception des apiculteurs

Les traitements de lutte mécanique sont plus appréciés. Les traitements chimiques et biologiques, Tchick Apigener qui est en phase d'essai et l'Apistan et l'Apivar sont appréciés après ceux mécaniques. L'Apiguard présente un problème de désertion le long de la côte est (Tableau 1).

Tableau 24 : Détails sur les notes données par les apiculteurs aux méthodes de traitement de la varroase

		Diminution de varroase	Désertion	Coût	Mode d'obtention	
Luttes mécaniques	Destruction de couvains mâles	15		15	15	45
	Plateau grillagé	9		9	9	27
Luttes biologiques	Apiguard	6	-1	5	9	19
	Tchick Apigener	9	3	6	5	26
	Thymol	8	3			11
Luttes chimiques	Amytraze	3	3			6
	Apistan	9	9	6	7	28
	Apivar	11	8		3	25

Notes : *5 satisfait * 3 moyennement satisfait *1 très peu satisfait *0 pas du tout *-1 mauvais *-3 pas satisfait

Le taux de désertion élevé des ruches traitées par Apiguard est considérable en zone littoral car la température y est élevée. Les modes d'utilisation des traitements, en termes de dose, de température,

de caractéristique de rûche et de comportement de colonies ne correspondent pas aux destinations initiales de la conception du traitement. Il est impératif de revoir l'adaptabilité des traitements au contexte malagasy car le taux élevé de désertion de rûches traitées par Apiguard pourrait être le résultat de mauvais dosage et usage de traitement. Des études supplémentaires sur le mode d'utilisation de ce produit en région tropicale devraient être réalisées. Les modes d'obtention des produits constituent des obstacles, car de note faible. Le prix et le mode d'obtention des traitements conditionnent l'effectivité des traitements de lutte contre la varroase. Le prix des produits de traitements pourrait être dû au fait que les seules entités autorisées à exporter les produits possèdent le marché des traitements et maîtrisent leurs prix. En outre, les prix à l'international des produits sont assez conséquents. La collaboration des acteurs concernés avec les fournisseurs de traitements devrait alléger les coûts des traitements et leurs modes d'utilisation à condition que les ruchers soient tous immatriculés. La situation des procédures d'octroi d'autorisation de mise sur le marché et l'appréciation des traitements de lutte par les apiculteurs ramènent à poser des questions cruciales étant donné que la varroase constitue un problème majeur de la filière apicole. S'agit-il de manque de formation des apiculteurs en termes d'utilisation de traitement contre la varroase? D'incompétence par manque de personnels qualifiés? De l'ignorance dans les procédures d'octroi d'autorisation ? De difficulté en termes d'exécution des procédures ? De l'intérêt individuel ou de catégories d'acteurs primant devant l'intérêt commun des apiculteurs ? Ces questions devraient être étudiées.

Conduite des cultures

L'importance des types de pratiques agricoles varient d'une région à une autre (Figure 6).

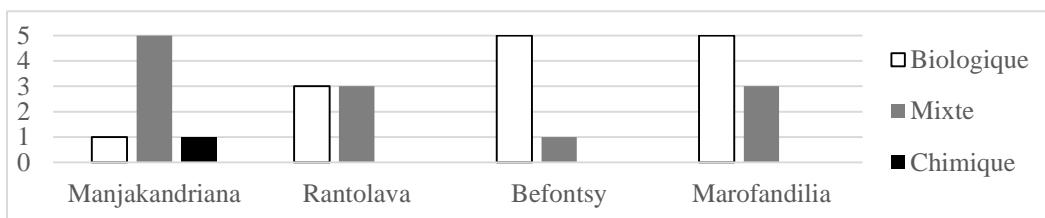


Figure 42 : Importance des types de pratique agricoles par localité

A Manjakandriana, la pratique mixte domine car les sols de la localité sont surtout ferralitiques, le phénomène d'érosion y domine et des conduites de cultures sont semi-intensives. La dominance de la pratique biologique à Befontsy se justifie par la richesse des sols de la zone. Befontsy Antsahamena figure parmi les localités du pays où la couche humifère est encore très abondante. A Rantolava, les pratiques biologiques et mixtes sont moyennes. Rantolava connaît des actions de promotion d'agriculture biologique mais elle subit également des actions de dégradations du sol par la pratique de cultures sur brûlis. Marofandilia connaît des actions de promotion de l'agriculture biologique.

RECOMMANDATIONS ET CONCLUSION

Les apiculteurs manifestent un faible professionnalisme, en termes de conduite de ruchers et de lutte contre la varroase. Des actions raisonnées pour le bien-être de la biodiversité apicole malagasy sont à faire. L'accessibilité et la maîtrise des moyens de lutte sont à surveiller pour maîtriser la varroase. Des conduites d'exploitation menaçant la biodiversité apicole sont à surveiller. L'investissement en plantes mellifères permettrait à l'abeille malgache et aux apiculteurs de se développer en dépit des exploitations incontrôlées des territoires. La priorisation des externalités « Biodiversité-pollinisateur » pour la durabilité de la biodiversité apicole et un aménagement raisonné des paysages constituent un enjeu associé à ne pas négliger.

BIBLIOGRAPHIE

- Andriamanalina, S. I. (2017). *Interdépendance de la mégabiodiversité malgache et de la viabilité apicole pour des marchés de niche*. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques et Environnementales. AMD2T. GRND. ESSA. Université d'Antananarivo. 191p
- DSV. (2010). *Plan d'intervention d'urgence contre la varroase chez les abeilles*. 43p
- FAO. (2009), *Traité international sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture. Les pollinisateurs : élément négligé de la biodiversité important pour l'alimentation et l'agriculture*. FAO.14p
- Freitas, B. M. (2004), Solitary Bees: conservation, rearing and management for pollination. *A contribution to the International Workshop on Solitary Bees and their role in Pollination, held in Beberibe, Ceará, Brazil* (p. 285). Fortaleza: Imprensa Universitária. Federal University of Ceara.
- Hunter, M.L. (éd.), (1999). *Maintaining Biodiversity in Forest Ecosystems*. Cambridge University Press.

35. Préparation du solvant vert à partir du manioc : Hydrolyse chimique de l'amidon de manioc en glucose, dextrines et hydroxyméthylfurfural (HMF)

El-Minah A. RAZAFIMANDIMBY¹, Maonja RAKOTONDRAMANGA¹, Lovasoa RABESIAKA³, Voahangy VESTALYS RAMANANDRAIBE^{1,4} Marc LEMAIRE^{1,2}

¹ Laboratoire International Associé, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo

² Laboratoire de Catalyse de Synthèse et Environnement, ICBMS - UMR5246 CNRS - Université Claude Bernard Lyon1

³ Laboratoire Chimie des Substances Naturelles et de Chimie Organique Biologique

⁴ Laboratoire de Chimie et de Valorisation des Produits Naturels

INTRODUCTION

La dégradation de l'atmosphère et de l'environnement, en général, est devenue un problème mondial actuellement à cause de l'utilisation massive de produits carbonés fossiles (charbon, pétrole, gaz), pour la production d'énergie et la préparation de la plupart des produits chimiques de synthèses (des matériaux aux médicaments), puis le rejet des déchets issus de ces applications. Toutes ces applications nécessitent l'utilisation des solvants alors que ces derniers sont la principale cause de la destruction de l'environnement. En effet, certains solvants sont toxiques, c'est pourquoi la recherche de solvants issus de la biomasse est en expansion aujourd'hui. Une application qui entre dans le cadre de la « chimie verte » [1].

Les Malgaches ont, comme deuxième aliment de base, le manioc après le riz car ces deux produits de base sont riches en amidon [2]. L'étude s'est focalisée sur le manioc à cause de son abondance à Madagascar [3]. L'hydrolyse partielle de l'amidon de manioc donne des dextrines que nous avons valorisées, en produisant de l'O-alkylglycoside qui sert d'intermédiaire dans la synthèse des peintures. Par contre, l'hydrolyse acide totale de l'amidon de manioc donne comme produit majoritaire le glucose, avec un rendement supérieur à 80 % (figure 2). Les sous-produits principaux sont le 5-hydroxyméthylfurfural (HMF), avec un rendement de 2% et un peu d'acide lévulinique en quantité encore plus faible [4]. C'est le sous-produit principal, HMF, qu'on a souhaité valoriser pour produire du solvant « bio » à faible impact écologique. Mais comme c'est une molécule très instable ; sa manipulation est un peu difficile, c'est pourquoi nous avons commencé notre étude sur le furfural qui est un produit issu de l'hydrolyse acide des pentosanes contenus dans les rafles de maïs ou la bagasse, pour produire du solvant vert.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Matériels

Pour l'hydrolyse de l'amidon de manioc, afin d'obtenir du glucose et des dextrines, nous avons utilisé de l'amidon commercial.

Pour les réactions d'hémisynthèse, ou les réactions de synthèse à partir de produit végétal, nous avons utilisé du furfural distribué par Aldrich.

Méthodes

- ✓ Réaction d'hydrolyse totale de l'amidon de manioc

Les poudres d'amidon de manioc ont été mélangées avec de l'eau dans un ballon tricole, en ajoutant du catalyseur (PVP/H⁺, Cl⁻), puis la réaction a été soumise à une température de 95°C pendant 24h. Une fois la réaction terminée, l'extrait a été ensuite analysé en HPLC qui consiste à déterminer et à connaître le taux de glucose dans l'extrait. La réaction a été suivie par Chromatographie sur Couche Mince (CCM).



Figure 1 : Réacteur d'hydrolyse d'amidon de manioc

- ✓ Réaction d'hydrolyse partielle de l'amidon de manioc

Pour cette réaction, le principe est le même que le précédent, mais la réaction n'a duré que 8h, au lieu de 24h

- ✓ Réaction de synthèse de solvant vert, à partir du furfural

La réaction s'est effectuée dans un autoclave. Le furfural a été mélangé avec de l'éthanol et du Pd/C. La réaction a été en présence d'hydrogène (20 bars) et d'amberlyst-15. Elle a duré 5h, avec une température élevée (140°C).

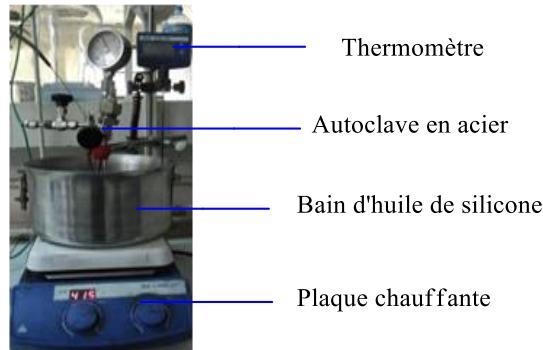


Figure 2 : Montage pour la réaction d'alkylation du furfural

- ✓ Réaction de synthèse O-butylglucoside

Cette réaction consistait à préparer du O-butylglucoside, en mélangeant de la dextrine avec du butanol et de l'acide sulfurique concentré. La chromatographie sur colonne a été la technique utilisée pour séparer et purifier l'O-butylglucoside.



Figure 3 : Réacteur de synthèse de l'O-butylglycoside à partir de l'amidon

RÉSULTATS

L'hydrolyse totale de l'amidon de manioc a donné un sirop de glucose avec un rendement de 80%. Ce produit est utilisé par les différentes industries de sucrerie (biscuiterie, chocolaterie, ...). Le sirop peut être aussi fermenté pour donner de l'alcool. L'HMF (3%) est un sous-produit de la réaction d'hydrolyse. Malgré le faible taux de l'HMF, ce produit est très intéressant car il peut être valorisé en des produits de hautes valeurs ajoutées qui sont utilisés dans plusieurs industries (cosmétiques, peintures, ...).

Concernant l'hydrolyse partielle de l'amidon de manioc, le rendement varie selon le temps de réaction.

Tableau 1 : Résultats des rendements en dextrine

Entrée	Amidon	HCl (0,4N)	PVP	Température	Durée	Rendement en amidon soluble (dextrine)
MRA 11	138 g	250 ml	24 g	95°C	4h	36%
MRA 12	138 g	250 ml	24 g	95°C	6h	48%
MRA 13	138 g	250 ml	24 g	95°C	8h	50%
MRA 14	138 g	250 ml	24 g	95°C	12h	56%

La butanolyse des différentes dextrines a donné des rendements différents. Après la purification par chromatographie sur colonne, le rendement trouvé a été très variable. Cela peut être dû à la variation de

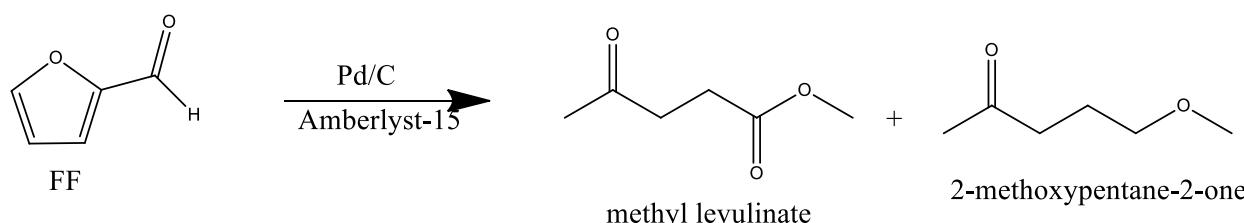
la concentration de glucose dans l'hydrolyse partielle de l'amidon de manioc. En effet, normalement le rendement en O-butylglucoside est proportionnel à la durée de la réaction de l'hydrolyse partielle de l'amidon de manioc c'est-à-dire si la réaction dure plus longtemps, le rendement en O-butylglucoside devrait être plus important, ce qui n'était pas le cas.

Tableau 2 : Résultat des rendements en O-butylglucoside à partir de la dextrine

Entrée	Dextrine	Rendement
MRA15B	4h	30%
MRA16B	6h	60%
MRA17B	8h	40%
MRA18B	12h	30%

La synthèse de l'O-butylglucoside, à partir de la dextrine obtenue par hydrolyse partielle de l'amidon de manioc, a été réussie. Le rendement est proche de celui trouvé avec la butanolysé directe du glucose qui est aux environs de 60% [5]. Cependant, il est très variable, ce qui peut être dû à la variation observée lors de l'hydrolyse partielle. D'après ces résultats, le rendement maximal qu'on peut obtenir est égal à 60%.

- La synthèse de solvant vert à partir du furfural



La réaction effectuée avec de l'éthanol a donné un meilleur résultat par rapport à celle qui a utilisé du Butanol. Nous avons aussi constaté que le type de catalyseur résine acide influence le rendement. En effet, la réaction effectuée avec de l'amberlyst-15 a donné un rendement purifié de 20%. Cet extrait a été analysé par CPG/SM. Deux produits ont été identifiés dont l'un est majoritaire. Ces produits sont le lévulinate de méthyle (majoritaire) et le 2-méthoxypentan-2-one.

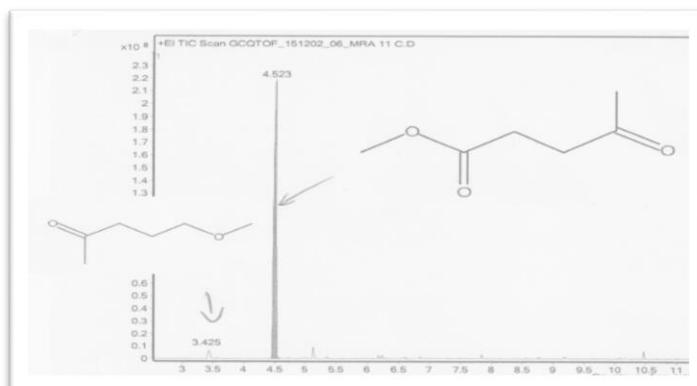


Figure 4 : Spectre de masse du lévulinate de méthyle

Cette nouvelle méthode de synthèse du lévulinate de méthyle, à partir du furfuraldéhyde, est importante car la même étude a été effectuée, en utilisant le méthanol comme solvant avec un rendement de 0,2 % en lévulinate de méthyle. [6].

Quan *et al.* [7] ont trouvé un rendement variant de 8 à 12 % en partant de l'alcool furfurylique, en utilisant comme solvant le méthanol et comme catalyseur la zéolithe HZSM-5 (Si/Al). Nous pouvons dire alors que cette méthode peut être une autre alternative pour la synthèse du lévulinate de méthyle car nous pour encore améliorer le rendement.

CONCLUSION

Ces travaux s'inscrivent dans le cadre de la chimie verte dont l'objectif général est de contribuer à la réduction de l'utilisation des solvants toxiques quel que soit leur application. Cela implique la diminution de la dégradation de l'atmosphère, de l'environnement et de la santé. Par la coopération de deux laboratoires (Laboratoire des Chimies des Substances Naturelles et Chimies Biologies et Laboratoire International Associé), la valorisation des sous-produits d'hydrolyse d'amidon de manioc a été choisie pour produire des solvants à faibles impacts écologiques.

L'alkylation réductrice du furfural en présence de Pd/C et de la résine acide avec de l'éthanol a donné du lévulinate de méthyle avec un rendement de 20% après purification. Cette voie de synthèse d'alkyl lévulinate à partir du furfural est plus propre et intéressante que la voie partant du HMF. Non seulement, le coût et la stabilité du furfural sont meilleurs que celui du HMF, mais le solvant et le catalyseur peuvent être aussi récupérés à la fin de la réaction.

L'hydrolyse acide de l'amidon de manioc avec du PVP produit des sucres réducteurs hydrosolubles pendant 24h mais, avec une durée de 12h, elle donne des résidus non solubles constitués d'amidon à masse moléculaire réduite ou dextrine. Le rendement pour cette partie non soluble varie selon le temps d'hydrolyse, allant de 16% à 60%. La dextrine a pu être valorisée par le biais de synthèse d'*O*-butylglucoside avec des rendements de 15% à 60%, selon la durée d'hydrolyse. Néanmoins, la variabilité des rendements, cette synthèse d'*O*-butylglucoside est bénéfique parce que la matière première utilisée est moins chère que le glucose (183.600 Ar contre 300 Ar le kilo). À la fin des travaux, nous avons pu confirmer qu'à partir du manioc, nous pouvons avoir différents produits de hautes valeurs ajoutées, utilisables dans différents industries.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] P.T. ANASTAS, J.C. WARNER, Green Chemistry (Theory and Practise), Oxford University Press, USA 1998.
- [2] <http://madagascar-evasion.over-blog.com/article-le-manioc-2eme-place-apres-le-riz-a-madagascar-51723615.html>
- [3] M.H. DABAT, Analyse de la filière Manioc Projet FOFIFA / EARRNET Contribution Au Rapport Final CIRAD / CA 2001.
- [4] H.F. ALSON, Valorisation de l'amidon de manioc de Madagascar : production de glucose, 5-hydroxyméthylfurfural et acide lévulinique. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de DEA de Chimie Organique, 2014, Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo
- [5] G. LIONEL, B. LAURENCE, B. VINCENT *et.al.* Synthesis, preliminary characterization, and application of novel surfactants from highly branched xyloglucan oligosaccharides, *Glycobiology*, 2005(15), 437–445.
- [6] H. XUN, J.M.W. ROEL, W. LIPING, Upgrading biomass-derived furans via acid catalysis/hydrogenation: the remarkable difference between water and methanol as the solvent. *Green Chemistry*, 2015(17), 219–224.
- [7] C. QUAN, G.JING, P. GONGMING *et.al.* Solid acid-catalyzed conversion of furfuryl alcohol to alkyl tetrahydrofurfuryl ether. *Catalysis Communications*, 2015(58), 76-79

36. Evaluation du potentiel en bois d'un reboisement de *Pinus spp.*, dans le périmètre de reboisement d'Ambohipihaonana Région Alaotra Mangoro.

RANDRIANARIJAONA Nantenaina, ROGER Edmond, RAZAFINDRIANILANA Norbert

Département de Biologie et Ecologie Végétales de l'Université d'Antananarivo

Département de Recherches Forestières et Piscicoles du FOFIFA

Résumé

Les forêts constituent une des principales sources de vie sur la terre et apportent de nombreux services écosystémiques pour le bien être humain. Le service d'approvisionnement en bois pour la population et le service de régulation font partie des principaux services, en offrant du bois et des biens à la population. Les forêts artificielles sont des formations qui produisent des services écosystémiques, en termes de bois dont les plantations de pins. La parcelle 4A11, parcelle d'expérimentation de la FAO, incluse dans le périmètre de reboisement de la Fanalamanga, constitue le site d'étude. Cette parcelle est plantée de pins, tels que *Pinus caribaea*, *Pinus kesiya*, *Pinus elliottii*, *Pinus taeda*, *Pinus oocarpa* et *Pinus patula*. Cette étude a pour objectif de déterminer la production en bois exploitable, ainsi que les produits secondaires de cette parcelle. La méthode d'inventaire forestier a été utilisée pour la collecte des données. Les résultats ont permis de faire ressortir que le site d'étude a une production, en volume, élevée avec un volume total de 11433m³ de bois, sur une surface totale de 36,757ha. Ce volume se répartit en bois d'œuvre et en bois de carbonisation de valeur, respectivement de l'ordre de 8032m³ et 3369m³. Pourtant, la présente étude n'est pas exhaustive. Il serait intéressant d'inventorier toutes les classes de diamètre afin de ressortir un volume capital de la plantation et de déterminer le stock de carbone émis par cette formation.

Mots clés : Potentiel en bois, Reboisement de *Pinus spp.* Ambohipihaonana Madagascar.

INTRODUCTION

Les forêts constituent les principales sources de vie de la planète. La surface forestière mondiale a été estimée à 4 milliards d'hectares (FAO, 2010). Ces forêts renferment 390 milliards de m³ de bois (GUINARD, 2004). Les plantations forestières étaient de l'ordre de 123,7 millions d'hectares, soit 3,5 % de la superficie mondiale de forêts (FAO, 2002). Les genres *Eucalyptus* et *Pinus* couvrent une surface de 31,4 millions d'hectares (FAO, 2002). Madagascar possède une couverture forestière de 22,6%, pour l'ensemble du pays dont 316 000 hectares sont des peuplements artificiels (RARIVOMANANA, 2000). Ces peuplements sont constitués, en grande partie, par les grandes zones de reboisement des périmètres de la Haute-Matsiatra, du Haut-Mangoro et du Vakinankaratra (FAO, 2003). Ces périmètres ont été destinés à approvisionner une industrie de pâte à papier et à mettre en valeur une grande zone à vocation forestière en vue de la production de bois d'œuvre (RAKOTOMAVO, 1972 ; RAMAKAVELO, 1999). Les plantations industrielles du Haut-Mangoro consistaient en une plantation de 80 000 ha de pin (RAMAKAVELO, 1999), dont l'essence plantée est essentiellement le genre *Pinus*. Elles assurent l'approvisionnement en bois, surtout de la capitale. Le principal objectif de cette étude est de promouvoir la gestion et l'exploitation de cette plantation, de façon durable. Les objectifs spécifiques sont de déterminer la production en bois exploitable ainsi que ses produits secondaires.

MILIEU D'ETUDE

La présente étude s'est déroulée dans la parcelle 4A11 de la FANALAMANGA, dans la partie Centre Est de Madagascar, Région Alaotra Mangoro, District Ambatondrazaka, Commune rurale Tanambao Besakay. Cette parcelle se trouve entre 18°07'21,92" à 18°08'40,76" de latitude Sud et 48°07'57,72" à 48°07'61" de longitude Est (Annexe 1). Le site étude est une partie de la parcelle 4A11 de la FANALAMANGA (Annexe 2). Elle a une superficie de 36ha.

MATERIELS ET METHODES

Matériels biologiques

Six espèces de pin font l'objet de cette étude dont *P. caribaea*, *P. elliottii*, *P. kesiya*, *P. oocarpa*, *P. patula* et *P. taeda*. Elles appartiennent à la famille des PINACEAE, genre *Pinus*.

Collecte des données

La méthode d'inventaire forestier (figure 1) a été utilisée, pour l'évaluation du potentiel en bois de la formation forestière. Des placettes de 25m×50m sont délimitées, de façon systématique, dans la zone d'étude sur lesquelles les individus ayant un diamètre à hauteur de poitrine (Dhp) supérieur à 10 cm sont recensés dans une fiche de relevé en notant les paramètres écologiques, les paramètres floristiques et la mode de culture (monospécifique ou mixte).

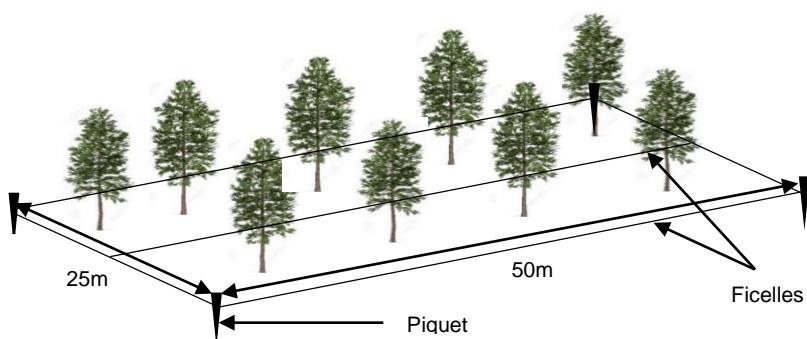


Figure 43 : Dispositif d'un inventaire forestier

Analyse et traitement des données

Densité

La densité correspond au nombre des tiges sur pied/ha. Elle s'exprime par le rapport entre le nombre d'individus et l'étendue de surface occupée par eux.

$$D = N/S$$

Avec **D** : densité, **N** : nombre d'individus présents, **S** : surface de relevé (m² ou ha)

Surface terrière

La surface terrière notée (G) est la surface de la section transversale de son tronc à 1,30 m de hauteur pour un arbre. Elle est exprimée par unité de surface, et donnée par la relation suivante :

$$G_i = \pi/4 d_i^2 = C^2/4 \pi$$

Avec **G_i** : Surface terrière d'un individu de l'espèce i (m^2/ha), **d_i** : Dhp d'un individu de l'espèce i (m), **C** : circonference d'un individu de l'espèce i (m)

La surface terrière totale **G** (m^2/ha) peut être exprimée par la formule :

$$G = \sum_{i=1}^n G_i$$

Biovolume

Le biovolume noté (**V**) est le volume estimatif permettant d'évaluer la production de la formation forestière. Le volume du bois de chaque individu (**V_i**) peut être calculé par la formule de DAWKINS (1959) :

$$V_i = k G_i H$$

Avec **k** : Constante de forme ou décroissance métrique de l'espèce i, **V_i** : Biovolume d'un individu de l'espèce i (m^3/ha), **G_i** : Surface terrière d'un individu de l'espèce i (m^2/ha), **H** : Hauteur de l'individu de l'espèce i (m).

Le biovolume **V** (m^3/ha) représente la somme des volumes en bois de tous les individus dans un peuplement et peut être exprimée par la formule :

$$V = \sum_{i=1}^n V_i$$

Coefficient de forme ou décroissance métrique

Le coefficient de forme **k** est obtenue par la mesure de diamètre du tronc par mètre de chaque individu de l'espèce. Il est utilisé dans le calcul du biovolume. Le tronc des pins a une forme paraboloïde.

k est donnée par la relation suivante (ANDRIAMBELO, 2009) :

- **$V_p = \Sigma V_{pi}$** avec **$V_{pi} = d_i^2/4(n h_i)$**
- **$V_c = d^2/4(n h)$**

$$k = V_p/V_c$$

d : diamètre de chaque individu de l'espèce à 1,30 m du sol (m), **d_i** : diamètre de chaque individu de l'espèce par mètre (m), **k** : décroissance métrique, **h** : hauteur totale de chaque individu de l'espèce (m), **h_i** : hauteur de découpage par mètre (m), **V_c** : volume cylindre (m^3), **V_p** : volume paraboloïde totale (m^3), **V_{pi}** : volume paraboloïde par mètre (m^3).

Volume en bois d'œuvre (**Vbo**) et en bois de carbonisation (**Vbc**)

Le bois d'œuvre est la partie du tronc d'un arbre utilisable pour produire de bois de sciage (planches, madriers, bois carrés, ...) et le reste constitue le bois de carbonisation. Ils sont calculés à partir de la formule du biovolume, mais la différence se situe sur la hauteur du bois utilisé, soit hauteur en bois d'œuvre ou hauteur en bois de carbonisation.

$$V_{bo_i} = k G_i H_{bo} \text{ et } V_{bc_i} = k G_i H_{bc}$$

Avec **k** : Constante de forme de l'espèce i, **G_i** : Surface terrière d'un individu de l'espèce i (m^2/ha), **H_{bo}** : Hauteur en bois d'œuvre de l'individu de l'espèce i (m), **H_{bc}** : Hauteur en bois de carbonisation de l'individu de l'espèce i (m).

Le volume **Vbo** (m^3/ha) et **Vbc** (m^3/ha) représentent la somme des volumes en bois d'œuvre et en bois de carbonisation de tous les individus dans le peuplement et peut être exprimée par la formule :

$$V_{bo} = \sum_{i=1}^n V_{bo_i} \text{ et } V_{bc} = \sum_{i=1}^n V_{bc_i}$$

RESULTATS

Densité

La plantation de pin dans le site d'étude a une densité moyenne de 627,3 individus à l'hectare. La densité par type de peuplement est représentée par la Figure 2.

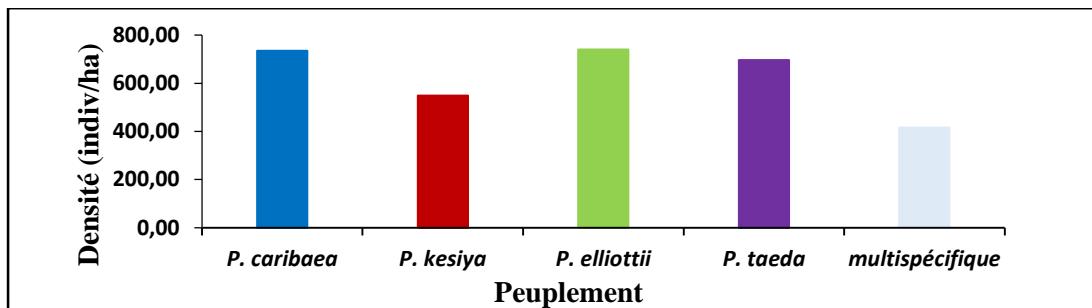


Figure 44 : Densité à l'hectare par type de peuplement

Selon cette figure, les peuplements à *P. caribaea* et à *P. elliottii* possèdent des densités élevées de 734 et 740 individus à l'hectare par rapport aux autres peuplements, suivis du peuplement à *P. taeda* avec une densité de 696 individus à l'hectare.

Surface terrière

La Figure 3 présente la variation de la surface terrière en fonction du type de peuplement dans le site d'étude.

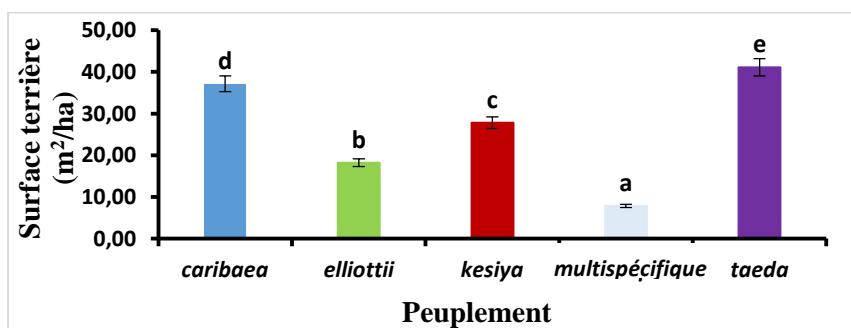


Figure 45 : Surface terrière par type de peuplement de la zone d'étude

D'après le graphique, chaque type de peuplement n'a pas la même surface terrière. Le peuplement à *P. taeda* possède une surface terrière la plus élevée (41,11 m^2/ha), suivi du peuplement de *P. caribaea* (37,16 m^2/ha) et de *P. kesiya* (27,83 m^2/ha). Le peuplement à *P. elliottii* présente une surface terrière la plus faible qui est égale à 18,22 m^2/ha . Une faible richesse en individus est aussi rencontrée dans le peuplement multispécifique. La surface terrière des espèces de chaque peuplement a une différence significative avec $p = 2e^{-16} < 0,05$.

Coefficient de forme (k)

La décroissance métrique est une constante fondamentale du calcul du biovolume. Le Tableau 1 représenté les Coefficient de forme de chaque espèce.

Tableau 25 : Coefficient de forme (k) des espèces plantées dans la parcelle 4A11.

Espèces	<i>P. caribaea</i>	<i>P. oocarpa</i>	<i>P. elliottii</i>	<i>P. taeda</i>	<i>P. kesiya</i>
K	0,49	0,42	0,46	0,46	0,57

P. kesiya possède la valeur la plus élevée de k qui est égal à 0,57, suivi de *P. caribaea* (0,49). *P. oocarpa* a le plus faible coefficient de forme (0,42) (Tableau 1). Il manque la constante k pour *P. patula* faute du nombre de pied nécessaire aux calculs.

Biovolume

Le potentiel en bois est déterminé à partir du biovolume. Un arbre présente deux types de volumes bien distincts : le volume en bois d'œuvre (Vbo) et le volume en bois de carbonisation (Vbc).

Volume en bois d'œuvre (Vbo)

La Figure 4 montre la variation du volume en bois d'œuvre estimé en fonction de chaque type de peuplement dans le site d'étude lors de l'inventaire forestier.

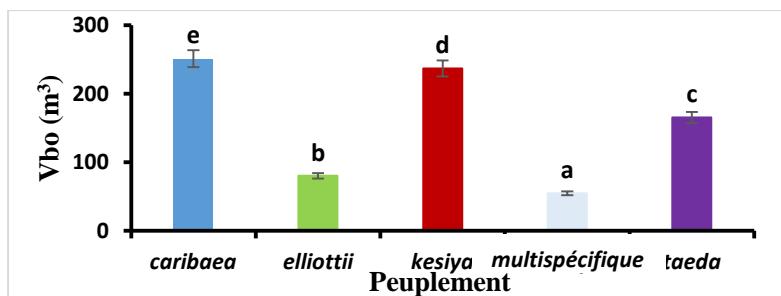


Figure 46 : Volume en bois d'œuvre par type de peuplement

Selon la figure, les espèces plantées dans chaque type de peuplement n'ont pas les mêmes volumes. Le peuplement à *P. caribaea* possède le volume en bois d'œuvre le plus élevé de $251,11m^3/ha$; suivi du peuplement à *P. kesiya* ($236,82 m^3/ha$) et du peuplement à *P. taeda* ($165,35 m^3/ha$). Le peuplement multispécifique présente le volume le plus bas qui est égal à $54,74 m^3/ha$. Les volumes de bois d'œuvre varient en fonction des espèces de peuplement, ils ont une différence significative avec $p = 2e^{-16} < 0,05$.

Volume du bois total (Vt)

L'ensemble du volume en bois d'œuvre et en bois de carbonisation donne le volume total des arbres. La Figure 5 représente la variation de volume du bois total par type de peuplement.

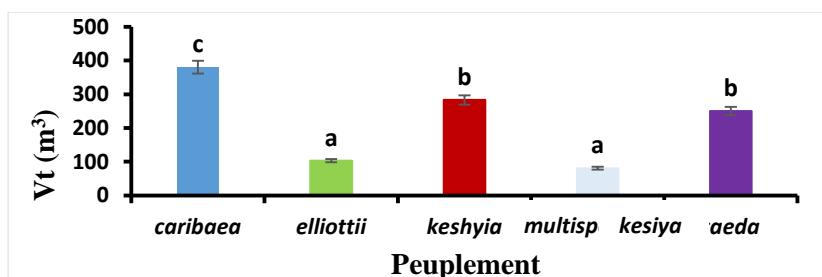


Figure 47 : Volume du bois total par type de peuplement

Cette figure montre que les peuplements ont de volumes différents. Le peuplement à *P. caribaea* possède le volume en bois total le plus élevé, qui est égal à $379,99 m^3/ha$; suivi du peuplement à *P. kesiya* ($306,29 m^3/ha$) et du peuplement à *P. taeda* $250,08 m^3/ha$, dont leur volume en bois total n'ont pas de différence significative. Le peuplement à *P. elliottii*, ayant un volume de $103,30 m^3/ha$ et le peuplement multispécifique de volume respectif $80,91 m^3/ha$, présentent les volumes en bois total les plus bas, mais leurs volumes n'ont pas de différence significative. Les volumes du bois total varient en fonction de chaque type de peuplement, ils ont une différence significative avec $p = 7,51e^{-09} < 0,05$.

Volume moyen

Le Tableau 2 résume le volume moyen en bois d'œuvre, en bois de carbonisation et le volume total en bois obtenu lors de l'inventaire.

Tableau 26 : Volume moyen en bois obtenu lors de l'inventaire

Peuplement	Vbo moyen (m^3/ha)	Vbc moyen (m^3/ha)	Vt moyen (m^3/ha)
<i>P. caribaea</i>	$334,807 \pm 18,047$	$171,850 \pm 4,440$	$506,658 \pm 19,866$
<i>P. kesiya</i>	$315,766 \pm 8,076$	$88,891 \pm 5,429$	$408,394 \pm 8,680$
<i>P. elliottii</i>	$107,147 \pm 6,130$	$30,174 \pm 1,900$	$137,737 \pm 6,125$
<i>P. taeda</i>	$132,280 \pm 7,474$	$67,785 \pm 1,293$	$200,065 \pm 7,720$
multispécifique	$218,971 \pm 3,257$	$104,695 \pm 1,666$	$323,666 \pm 1,591$

Vbo : Volume en bois d'œuvre, **Vbc** : Volume en bois de carbonisation, **Vt** : Volume du bois total.

Ce tableau montre que le peuplement à *P. caribaea* possède le volume moyen le plus élevé ($506,65 m^3/ha$), suivi du peuplement à *P. kesiya* et le peuplement de pin multispécifique avec un volume moyen respectif de $408,40 m^3/ha$ et $323,68 m^3/ha$. Le peuplement à *P. elliottii* présente le volume moyen le plus bas ($137,73 m^3/ha$).

Volume total

Le volume total en bois de la surface totale du site d'étude après extrapolation des données est représenté dans le Tableau 3.

Tableau 27 : Volume total après extrapolation

Peuplement	Vbo (m³)	Vbc (m³)	Vt (m³)	Superficie totale (ha)
<i>P. caribaea</i>	2646,99	1358,65	4005,64	7,906
<i>P. kesiya</i>	2504,34	705,00	3238,98	7,931
<i>P. elliottii</i>	641,17	180,56	824,22	5,984
<i>P. taeda</i>	1572,81	805,97	2378,78	11,89
multispécifique	666,99	318,90	985,89	3,046
Total	8032,30	3369,08	11433,51	36,757

Vbo : Volume en bois d'œuvre, **Vbc** : Volume en bois de carbonisation, **Vt** : Volume du bois total.

D'après ce tableau, le site d'étude a un volume total de 11433,51 m³, repartis en volume en bois d'œuvre (8032,30 m³) et en volume en bois de carbonisation (3369,08 m³) dans une surface de 36,757ha.

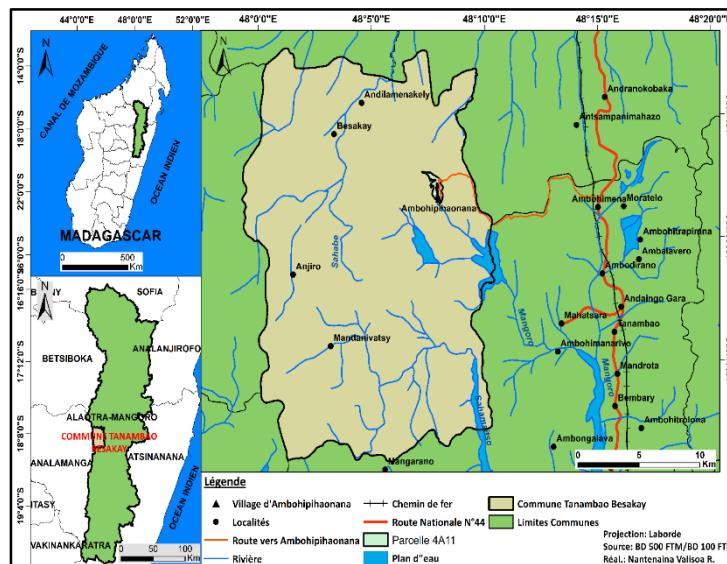
CONCLUSION

Cette étude concerne l'évaluation du potentiel en bois d'une parcelle de la plantation de pin du Haut-Mangoro, dans la section Nord du périmètre de reboisement de la FANALAMANGA, du site d'Analamirana : la parcelle 4A11. Elle se focalise surtout sur une partie de cette parcelle, celle du village d'Ambohipihaonana La plantation est caractérisée par des arbres de grandeur diversifiée mais présente un potentiel en bois exploitable élevé, il a un volume total de 11433m³ de bois, répartis en 8032m³ de bois d'œuvre et 3369m³ de bois de carbonisation. La productivité du peuplement varie en fonction des espèces. *Pinus caribaea* possède le volume le plus élevé alors que *Pinus elliottii* présente le volume le plus réduit. Pourtant, la présente étude n'est pas exhaustive. Il serait intéressant d'inventorier toutes les classes de diamètre afin de ressortir un volume capital de la plantation et de déterminer le stock de carbone émis par cette formation.

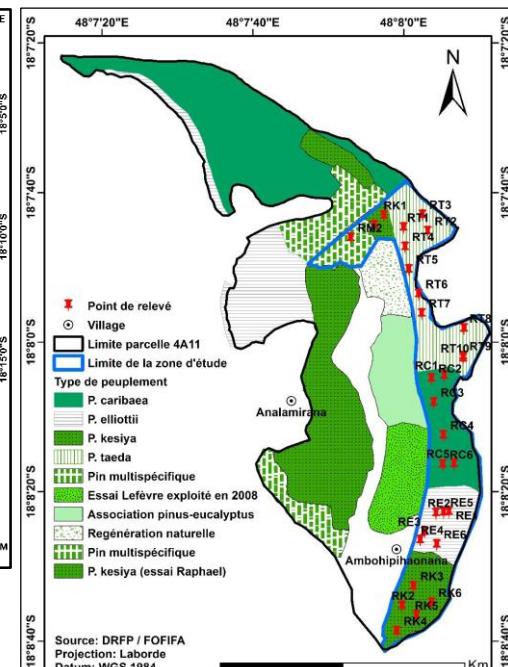
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDRIAMBELO, L. H. 2009. *Cours de dendrométrie 4ème année*, ESSA, Département des Eaux et forêts : volume d'un arbre. Université d'Antananarivo. École Supérieure des Sciences Agronomiques. Département des Eaux et forêts. 45p.
- F.A.O. 2002. Perspectives mondiales de l'offre future de bois issus de plantations forestières. 151p.
- F.A.O. 2003. Situation des forêts du monde. FAO. Rome. Italie.
- F.A.O. 2010. *Evaluation des ressources forestières mondiales 2010*. FAO. Rome. 206p.
- GUINARD, D. 2004. Le bois de ses origines à nos jours. Aperçu de la filière bois dans le monde et en Europe. Rev. For. Fr., LVI. pp: 39-46.
- RAKOTOMAVO, P.I. 1972. *Etude de la croissance de pins dans le périmètre de Sangasanga Haute Matsiatra*. Université de Madagascar. Institut Universitaire de Technologie Agricole, 90p.
- RAMAKAVELO, S. P. 1999. *Revue, compilation et analyse des données existantes sur le secteur des plantations industrielles malgaches d'aujourd'hui*. Programme de partenariat CE-FAO/Antananarivo. 55p.
- RARIVOMANANA, P. 2000. *L'Etude prospective du secteur forestier en Afrique (FOSA)*. République De Madagascar Ministère des Eaux et Forêts. 30p.

ANNEXES



Annexe 1 : Carte de localisation de la zone d'étude



Annexe 2 : Représentation spatiale du site d'étude et les points de relevés

IV. SECURITE ALIMENTAIRE ET NUTRITIONNELLE, VALORISATION

37. *Guilandina bonduc* (LEGUMINEUSE), une plante médicinale antidiabétique : valorisation de l'utilisation

ANDRIAMAMONJISOA Dimbiniala¹, **RAZAFIARIMANGA Zara Nomentsoa**², **RANDRIA José Narcisse**³, **RAKOTONANDRASANA Stéphan Richard**¹, **RATSIMBASON Alain Michel**¹, **RALAMBORANTO Laurence**², **RASAMISON Vincent Emile**¹

¹Centre National d'application des Recherches Pharmaceutiques (CNARP), ²Laboratoire de Biochimie Fondamentale et Appliquée, Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, ³Laboratoire de Pharmacologie Générale, de Pharmacocinétique et de Cosmétologie, Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo,

Résumé :

Guilandina bonduc ou *Caesalpinia bonduc*, possède des propriétés médicinales intéressantes car l'albumen réduit en poudre de la graine en extrait aqueux est utilisé pour le traitement de diabète. A part des usages thérapeutiques de tous les organes végétatifs de cette plante, elle présente d'autres utilisations notamment les graines. Ce travail se rapportera sur l'étude de la toxicité aigüe sur souris de la poudre de l'albumen issu des graines, méthode inspirée de celle de REED-MUENCH et décrite par GOME et al. (GOME MB et al. 2011, MOUSSAID et al. 2012). En plus, le test pour évaluer l'effet hypoglycémiant et l'effet antihyperglycémiant de cet albumen est réalisé suivant un test d' O'Sullivan adapté sur souris. Les résultats nous montrent que par voie orale aucune dose mortelle n'est observée ; et par voie intraperitoneale, l'albumen des graines de *Guilandina bonduc* est légèrement toxique ($DL_{50}=3,3g.Kg^{-1}$ selon l'échelle de Hodge et Sterner (HODGE et STERNER, 1980)). Cette poudre de l'albumen est hypoglycémiant (diminue le taux de sucre sanguin) sur souris normo-glycémique et inhibe l'hyperglycémie provoquée sur souris de poids moyen 20g (glycémie transitoire = $1,58g.L^{-1}$ pour les témoins positifs et $1,35g.L^{-1}$ pour les souris, testées avec la dose de $123,5mg.Kg^{-1}$). Cette dose testée

est l'équivalente de la dose prise par un homme de 70kg, prise unique selon l'indication en médecine traditionnelle : une graine dans un verre d'eau. Ce calcul est basé sur l'extrapolation en surface relative entre divers espèces (PAGET et BARNES, 1964). A cette dose, ce remède est dépourvu de signe de toxicité sur souris. Cette plante mérite donc une culture et une exploitation plus élargie sur notre territoire : elle est médicinale à substances bioactives notamment sur le diabète ; elle est ornementale, et pourrait servir de source de matière première pour l'artisanat.

Mots clés : *Guilandina bonduc*, graine, toxicité, antidiabétique, souris.

I- INTRODUCTION :



Nom scientifique : *Guilandina bonduc* L.

Synonymes : *Guilandina bonducella* L., *Guilandina crista* L., *Guilandina glabra* Griseb, *Caesalpinia bonduc* L., *Caesalpinia bonducella* L.

Noms vernaculaires :

Français : bonduc, cado, cadoque, cassie, canique grise, noix de nikkar

Anglais : bonduc nut, fever nut, guilandina seed, nicker nut

Malagasy: vatolalaka (Hautes terres), katra (Boeny, Sofia), roimena (Alaotra)

(HECKEL et SCHLEGDENHAUFFEN, 1986 ; GALLE et al. 2014).

- Description botanique :

C'est un arbuste dioïque, à aspect d'une liane épineuse, environ 1m de hauteur et entièrement couvert d'épines courtes et très acérées.

- Utilisations et phytochimie:

- En médecine traditionnelle, le mode de préparation est la plupart du temps en décoction aqueuse. Les feuilles sont utilisées pour traiter : la fièvre, le maux de tête, la diarrhée, la rougeole, la douleur de poitrine ; elles sont antidiabétiques. La tige et l'écorce sont aussi efficaces pour la fièvre et la diarrhée. La racine est reconnue comme remède contre la diarrhée, et son décocté facilite l'accouchement. La noix de la graine aide l'évacuation de déchet après accouchement, c'est un vermifuge et antidiabétique. (PERNET et MEYER, 1993 ; RABESA, 1993, DAVID et al. 2002)

- En artisanat, les graines très esthétiques peuvent servir pour la confection de divers produits tels que colliers, housses pour voiture, sac à main (NICOLAS, 2012).

- Les graines sont aussi très utilisées dans les jeux africains d'awalé et « katro » pour les malagasy. Elles sont considérées comme de véritables talismans aux multiples effets protecteurs. On les conserve précieusement dans les maisons ou dans la poche pour éloigner les mauvais esprits et pour se protéger du mauvais œil.

- Cette plante est aussi cultivée comme plante d'ornementation et pourrait servir de haie vive ou clôture de la cour.

- Les graines de *Caesalpinia bonduc* contiennent un isoflavonoïde, la bonducelline, et plusieurs diterpènes de cassane, dont la césaldékarine A, la césalpinine B, les bonducellines A-D, les α-, β-, γ-, et δ-césalpines, et une bondénolide, de l'huile environ 20 % surtout riche acide linoléique. Parmi les composés isolés des racines, on trouve la césaldékarine C et la césalpine F. (PETER et al. 1997; PETER et al. 1998; LYDER et al. 1998 ; KINOSHITA, 2000, SIMIN et al. 2001). La poudre de ces graines est antioxydant, anti-inflammatoire et protecteur rénal. antiplasmodial (bonducelline et β-césalpine), antibactérienne et antifongique à activité hypoglycémique et antihyperglycémique sur modèle animal (KAUR et al. 2009).

- Un extrait aqueux des racines, des tiges et des feuilles s'est avéré avoir des activités antivirale et anticancéreuse (GALLE et al. 2014)
- La teneur phytochimique des autres parties de la plante n'a pas encore été étudiée. (OUDHIA, 2007)

- **Répartition géographique :**

C'est une espèce pantropicale native de Madagascar que l'on trouve couramment dans les régions côtières de l'Afrique ; elle se trouve dans les régions tropicales. Chez nous, cette plante se rencontre dans les Régions de Boeny et Sofia, à Isalo, Beza Mahafaly et Masoala.

II- MATERIELS ET METHODES :
1. **Matériels**

Matériels biologiques

L'albumen des graines de bonduc est le matériel végétale utilisé et des souris de laboratoire *Mus musculus albinos* de race « swiss » provenant de l'animalerie du CNARP est le support de notre expérimentation.



Graines



Souris de laboratoire



Glucomètre et bandelette



Matériels techniques

Un appareil « glucomètre » de marque On Call EZ a été utilisé pour enregistrer la mesure de glycémie. Il fonctionne avec la bandelette spécifique.

2. Méthodes :

Toxicité aigüe sur souris :

➤ Etude de toxicité aigüe sur souris par voie orale et par voie intrapéritonéale de la poudre de l'albumen issu des graines : méthode inspirée de celle de REED-MUENCH, décrite par GOME et al. et reprise par MOUSSAID et al. 2012.

➤ Le calcul de la DL₅₀ sur souris et par voie intrapéritonéale est fait à partir de la formule de Dragstedt et Lang (DRAGSTEDT, 1957).

Test d'activité sur la glycémie transitoire des souris

➤ Test d'évaluation de l'effet hypoglycémiant et l'effet antihyperglycémiant de l'albumen : réalisé suivant un test d'O'Sullivan adapté sur souris. La mesure s'est faite avec le sang collecté sur le bout de la queue de chaque animal.

III- RESULTATS ET DISCUSSIONS

Toxicité

Par voie orale aucune dose mortelle n'est observée : les souris du 1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} lot reçoivent les doses croissantes respectivement de 123. 5mg.Kg⁻¹ (dose absolue témoin), 1235mg.Kg⁻¹ (dose 10 fois plus), 3705mg.Kg⁻¹ (30 fois plus).

Par voie intrapéritonéale, l'albumen des graines de *Guilandina bonduc* est légèrement toxique sur souris (DL50= 3,3g.Kg⁻¹) selon l'échelle de Hodge et Sterner (HODGE et STERNER, 1980).

Test antidiabétique sur souris:

Tableau : Tableau montrant la valeur moyenne de glycémie transitoire de souris pour chaque lot

Lot	Temps (min)			
	T0	T30	T60	T90
1	1.58 ± 0.04	2.5 ± 0.08	1.95 ± 0.05	1.6 ± 0.07
2	1.60 ± 0.03	2 ± 0.012	1.79 ± 0.08	1.38 ± 0.09
3	1.52 ± 0.01	1.35 ± 0.03	1.38 ± 0.02	1.50 ± 0.02

Les valeurs sont exprimées en g.L⁻¹

Lot 1 : souris rendu hyperglycémique par administration par voie orale de solution de glucose dosée à 1,5g.Kg⁻¹ (témoin)

Lot 2 : souris rendu hyperglycémiques après traitement par une solution aqueuse de noix de la graine de bonduc

Lot 3 : souris normoglycémiques traité par une solution aqueuse de noix de la graine

Cette poudre de l'albumen est hypoglycémiant (diminue le taux de sucre sanguin, Lot 3) sur souris normoglycémique et inhibe l'hyperglycémie provoquée sur souris (diminution du pic glycémique, Lot 2)

La dose unique testée est de 123,5mg.Kg⁻¹ pour chaque souris. Cette dose testée sur les souris de poids moyen 20g est l'équivalente de la dose prise par un homme de 70kg, prise unique selon l'indication en médecine traditionnelle : l'albumen (poids moyen = 0,95g±0.11) dans un verre d'eau. Ce calcul est basé sur l'extrapolation en surface relative entre divers espèces (PAGET et BARNES, 1964).

La dose équivalente homme vers souris est déterminée à partir de la relation suivante :

$$\text{Dose absolue souris (20g)} = \text{dose absolue homme (70kg)} \times K$$

K étant le facteur de l'extrapolation

Dont : la dose absolue homme est de 0,95g = 950mg et K = 0,0026 pour l'extrapolation en surface relative homme (70kg) vers souris (20g).

Donc : Dose absolue souris (20g) = 950mg × 0,0026 = 2,47mg

2,47mg pour une souris de 20 g soit 123,5mg.Kg⁻¹

A cette dose, ce remède traditionnel est dépourvu de signe de toxicité sur souris par voie orale.

Conclusion :

Cette plante mérite donc d'être cultive et exploitée de manière plus élargie sur notre territoire : elle est médicinale à substances bioactives, notamment sur le diabète. Sur souris, l'albumen de la graine de bonduc est efficace pour la glycémie transitoire et dépourvu de toxicité à la dose équivalente à celle prise par un homme. Nous émettons des réserves sur son usage interne sur une longue durée. Vue son utilisation traditionnelle, il est important de ne pas la proposer aux femmes enceintes. Une vaste perspective à partir de ces études est ouverte sur le volet évidence éthnomédicale, toxicité et phytomédicament issu de « Vatolalaka ».

REFERENCES

- DAVID J. (2002). Leguminosae of Madagascar. p46.
- DRAGSTED A., LANG B., (1957). – Etude de la toxicité par administration unique d'un nouveau médicament.- *Annales Pharmaceutiques Français*, p11.
- GALLE J.B., GROEBER S., LEDOUX A., NICOLAS J.P. (2014). Quelques plantes employées dans le sud-ouest de Madagascar. Ed. Jardins du Monde. p 73.
- HECKEL et SCHLEGDENHAUFFEN (1986): sur la graine des Gondeas jaunes et gris, *in Journ. des nouveaux remèdes*, voir HECKEL, p. 251.
- KAUR G., LONE I.A., ATHAR M., ALAM M.S. (2009). *Guilandina bonduc* L. possesses antioxidant activity and precludes Ferric Nitrilotriacetate (Fe-NTA) induced renal toxicity and tumor promotion response. *J. Environ. Pathol. Toxicol. Oncol.*; 28(2):163-75.
- KINOSHITA T. (2000). Chemical studies on the Philippine crude drug calumbibit (seeds of *Caesalpinia bonduc*): the isolation of new cassane diterpenes fused with a,b-butenolide. *Chem. Pharm. Bul.* 48(9): 1375-1377.
- LYDER D.L., PETER S.R., TINTO W.F., BISSADA S.M., Mc LEAN S., REYNOLDS W.F. (1998). Minor cassane diterpenoids of *Caesalpinia bonduc*. *Journal of Natural Products*. 61(2): 1462–1465.
- MOUSSAID M., (2012). Bulbes d'*Androcymbium gramineum*: Composition chimique, Etude pharmacologique et toxicologique chez les souris. *Bulletin de la Société Royale de Science de Liège*, 81 : 90-100.
- NICOLAS J.P., (2012). Plantes médicinales du Nord de Madagascar. Ed. Jardins du Monde. p61.
- OUDHIA P., (2007). *Caesalpinia bonduc* (L.) Roxb. In: SCHMELZER G.H. and GURIB-FAKIM A. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands.
- PAGET and BARNES (1964). Interspecies dosage conversion scheme in evaluation of results and qualitative application in species. *In LAURENCE D.R., BACHARACH A.C., Evaluation of drug activities: Pharmacometric*. Vol I, Academic Press, New-York, pp 160-162.

- PERNET R. et MEYER., (1957)., Pharmacopée de Madagascar. Institut de Recherche Scientifique, Antananarivo, 86pp.
- PETER S.R., TINTO W.F., Mc LEAN S., REYNOLDS W.F., YU M. (1997). Bonducellins A-D, new cassane furanoditerpenes from *Caesalpinia bonduc*. *Journal of Natural Products* 60(12): 1462–1465.
- PETER S.R., TINTO W.F., Mc LEAN S., REYNOLDS W.F., YU M. (1998). Cassane diterpenes from *Caesalpinia bonducella*. *Phytochemistry* 47(6) : 1153-1155.
- RABESA Z.A., (1993). Pharmacopée de l'Ambongo et du Boina, CIDST, Antananarivo, 727pp.
- SHARMA, S.R., DWIVEDI, S.K., SWARUP, D., (1997). Hypoglycaemic, antihyperglycaemic and hypolipidemic activities of *Caesalpinia bonducella* seeds in rats. *Journal of Ethnopharmacology*. 58(1): 39-44.
- SIMIN K., KHALIQ-UZ-ZAMAN S.M., AHMAD V.U. (2001). Antimicrobial activity of seed extracts and bondenolide from *Caesalpinia bonduc* (L.) Roxb. *Phytotherapy Research*. 15(5): 437-440.

38. Le carmin, sous- produit du figuier de barbarie pour un développement durable dans le Sud de Madagascar

RANAIVOARISOA Holy Farahanta, FAHARANO Marcel, RAKOTOARISOA Liva, RAMANANARIVO Sylvain, RAMANANARIVO Romaine

Mention Agro- Management – Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques – Université d'Antananarivo

Résumé

Madagascar possède des avantages climatiques, géographiques et agronomiques énormes, cependant, en face il y a une croissance rapide de la population et une dégradation des moyens de subsistance. Cette recherche fait partie d'un projet qui est en préparation. Il prône les initiatives de production de modèles territoriaux de développement de l'agriculture, tenant en compte les conditions spécifiques à chaque milieu naturel. Avec l'exploitation des produits alimentaires et non alimentaires, issus du figuier de barbarie (*Opuntia Ficus-indica*) ou *raketa*, il est important de valoriser les potentialités naturelles des régions du Sud de Madagascar qui pourraient répondre à des débouchés économiquement viables, mais avec une ferme prise en compte des contraintes environnementales, causées par la dégradation du support végétal. Comment exploiter les atouts de la biodiversité agricole des terroirs par une valorisation socio- économique au bénéfice de la population locale, permettant au *raketa* d'évoluer naturellement ? L'hypothèse annonce que la valorisation du « carmin », un sous- produit du figuier de barbarie, vise l'amélioration des conditions de vie socio- économiques des populations locales. En particulier, il s'agit d'extrait de cochenilles vivant du figuier de barbarie, un colorant naturel à haute valeur économique, utile dans l'alimentation humaine et les produits de peinture ; cette valorisation encourage ainsi la préservation durable des parcelles de *raketa*. Une recherche documentaire a permis de connaître les avantages issus de l'exploitation du figuier de barbarie. Ensuite, des calculs de valeur ajoutée et de résultats d'exploitation du produit ont été mis au point, pour montrer les intérêts économiques pour les exploitants locaux. Pour garantir la réussite d'une telle organisation, des mécanismes d'appuis sont proposés, accompagnés par la création de structures capables de gérer de façon équitable les différents intérêts socio- économiques des chaînes de valeur du figuier de barbarie.

Mots- clés : figuier de barbarie, valorisation économique, carmin, chaines de valeur, Sud de Madagascar.

1. Introduction

Le *raketa* ou cactus du genre *Opuntia* est une plante xérophile à multi-usages, en termes d'alimentation humaine et animale ou en produits dérivés. On peut citer la production de fruits comestibles pour l'homme avec fruits juteux et riche en vitamine C (Pimienta-Barrios et al., 1993) ; la production de fourrage pour le bétail dans les zones arides comme le Mexique, USA..., avec un rendement de matière sèche élevé de 40 à 50 T/Ha (Cortazar et Nobel, 1992) ; la production de légume par les jeunes cladodes³⁰ tendres et fibreux riches en vitamine C et β-carotène; la production de produits agro-alimentaires de raquette en boite de conserve aux USA et Mexique ; la production de sous-produits utiles en pharmacie et cosmétique dans la fabrication de shampoing, assouplissant de cheveux, crèmes dermatiques et lait hydratant (Pimienta-Barrios, 1994) ; l'utilisation du cactus dans l'apiculture ; et enfin la production de carmin qui est le colorant naturel connu sous E120, auquel s'intéresse la présente recherche.

Ce carmin constitue un composant alimentaire ou cosmétique, grâce à l'acide carminique qui le constitue. De ce fait, l'extraction de ce produit industriel offre une nouvelle source de revenus pour les ménages pauvres d'Afrique, disposant de ces plantations. (Nefzaoui, 2007).

³⁰ Raquettes comme légumes

La plus grande utilisation du carmin rouge, extrait des cochenilles, se trouve dans l'industrie des teintures et de colorants. Des espèces, comme *Kermès vermilio*, ont été identifiées comme producteurs de colorants naturels en Europe, depuis l'antiquité. Leurs colorants sont appréciés, par leur couleur rouge éclatante et la propriété d'insolubilité dans l'eau ou indestructibilité. L'espèce *Dactylopius cacti*, nommée cochenille de Nopal, originaire d'Amérique centrale, se substitua à la première, dans la production du « carmin de cochenille » naturel actuellement (Kreiter et al., 1998).

Dans le grand sud de Madagascar, depuis la moitié de la période coloniale jusqu'à l'indépendance, les français ont toujours eu d'intérêts dans l'exploitation du carmin de cochenille. Des études ont été faites sur sa faisabilité et l'acceptation de l'introduction de la cochenille de Nopal dans le Sud, successivement en 1930, 1935, 1969 et enfin en 2012³¹. La production, l'utilisation et la vente des produits dérivés du figuier de barbarie, comme le carmin de cochenille méritent d'être connues et analyser pour exploiter toute les potentialités.

L'exploitation du carmin de cochenille, forme de valorisation des sous-produits du cactus constitue-t-elle un moyen de lutte contre la pauvreté de la population rurale dans les zones arides du Sud de Madagascar ?

L'objectif de cette recherche est, alors, d'exploiter les atouts de la biodiversité agricole des terroirs par une valorisation socio-économique du *raketa* en carmin, au bénéfice de la population locale et permettant aussi à la plante d'évoluer naturellement dans son milieu naturel de culture.

2. Résultats

2.1 Techniques de plantation de *raketa* et d'élevage de cochenille

A ce jour, le Pérou est le plus gros fournisseur de cochenilles au monde avec 80% de quotas correspondant à 200 tonnes/an. Comme méthode de commercialisation, la moitié des insectes sont traités et vendus comme colorants et le reste étant vendu séché.

La densité de 40.000 plant/ha est fortement recommandée pour les plantations de *raketa*. Pour une densité supérieure à celle-ci, le coût d'élimination des mauvaises herbes est très élevé, jusqu'à plus de 1 000 USD/Ha. En matière de fertilisation, un apport important d'éléments azotés, à raison de 160kg/ha développe les parties végétatives indispensables à l'élevage de cochenille. La fertilisation azotée conduit, non seulement, à une augmentation de la production en cladodes, mais aussi à une augmentation de leur teneur en protéines. Des doses croissantes de 67 ; 124 et 135kg d'azote/ha favorisent une augmentation du niveau protéique, respectivement de 3,1 - 4,2 et 4,4 points de pourcentage (Arba, 2009).

On ne doit commencer à garnir les jeunes plantes de cochenille qu'à la 3^{ème} année de la plantation, vu que cette période est indispensable pour la robustesse de la plante à l'infestation des cochenilles. Une plantation de nopal bien entretenue, c'est-à-dire avec tallage annuel peut durer 8 à 10 ans (Berthelot, 1794). Des cochenilles mères sont préalablement élevées et conditionnées. Pour chaque plant, il faut 1 pouce d'œufs de cochenille pour la semence. Les insectes s'y développent durant un cycle complet de 3 mois et détruisent les parties exploitées de la plante hôte. Les cladodes prennent la forme des feuilles du *raketa*, de 30 à 40 cm de long sur 15 à 25cm de large et 1,5 à 3 cm d'épaisseur (Pérez-Guerra G, 1991).

2.2 Rendement et économie

Comme produit, le rendement est de 400 kg d'insectes sèches par ha (Berthelot, 1794) ce qui est équivalent à une densité de 40 000 pieds/ha à 10 g d'insectes secs par pied, soit 350g d'insecte et œufs de cochenille mélangés. Le rendement de production de cochenille est très variable d'une année à l'autre (Diguet, 1909).

Après la dessiccation des cochenilles, on obtient un produit brut appelé Grana, à partir duquel on peut extraire une proportion variable de carmin comme montre le tableau1.

Tableau 28: rendement d'élevage de cochenilles

Auteurs	Localisation des plantations	Colorant/Poids sec (%)	Colorant(g)/(nombre)	Cochenille	Degré de Pureté (%)
Pérez-Guerra G, 1991	Mexique	15 à 20	100 / 15 000		52
Pimienta-Barrios et al. 1993	Mexique	10 à 26	Inconnu		52
Cardon & Chatenet ,1990	Mexique (colons espagnoles)	15 à 20	100 / 14 000		52

³¹ Allorge (L.) & Matile-Ferrero (D.), 2012. Raymond Decary, les cactus, les cochenilles et la famine de 1930-1931, annexe : 348-349 in Decary (Y.). Madagascar, passion d'un naturaliste : l'étonnant parcours d'un humaniste intrépide, extraits (30 juin 1920-24 août 1939) du journal de Raymond Decary. Éditions Alzieu.

CRDI, 1990	Pérou (Culture semi-industrielle)	23	Non précis	62
------------	-----------------------------------	----	------------	----

Très récemment, les cochenilles productrices de carmin sont de nouveau recherchées, grâce à la réouverture du marché du carmin rouge. A ce jour, le Pérou est le plus gros fournisseur de cochenilles au monde avec 80% de quota correspondant à 200 tonnes/an. Comme méthode de commercialisation, la moitié des insectes sont traités et vendus comme colorants et le reste étant vendu séché.

En Europe, l'Espagne dispose d'un monopole absolu sur la commercialisation très lucrative du carmin et le secret de sa production est jalousement gardé et favorisé par l'idée qu'il s'agit d'une graine. En Nouvelle-Espagne, les visiteurs étrangers sont interdits, ainsi que l'exportation de cochenilles vivantes (Pérez-Guerra G, 1991). La France est le premier pays importateur de carmin de cochenille.

2.3 Avantages et utilisation du carmin

Connu sous le code E120³², le carmin est un colorant naturel de couleur rouge composé d'acide carminique. Il est très recherché par les industries alimentaires, cosmétiques et de fabrication de médicament pour ses caractères biochimiques (Pimienta-Barrios et al., 1993).

La composition du carmin rouge est assez simple et ne comporte pas d'azote. C'est une anthraquinone sur laquelle est greffée une chaîne en C6. Elle est soluble à la fois dans l'eau, l'éther ou le benzène, et se fixe facilement sur les textiles, le bois, ou beaucoup de matières plastiques.

Comme on ne lui attribue pas de toxicité, le carmin de cochenilles est employé aussi pour colorer les aliments (Dupaigne, 1974). Comme caractéristique, ledit colorant naturel est stable, dans un large domaine de pH variant de 4 à 7. Cette propriété en fait des pigments idéaux pour la coloration des denrées alimentaires à acidité faible.

Dans l'industrie agro-alimentaire, l'utilisation de figuier de barbarie, comme source de bétalaines exploitées pour l'obtention des colorants naturels des denrées alimentaires, est très intéressante (Fernandez et al. 2012).

Dans l'alimentation, selon Dupaigne (1974), le colorant est autorisé dans la composition de solution de cidre, vermouth, apéritifs à base de vin, hydromel et vinaigre. Il est aussi autorisé dans la composition de produits dérivés de lait comme le beurre, le fromage, le lait aromatisé, le lait fermenté aromatisé, les huiles et graisses à l'exception des margarines. Enfin, il est utilisé dans la composition des produits de la pâtisserie fraîche ou sèche et de la biscuiterie.

Plus récemment, il est utilisé comme colorant alimentaire dans la charcuterie et céréales pour les enfants. On l'utilise également comme colorant histologique ; colorant cosmétique de rouge à lèvres ; colorants de dentifrices ou encore un composant de couleurs de peintures (Kreiter et al., 1998 ; Clavel et al., 2008).

La demande a été très forte sur le marché international au début du XIX ème siècle. Les colorants synthétiques l'ont dépassé durant quelques années. Par contre, actuellement, il est, de nouveau, recherché sur le marché international grâce à ses qualités naturelles et biochimiques (Arba, 2009).

2.4 Rentabilité de l'élevage de cochenille sur le raketa

Cette partie donne une simulation de la rentabilité d'un projet d'élevage de cochenille sur une plantation de raketa de 1 ha de surface. Il existe 2 types de simulation dont

- (i) une exploitation familiale avec des actifs moyens pour l'exploitation, car elle utilise la traction animale dans les travaux agricoles. Les procédés de transformation sont avec moins d'équipements technologiques ;
- (ii) une exploitation semi-industrielle ayant effectué de plus grands investissements comme des engins motorisés pour les travaux agricoles et des équipements technologiques et de stockage, dans le conditionnement des produits finis.

Les deux tableaux 2 et 3 présentent respectivement la rentabilité économique des 2 types d'élevage de cochenille sur 1ha de surface.

Tableau n°2. COMPTE DE RESULTAT par nature pour l'exploitation utilisant la traction animale

DESIGNATION	Année
Chiffres d'affaires	15 739 500
PRODUCTION	15 739 500

³² Acide carminique qui est différent du produit synthétique Rouge cochenille A (E 124).

Location de matériels de traction animale	223 500
Fertilisants organique et minéraux	320 000
Epandage de fertilisants	70 000
Préparation des boutures	350 000
Plantation de boutures	350 000
Entretiens de plantation (3 ans)	52 500
Achats et préparation des cochenilles femelles	1 800 000
Ensemencement des cochenilles	140 000
Achats de produits phytosanitaires et d'entretiens	231 500
Séchage	52 500
Autres produits de stockage et de conservation	500 000
Autres charges externes	
CONSOMMATIONS INTERMEDIAIRES	4 090 000
VALEUR AJOUTEE	11 649 500
Frais de personnel	2 400 000
Impôts & taxes	3 147 900
RESULTAT BRUT D'EXPLOITATION	6 101 600
Dotation aux amortissements et provisions	619 333
RESULTAT	5 482 267
Produits financiers.	0
Frais financiers sur investissements	0
RESULTAT FINANCIER	5 482 267
RESULTAT AVANT IBS	10 964 533
Impôts exigibles sur résultats	
Impôts différés (variations)	0
TOTAL DES PRODUITS DES ACTIVITES ORDINAIRES	15 739 500
TOTAL DES CHARGES DES ACTIVITES ORDINAIRES	10 257 233
RESULTAT NET DES ACTIVITES ORDINAIRES	5 482 267
Eléments extraordinaires (produits)	
Eléments extraordinaires (charges)	
RESULTAT EXTRAORDINAIRE.	0
RESULTAT NET DE L'EXERCICE	5 482 267

Tableau n°3. COMPTE DE RESULTAT par nature pour l'exploitation avec matériels motorisés

DESIGNATION	Année
Chiffres d'affaires	15 739 500
PRODUCTION	15 739 500
Location de matériels motorisés	215 000
Fertilisants organique et minéraux	320 000
Epandage de fertilisants	50 000
Préparation des boutures	350 000
Plantation de boutures	350 000
Entretiens de plantation (3 ans)	52 500
Achats et préparation des cochenilles femelles	1 800 000
Ensemencement des cochenilles	140 000
Achats de produits phytosanitaires et d'entretiens	231 500
Séchage	52 500
Autres produits de stockage et de conservation	500 000
Carburant tracteur	15 000
CONSOMMATIONS INTERMEDIAIRES	4 076 500
VALEUR AJOUTEE	11 663 000
Frais de personnel	2 400 000
Impôts & taxes	3 147 900
RESULTAT BRUT D'EXPLOITATION	6 115 100
Dotation aux amort.&prov.	619 333
RESULTAT OPERATIONNEL	5 495 767
Produits financiers.	0
Frais financiers sur investissements	0
RESULTAT FINANCIER	5 495 767

RESULT.AVANT IBS	10 991 533
Impôts exigibles sur résultats	
Impôts différés (variations)	0
TOTAL DES PRODUITS DES ACTIVITES ORDINAIRES	15 739 500
TOTAL DES CHARGES DES ACTIVITES ORDINAIRES	10 243 733
RESULTAT NET DES ACTIVITES ORDINAIRES	5 495 767
Eléments extraordinaires (produits)	
Eléments extraordinaires (charges)	
RESULT.EXTRAORDINAIRE.	0
RESULT.NET DE L'EXERCICE	5 495 767

Comme déjà affirmé dans la partie "rendement et économie", 100 g de carmin peuvent être extraits de 15 000 insectes en 1990 équivalents à 3kg d'insectes, soit 1 kg de cochenille sec donne 33 g de carmin. Actuellement, le prix du kilo d'insectes secs auprès des producteurs est de 15 USD. Après les procédés de conservation et de petites transformations des insectes secs sous forme de poudre, le prix du kilo sur le marché international est de 1 971 USD.

Selon les 2 types de simulations économiques, l'élevage de cochenille sur 1 ha de terrain donne un bénéfice net autour de 5,5 millions Ar soit 1 828 USD. Il y a une forte valeur ajoutée, bien que les exploitants simulés effectuent encore des locations de matériels de labour. Il faut quand même disposer d'une liquidité autour de 4 000 000 Ar (1 300USD) pour la mise en œuvre des procédés d'élevage.

3. Discussion et conclusion

Les résultats obtenus montrent la grande importance de la nopalerie qui est l'endroit de plantation de cactus pour l'élevage de cochenilles afin d'obtenir le carmin, source de bénéfices économiques considérables. En particulier, il s'agit d'extrait des cochenilles vivant du figuier de barbarie, un colorant naturel à haute valeur économique, utile dans l'alimentation humaine et les produits de peinture ; cette valorisation encourage ainsi la préservation durable des parcelles de *raketa*.

Les atouts de la biodiversité agricole des terroirs sont bien exploités, par une valorisation socio-économique au bénéfice de la population locale qui nécessite l'évolution naturelle du *raketa*. L'hypothèse sur la valorisation du « carmin » comme un sous- produit du figuier de barbarie, visant l'amélioration des conditions de vie socio- économiques des populations locales, est bien explicitée et validée.

Ceci pourrait inciter la population rurale malgache, selon la zone appropriée, à adopter la culture à grande échelle de *raketa* jusqu'à l'élevage de cochenilles qui pourrait générer des sources de revenus considérables, si les conditions de plantation de *raketa* et de transformation des sous- produits seraient bien appropriées, comme indiquées ci- après :

De par l'importance de la plantation de cactus, la nopalerie, endroit de plantation de cactus pour l'élevage de cochenille, doit être d'un accès facile, vu que des visites sont indispensables pour les soins des cultures et des cochenilles.

De plus, la plantation doit être clôturée, de préférence, avec des végétaux pour se protéger des animaux domestiques. Une fois l'enclos établi et le sol défriché, on procède à la plantation de cactus qui vont servir d'aliments aux cochenilles. Une fois la taille d'exploitation atteinte par les *raketa*, on ensemence les cochenilles. Des cochenilles mères sont déposées au moment de la ponte sur les raquettes (Diguet, 1909). Les cochenilles se nourrissent seulement de la sève du cactus sur laquelle elle se trouve (Pérez-Guerra G, 1991).

On récolte les cochenilles au moment de la ponte. La collecte se fait par brossage complet de toute la surface des articles de cactus et la mise en récipient. Ensuite, elles sont soumises à une dessiccation³³ naturelle qui est un moyen de tuer les insectes et de les conserver de processus de fermentation. Les procédés employés pour tuer et dessécher simultanément la cochenille sont l'étuvage, l'ébullition à l'eau et le séchage sur plaque (Diguet, 1909). Pour des exploitations récentes, les cochenilles sont collectées sur le cactus puis séchées directement à l'aire libre (Pimienta-Barrios et al., 1993).

Pour conclure, il semble que la présence de la cochenille sur l'*Opuntia ficus indica* ou *cactus* soit l'occasion de réflexions dans la perspective d'un éventuel développement sur le marché des matières premières d'origine naturelle (colorants, additifs alimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques), en plus de la production de figues, d'huile de cactus et de farine alimentaire.

Peut-être, et moyennant une maîtrise des règles de biosécurité, nous avons là l'opportunité de développement de nouvelles filières pour le développement durable dans le sud de Madagascar : l'élevage de cochenilles qui viendrait s'ajouter et renforcer la filière et la chaîne de valeur du *raketa*.

³³ Procédé d'élimination d'eau

Références bibliographiques

- Arba M. (2009), Le cactus opuntia, une espèce fruitière et fourragère pour une agriculture durable au Maroc, partie 4 : Cultures, itinéraires techniques et productivité, édité par le Laboratoire d'Ecophysiologie Végétal. Département d'Horticulture et Institut Agronomique et vétérinaire Hassan II, Complexe Horticole d'Agadir, 215-223
- Berthelot Sabin (1794-1880) De l'industrie de la cochenille aux îles Canaries. ed. Imp. Du gouvernement Alger. (1851). p.24
- Bhira O. (2012). Potentialités thérapeutique d'*Opuntia Ficus Indica* au Maroc et en Tunisie. These de Doctorat en Pharmacie. Université Mohamed V, Faculté de Médecine et de Pharmacie RABAT. 171p
- Cardon D., Chatenet G. (1990) Guide des teintures naturelles, Plantes-Lichens, champignons, Mollusques et Insectes. Ed. Delachaux et Niestlé, 400 pp.
- Clavel D., Barro A., Belay T., Lahmar R., Maraix F. (2008) ; Changements techniques et dynamique d'innovation agricole en Afrique sahélienne : le cas du Zaï mécanisé au Burkina Faso et de l'introduction d'une cactée en Ethiopie ; VertigO-La revue en science de l'environnement, Vol8 no3. Université du Québec à Montréal et Éditions en Environnement.
- Cortazar V. G., Nobel P. S. (1992); Biomass and fruit production for the prickly pear cactus *Opuntia ficus indica*. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 117 (4), 558-562
- Diguet L. (1909). Histoire de la cochenille au Mexique. In : Journal de la Société des Américanistes. Tome6. pp.75-99;doi:10.3406/jsa.1909.3527.
- Dupaigne P. (1974). Les colorants rouges d'origine naturelle. Fruits, vol. 29, n°12, p.797-814.
- Fernandez-Lopez J. A., Castellar R., Obón J. M., Alméla L., (2002); Screening and mass-spectral confirmation of betalans in cactus pear, chromotographia; 56: 591-595.
- Kreiter P., Marro J. P., Dijoux L. (1998) ; Le monde mystérieux des cochenilles ; Bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Lyon, 67 (7) : 201-206. ISSN 0366-1326, tome 67
- Nefzaoui A. (2007); Cactus to improve livestock feeding and income sources of the rural poor. Role of the FAO-Cactusn et [abstract]. In: Priolo A. (ed.), Biondi L. (ed.), Ben Salem H. (ed.), Moran d-Fehr P.(ed.). Advanced nutrition and feeding strategies to improve sheep and goat. Zaragoza : CIHEAM. p.301 -302 (Options Méditerranéen n es : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n .7 4)
- Pérez-Guerra G., 1991. Biosystematics of the family Dactylopiidae (Homoptera: Coccoidea) with emphasis on the life cycle of *Dactylopius coccus* Costa. Thèse en ligne à <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-09192005-121748/>
- Pimienta-Barrios E., (1994); Prickly pear (*Opuntia spp*) a valuable fruit crop for the semi-arid lands of Mexico. J. of Arid Env., 28, 1-11
- Pimienta-Barrios E., Barbera G., Inglese B. (1993); Cactus pear (*Opuntia spp*, Cactaceae), International Network an effort for productivity. Succulent journal (US), 65, 225-229
- Wang N., Nobel P.S. (1995); Phloem exudate collected via scale insect styles for the CAM species *Opuntia ficus indica* under current and doubled CO₂, concentrations. Ann. Bot., 75, 525-532

39. Production de plants de bananier « *Musa sp* variété Grande naine » par la culture *in vitro*

RAVONIARISON Nivohanintsoa E, *RAKOTOARISOA Léon François *DINAHARILALA Mamisitraka T.G ; *FARASOA Mbolatiana

*Laboratoire de physiologie végétale, Faculté des Sciences Antananarivo

RESUME

A Madagascar, la banane est une filière très importante, elle intéresse plus de 250 000 foyers agricoles. La culture bananière constitue une culture vivrière de subsistance pendant la période de disette. Toutefois, une diminution palpable des rendements due au changement climatique et aux cataclysmes naturels a été constatée, depuis quelques années. La culture et la conservation *in-situ* des bananiers sont attaquées par des ravageurs, comme les charançons ou *Cosmopolites sordidus*, la chenille, et les nématodes et par des maladies liées aux virus, dont Cucumber Mosaic Virus ou CMV, Banana Bunchy Top Virus ou BBTV. La faible productivité est aussi due essentiellement aux techniques culturales, non améliorées, et à l'insuffisance de nombre des variétés améliorées vulgarisées auprès des paysans. La biotechnologie de la culture *in vitro*, a permis de produire, à grande échelle, des plantes de bonne qualité et saines issues des

variétés performantes afin de satisfaire les besoins des consommateurs et les demandes sur le marché national et international. Le bananier *Musa sp*, Variété Grande naine, a fait l'objet de ce travail. Notre objectif principal est la multiplication, en masse et rapide, des clones sains et vigoureux de cette espèce. L'effet du Benzyle adénine (BA) sur l'initiation, la multiplication des pousses et l'enracinement *in vitro* a été étudié, en utilisant les concentrations 0mg/l, 0,5mg/l, 5mg/l et 10mg/l. Des résultats prometteurs ont été obtenus à l'issue de ce travail. L'initiation de pousses, à partir de l'apex de bulbe, a été favorisée dans le milieu de MS, contenant 5mg/l de Benzyle adénine. L'élongation moyenne de la tige (4,3cm/mois) a été obtenue en absence de BA alors que les taux moyens maxima de production de feuilles (3/explant/mois), de multiplication de pousses (6/explant/mois) et d'enracinement *in vitro* (4racines /explants/mois) ont été obtenus avec la dose de 5mg/l de Benzyle Adénine.

Mots clés : Banane, culture *in vitro*, Madagascar, production, régulateurs de croissance

INTRODUCTION

A Madagascar, la banane est connue à partir de 500 ans après Jésus Christ, elle a été apportée avec les migrations humaines ([http // :1](http://:1)). Le bananier est rencontré dans tout Madagascar, mais sa culture est essentiellement concentrée sur la Côte-Est, notamment dans les provinces de Toamasina et de Fianarantsoa jusqu'à 800-900m d'altitude (MAEP, 2004). Les bananiers sont cultivés dans plus de 120 pays sur les 5 continents (Bakry et al. 1997) et sur plus de 10 millions d'hectares (Lassoudière, 2007). Les bananes « Cavendish » fournissent 97% du marché international. Elles correspondent à 45% de la production mondiale, à côté des autres bananes de type « dessert » ou des bananes « à cuire » (Farm, 2005).

Toutefois, à Madagascar, la faible productivité est liée essentiellement aux techniques culturales non améliorées et à l'insuffisance du nombre des variétés améliorées vulgarisées auprès des paysans, avec des propriétés, telles que résistance aux maladies, plus productives et ayant de qualité organoleptique supérieure. (Ramamponjisoa, et Serge François, 2005)

La culture et les bananiers sont attaquées par des ravageurs (les charançons ou *Cosmopolites sordidus*, la chenille, les nématodes...), par des maladies dues aux champignons (la maladie du Panama ou Fusariose, la Cercosporiose noire « Black-Sigatoka » ou *Mycosphaerella fijiensi* et la Cercosporiose jaune ou *Mycosphaerella musicola*). Il y a aussi les maladies virales « *Cucumber Mosaic Virus* » ou CMV, « Banana Bunchy Top Virus » ou BBTV, ...). D'un autre côté, le manque de matériel végétal de bonne qualité sanitaire est l'une des contraintes majeures de l'extension et de la pérennisation des plantations de bananiers ; c'est le cas pour les bananes desserts et les bananes à cuire dont les plantains. (Memento de l'agronomie, 1984 ; CIRFA, 1992)

L'utilisation de la culture *in vitro*, plus précisément la micropropagation permet de lever, dans une certaine mesure, ces contraintes (Youmbi et al. 2004). La micropropagation contribue à la multiplication en masse et à l'obtention d'un nombre considérable de plantes génétiquement identiques à la plante mère avec un taux de multiplication pouvant atteindre 100 à 1000 fois plus élevés (Ferry et al., 1998 ; Semal. 1998). L'objectif spécifique de cette étude est d'optimiser les concentrations de régulateur de croissance, dont le Benzyle Adénine (BA), appropriées pour la multiplication *in vitro* de *Musa sp* variété Grande naine

MATERIEL ET METHODES

a) Matériel végétal

Le matériel végétal, source d'explant est constitué du rejet du bananier, issu des plantes apparemment saines de *Musa spp*. La variété utilisée pour cette étude est la Grande naine qui a été récoltée dans la province de Toamasina, District de Brickaville, ou Vohibinany, Région Atsinanana, Commune Razanaka, à Madagascar.

b) Méthode

Le milieu de base utilisé a été le milieu de Murashige et Skoog (MS, 1962), additionné de vitamines et ou des régulateurs de croissance dont Benzyle Adénine (BA). Pour étudier l'effet du cytokinine (BA) sur la multiplication des pousses de cette variété de bananier, quatre types de milieu nommés T, C1, C2, C3 qui diffèrent par leurs concentrations en BA respectivement de 0mg/l, 0,5mg/l, 5mg/l et 10mg/l, ont été testés. Chaque expérience a été répétée 4 fois, à raison d'un explant par bocal. Les manipulations ont été faites sous hotte à flux laminaire. Les cultures ont été placées dans une salle de culture, à conditions contrôlées à une température de 25°C et sous une intensité lumineuse de 3000lux et de photopériode de 16h de lumière et 8h d'obscurité.

Un suivi journalier a été effectué au bout de quatre semaines. Des observations et des mesures ont été effectuées au cours de ces suivis. Quatre répétitions ont été faites pour chaque traitement. Les paramètres d'évaluation sont :

- La croissance en hauteur de chaque vitroplant
- Le nombre moyen de pousses nouvellement formées
- Le nombre moyen de feuilles sur le vitroplant

Le nombre moyen de racines formées

c) Analyses statistiques

Toutes les données ont été analysées statistiquement avec le logiciel « XLSTAT », version 2015 avec lequel l'analyse de la variance (ANOVA) a été effectué et à chaque fois qu'il existe des différences significatives, les moyennes ont été séparées. Les résultats sont représentés par les moyennes \pm les écarts types (SE).

RESULTATS ET INTERPRETATIONS

I. Effets de Benzyle Adénine (BA) sur la croissance en hauteur des vitroplants

D'après la figure 1, la hauteur moyenne des vitroplants enregistre une différence significative. Le milieu de culture, sans régulateur de croissance, a favorisé l'élongation maximale des vitroplants. Une longueur moyenne de 4,3cm a été enregistrée au bout de 4 semaines de culture dans ce milieu.

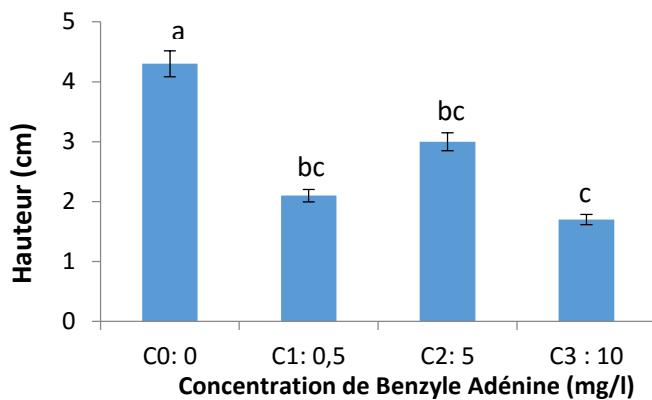


Figure 1 : Hauteur moyenne des vitroplants en fonction de la concentration en Benzyle adénine après 4 semaines de culture

BA : Benzyle Adénine ; C0 : MS+0mg/l de BA ; C1 : MS+0,5mg/l de BA ; C2 : MS+5mg/l de BA ; C3 : MS+10Mg/l. Les histogrammes suivis de lettres différentes présentent une différence significative d'après le test de Newman et Keuls au seuil de 5%.

II. Effet de Benzyle Adénine (BA) sur le nombre moyen de feuilles

Le nombre moyen de feuilles produites par vitroplant n'est significativement pas différent, quelle que soit la concentration en Benzyle Adénine utilisée (figure 2)

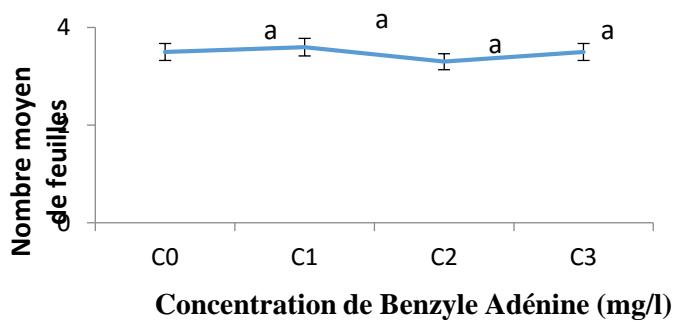


Figure 48 : Nombre moyen de feuilles produites par vitroplant par mois selon la concentration de Benzyle Adénine

BA : Benzyle Adénine ; C0 : MS+0mg/l de BA ; C1 : MS+0,5mg/l de BA ; C2 : MS+5mg/l de BA ; C3 : MS+10Mg/l

Les histogrammes suivis de lettres différentes présentent une différence significative d'après le test de Newman et Keuls au seuil de 5%

III. Effet de Benzyle Adénine (BA) sur la prolifération des pousses

Le nombre moyen de pousses par vitroplant diffère significativement, en fonction de la concentration en BA. La concentration optimale de BA pour la prolifération des pousses est de 5mg/l. Le nombre moyen maximum de pousses y est de 6 par explant (figure 3).

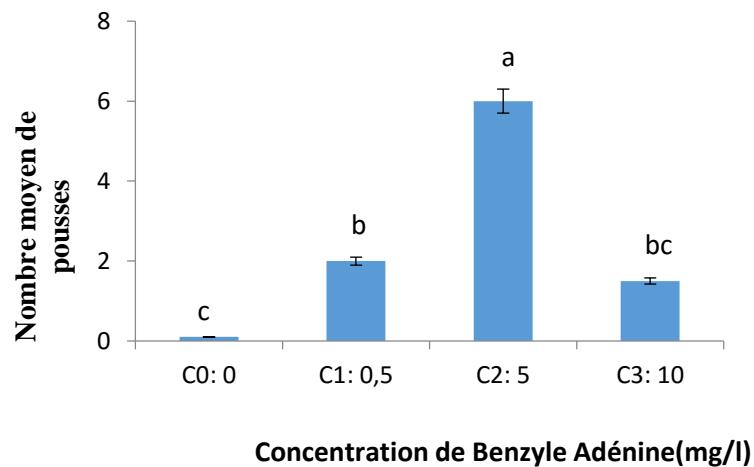


Figure 3 : Nombre moyen de pousses en fonction de la concentration en BA

BA : Benzyle Adénine ; C0 : MS+0mg/l de BA ; C1 : MS+0,5mg/l de BA ; C2 : MS+5mg/l de BA ; C3 : MS+10Mg/l

Les histogrammes suivis de lettres différentes présentent une différence significative d'après le test de Newman et Keuls au seuil de 5%

III.1 Effet de Benzyle Adénine (BA) sur l'enracinement des vitroplants

Les résultats moyens de l'enracinement des vitroplants selon la concentration en BA sont représentés par la figure 4.

Une différence significative a été constatée entre le nombre moyen de racines formées des vitroplants cultivé en milieu C0 (4,4) et celui des vitroplants cultivés en milieu C3 (0,5).

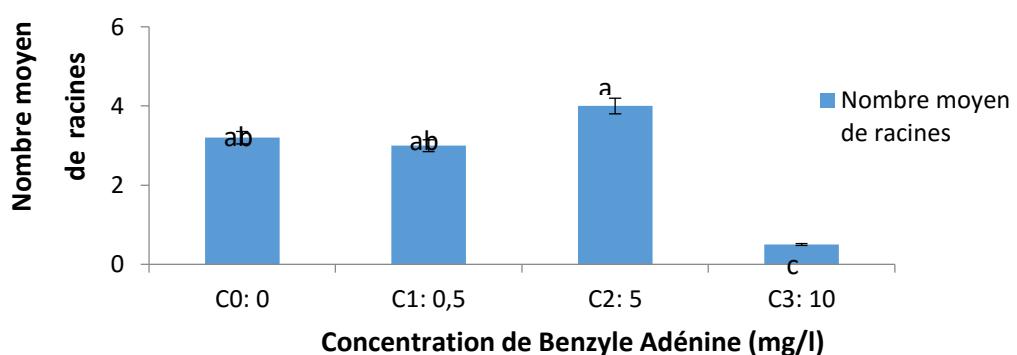


Figure 49 : Nombre moyen de racines produites par les vitroplants par mois en fonction de la concentration de BA

BA : Benzyle Adénine ; C0 : MS+0mg/l de BA ; C1 : MS+0,5mg/l de BA ; C2 : MS+5mg/l de BA ; C3 : MS+10Mg/l

Les histogrammes suivis de lettres différentes présentent une différence significative d'après le test de Newman et Keuls au seuil de 5%

CONCLUSION

Les milieux de culture les plus favorables, pour l'élongation et la prolifération maximale des vitroplants de cette variété Grande naine, ont été identifiés. Il s'agit du milieu de culture de base de Murashige et Skoog, 1962 additionné de vitamines et de 5 mg/l de Benzyle Adénine. Une hauteur moyenne de 4,3cm avec 6 pousses par vitroplant y a été obtenue au bout de 4 semaines. Par conséquent, l'objectif spécifique d'optimiser les concentrations de régulateur de croissance dont le Benzyle Adénine (BA) appropriées pour la multiplication *in vitro* de ces deux variétés de banane est atteint.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAKRY ET AL. 1997, Les bananiers. In: Charrier A., Hamon S., Jacquot M. & Nicolas D., eds. L'amélioration des plantes tropicales. Montpellier, France : CIRAD/137p
- CIRFA, 1992 : Chambre d'Agriculture Réunion : La culture du Bananier à l'Ile de la Réunion
- FERRY, M., BOUGUEDOURA, N. et EL HADRAMI, I., 1998. Patrimoine génétique et technique de propagation *in-vitro* pour le développement de la culture du palmier dattier. Numéro spécial oasis. Sècheresse 9(2):139-146.
- Http //:1: <http://www.balademalgache.com/la-banane/>
- LASSOUDIERE, A. 2007. Le bananier et sa culture. Versailles, France : Éds. Quæ.p384.
- MAEP, 2004..Filière Banane. Fiche n° 101 .9p.
- MEMENTO DE L'AGRONOMIE, 1984 : Nouvelle édition. République Française. Ministère de la Coopération. 298p
- RAMAMONJISOA ET SERGE FRANÇOIS, 2005 : FICHES HUBERT/BDPA Lycée Agricole Ambatobe. Banque de Données/SPRSE/DRDR/Antsiranana. 102p
- SEMAL. J., 1998. Reproduire à l'identique : Mythe et réalité. Cahier Agriculture 7: 6-8p.
- YOUNGBI, E., NGAHA, D., 2004. Expression *in vitro* des capacités organogènes des bourgeons axillaires chez le bananier plantain (*Musa spp.*). In Fruits, vol. 59, Cirad/EDP Sciences. BP 832, Douala, Cameroun. p. 241-248.

40. Micropagation *in vitro* de vanillier « *Vanilla planifolia* » aux perspectives industrielles et socio-économiques à Madagascar

RAVONIARISON Nivohanintsoa E, *DINAHARILALA Mamistraka T.G ; *RAKOTOARISOA Léon François

*Laboratoire de physiologie végétale, Faculté des Sciences Antananarivo

RESUME

Les plantations de vanille à Madagascar couvrent une superficie de 62 500ha. La densité de plantation est de 2000 plants par ha et la quantité totale de plants de vanille nécessaire est de 123 millions. La récolte débute à la troisième année et le rendement commence à diminuer à la dixième année. En conséquence, il est recommandé de remplacer au moins 10% des plantations chaque année. Le besoin annuel de plants de vanille est donc de 12 millions. Nos objectifs pour la culture *in vitro* de vanillier sont de rechercher des méthodes, d'une part, pour la production et la multiplication rapide des variétés de vanille de bonne qualité, et d'autre part, pour fournir de plants indemnes de maladies. Les explants utilisés proviennent du cultivar « *Vanilla planifolia* », issus des bourgeons apicaux et axillaires. Des tests de stérilisation de surface, avec les concentrations de 5% et 7% et la durée de trempage de 10 ou 15mn dans l'hypochlorite de calcium (CaOCl₂) ont été effectués. La multiplication et la rhizogenèse ont été établies sur le milieu MS, additionné de régulateurs de croissance BA (0,5 à 3mg/l) et/ou AIB (0 à 0,5mg/l) ou de lait de coco vert (15%). D'importants résultats relatifs à la maîtrise de ces techniques ont été enregistrés actuellement. Il ressort de ce travail que la dose de CaOCl₂ à 7% ; durant 10mn a assuré une décontamination totale de la culture avec un taux de viabilité des explants de 100%. L'application de BA à une dose de 3mg/l et 0,1mg/l d'AIB a permis d'obtenir en moyenne 4 pousses par explant par mois chez cette espèce. Le milieu de culture dépourvu de régulateurs de croissance a été favorable à l'élongation des pousses. L'ajout de lait de coco vert 15% dans le milieu de culture a permis d'obtenir le meilleur taux d'enracinement de 2 racines vigoureuses/explant/mois.

Mots clés : Vanille, culture *in vitro*, Madagascar, production, vitroplant

INTRODUCTION

Environ 80% de la vanille produite dans le monde proviennent Madagascar qui devrait en exporter environ 2 000 tonnes en 2017, contre 1 500 en 2015. La Région de SAVA produit 85% de la vanille malgache, depuis 1984.

Les plantations de vanille à Madagascar couvrent une superficie de 62 500 ha, avec une densité de plantation de 2000 plantes par ha (FAOSTAT 2012). La quantité totale de vanille s'élève à 125 millions. En conséquence, le besoin annuel de plantes de vanilliers est supérieur à 12 millions. D'un autre côté, le rendement en vanille débute à 2-3 ans et commence à se détériorer à la 10^{ème} année. Il est ainsi recommandé de remplacer 10% des plantations chaque année.

Sur le marché international, depuis deux ans, les cours de la vanille ont explosé, passant de 65 euros le kilo en 2014 à 205 euros en 2015, et en 2017, il est autour de 400 euros. Néanmoins, les niveaux de prix et de qualité de la vanille malgache sont inversement proportionnels. Le taux de vanilline, qui garantit la qualité des gousses, est passé de 1,8% en 2014 à 1,2 % en 2015 et de 0,98%, pour cette année 2017.

Plusieurs facteurs expliquent cette dégradation de la qualité, d'une part, les gousses de vanille ont été récoltées bien avant qu'elles n'arrivent à maturité par peur de voir les prix s'effondrer. Or le taux de glucovanilline, qui donne la qualité aromatique, se développe de façon exponentielle, dans les dernières semaines du cycle, soit entre juin et août. L'autre motif qui pousse les cultivateurs à vendre leurs gousses avant l'heure est la crainte des vols sur les plantations. En outre, depuis presque une décennie et à cause de l'émergence de maladies phytosanitaires qui touche la plupart de cultures agricoles malgaches, la productivité ainsi que la qualité de la vanille Malgache ne cesse de diminuer.

Ces problèmes préoccupants nous ont incités à apporter notre contribution scientifique, en vue de multiplier intensivement *in vitro* de vanillier sain et de bonne qualité.

La meilleure méthode pour la multiplication rapide de variétés de vanille supérieure, en vue de répondre aux besoins en plants pour les producteurs, ainsi que de préserver du patrimoine local, en variété de vanilliers, est la micropropagation ou la propagation par culture tissulaire *in vitro*

MATERIELS ET METHODES

Les explants utilisés proviennent du cultivar « *Vanilla planifolia* », constitués par des vitroplants issus des bourgeons apicaux et axillaires. La source génétique existante cultivée *in vitro* est parmi les variétés développées par le FOFIFA, depuis 20 ans, ainsi que des clones exceptionnels sélectionnés par les producteurs de vanille.

Des tests de stérilisation de surface selon la concentration (5% et 7%) et la durée de trempage des explants (10 ou 15mn) au CaOCl₂ ont été effectués sur les explants de ce cultivar.

L'étude sur la croissance, la multiplication et la rhizogenèse ont été établies sur le milieu MS/2 additionné de régulateurs de croissance BAP de concentrations variant de 0,5 à 3mg/l et/ou AIB de 0 à 0,5mg/l et/ou 15% du lait de coco vert.

Les compositions des milieux de culture sont résumées dans les tableaux 1, 2, et 3

Tableau 1 : composition de milieu de culture pour la croissance des vitroplants de *Vanilla planifolia*

Type de milieu	V0	V	V1	V2	V3
Concentration de régulateurs de croissance (mg/l) et/ou en lait de coco vert (ml/l)	0	[LCV]=150	[BA]=0,5; [IBA]=0,5	[BA]=1,5 [IBA]=0,3	[BA]=3; [IBA]=0,5

Tableau 2 : Composition de milieu de culture pour la multiplication des pousses de *Vanilla planifolia*

Type de milieu	V0	V1	V2	V3
Concentration de régulateurs de croissance (mg/l) et/ou en lait de coco vert (ml/l)	0	[BA]=0,5; [IBA]=0,5	[BA]=1,5 [IBA]=0,3	[BA]=3; [IBA]=0,5

Tableau 3 : Composition de milieu de culture pour la rhizogenèse de *Vanilla planifolia*

Type de milieu	V0	V	V1	V2	V3
Concentration de régulateurs de croissance (mg/l) et/ou en lait de coco vert (ml/l)	0	[LCV]=150	[BA]=0,5; [IBA]=0,5	[BA]=1,5 [IBA]=0,3	[BA]=3; [IBA]=0,5

Ces différents milieux additionnés de 3% de saccharose sont solidifiés avec 0,8% d'agar agar. Le pH du milieu de culture est ajusté à 5,5 avant l'autoclavage à 120°C pendant 20 minutes

Les cultures sont placés dans une chambre à 25°C, sous une intensité lumineuse de 2500 Lux et une photopériode de 16 heures / 8heures

A l'issue de l'expérimentation, le taux de contamination, taille moyenne des pousses, le nombre moyen des pousses par *vitroplant* ainsi que les taux d'enracinement ont été évalués. L'exploitation des résultats a été effectuée à l'aide de logiciel « r » 2009, version 3.1.2 GUI.

RESULTATS

I-1 Taux de contamination des explants

La dose de CaOCl₂ à 7% durant 10mn a assuré une décontamination totale de la culture avec un taux de viabilité des explants de 100%

I- 2 Taille moyenne des pousses

Concernant la taille moyenne des pousses, les résultats sont consignés dans la figure 1

Le milieu de culture dépourvu de régulateurs de croissance mais pourvu de 150ml/l de lait de coco vert a été favorable à l'elongation des pousses atteignant de 5cm au bout de 4 semaines

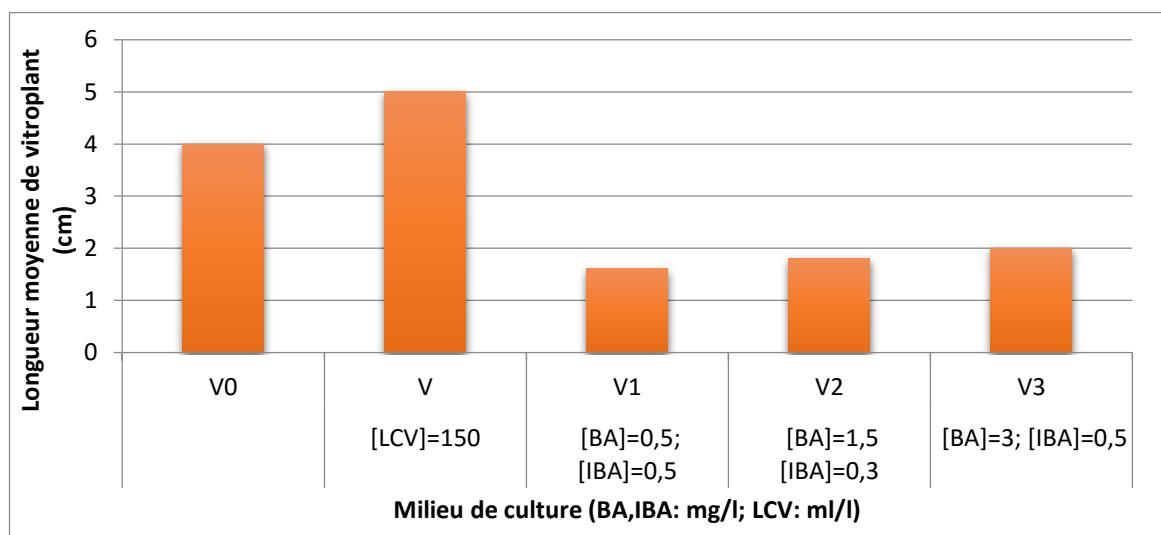


Figure 1 : Taille moyenne de vitroplant en fonction de la composition en BA, IBA et de lait de coco vert

I-3.Taux de multiplication des pousses suivant les types de milieu

Selon la figure 2, le nombre de pousses produit par explant augmente avec la concentration de régulateur de croissance BA et d'IBA. Il atteint son maximum (en moyenne, 4 par explant) dans le milieu additionné conjointement de 3mg/l de BA et de 0,5mg/l d'IBA.

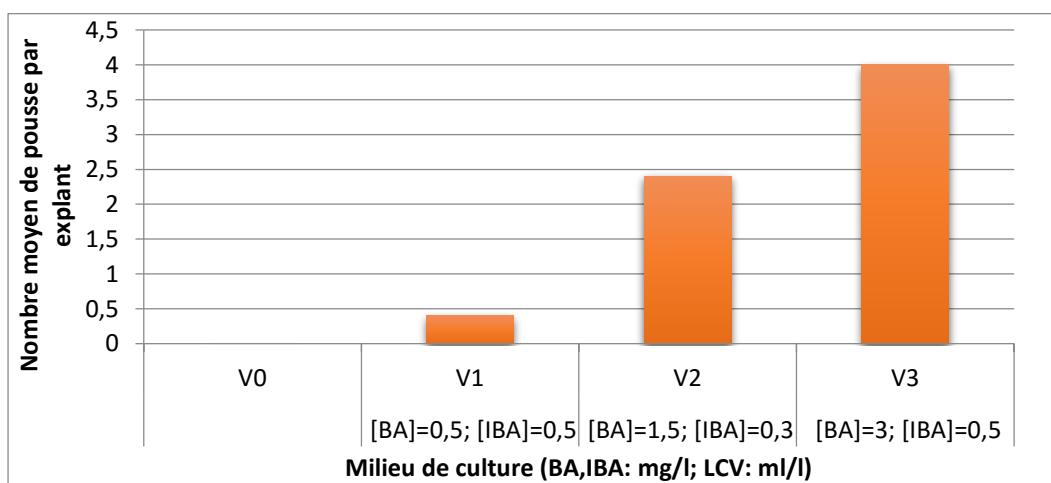


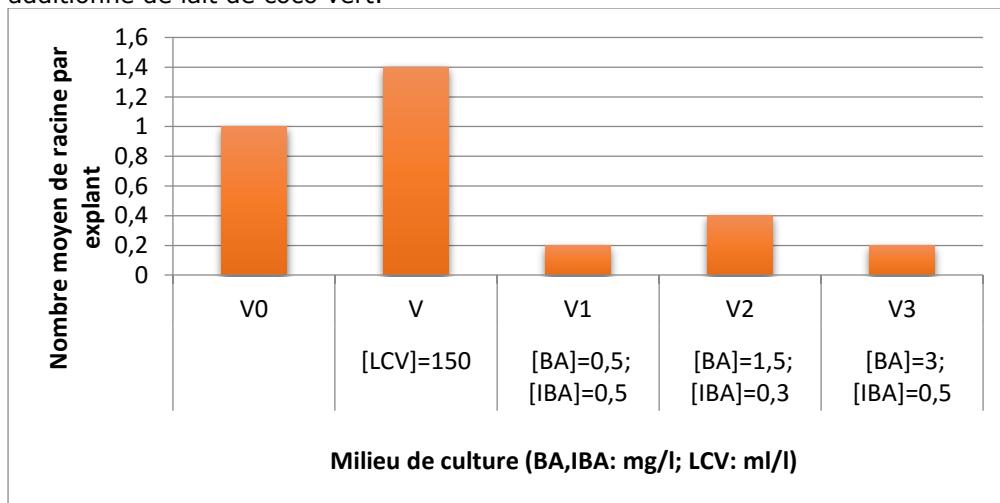
Figure 2 Nombre moyen de pousses en fonction de la concentration de régulateurs de croissance BA et IBA

III- 3 taux d'enracinement

La figure 3 montre les effets des différentes concentrations de combinaison de BA et d'IBA dans le milieu de culture sur la rhizogenèse.

Le milieu sans régulateur de croissance ou milieu témoin (V0) et le milieu pourvu de 150ml/l de lait de coco vert favorisent l'enracinement des pousses de *Vanilla planifolia* avec les nombres moyens respectifs de 1 et 1,4 racines par vitroplant.

La combinaison des régulateurs de croissance BA et IBA dans le milieu de culture induit la formation des racines mais ces dernières sont moins nombreuses que celles produits dans le milieu témoin et le milieu additionné de lait de coco vert.



CONCLUSION

Dans le but de trouver la meilleure combinaison de régulateurs de croissance pour la croissance, la prolifération rapide des pousses et l'enracinement in vitro de *Vanilla planifolia*, trois concentrations de BA et IBA utilisées en combinaison, et en présence ou non de lait de coco vert à 15% ont été testées. Le milieu dépourvu des régulateurs de croissance et de lait de coco a été utilisé comme témoin.

Il ressort, de cette étude, l'effet favorable du lait de coco vert sur la croissance avec une taille moyenne de 5cm au bout de 4 semaines et l'enracinement des pousses de 2 racines vigoureuses/explant/mois en moyenne de *Vanille planifolia*. Pourtant, l'absence des phytohormones dans le milieu de culture sur la rhizogenèse et l'élongation des pousses, est faible. Ce qui justifie l'apport nécessaire des régulateurs de croissance dans le milieu de culture. Concernant le milieu de multiplication des pousses de ce cultivar, l'application de BA à une dose de 3mg/l et 0,1mg/l d'AIB a permis d'obtenir en moyenne 4 pousses par explant par mois chez cette espèce

En effet, à l'instar de la micropropagation de *Vanilla planifolia*, la culture des tissus des différentes variétés sélectionnées représentent, sans conteste, un outil puissant aux perspectives industrielles et économiques importantes

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- El Kbiach M. L., Lamarti A., Badoc A. 2002. Culture *in vitro* des bourgeons axillaires de Chêne Liège (*Quercus suber L.*). Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 141: 73 – 88.
- FAOSTAT 2012: database collections. Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <http://faostat.fao.org>
- http://www.lemonde.fr/afrique/article/2017/01/05/vanille-de-madagascar-le-gout-amer-de-la-speculation_5058316_3212.html#RgX5crwARXStXdux.99
- <http://www.inrp.fr/Acces/biotic/morpho/html/Cytokinines.htm>
- Margara J. 1989. Bases de la multiplication végétative, les méristèmes et l'organogenèse. INRA, Paris, p 260.
- Murashige T. et Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassay with Tobacco tissue cultures. Physiol. Plant, 15: 473 – 497

41. Influences du séchage direct et indirect sur la valeur nutritionnelle, la capacité antioxydante et les propriétés organoleptiques de *Curcuma longa*

Lalao Valérie RAZAFINDRATOVO-ANDRIAMANAMISATA, Mirana Ramarojaona RANIVOARIMALALA, Dr Vonimanitra RAZAFINDRAZAKA, Ibrahim SAÏD, Pr. Charlotte RALISON

(LABASAN, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo)

RESUME

Le curcuma est une plante herbacée rhizomateuse vivace et, de ses rhizomes réduits en poudre est extraite l'épice homonyme. Il possède des vertus curatives et préventives importantes et est connu pour sa richesse en propriétés anti-oxydantes. La production de curcuma, située principalement dans la région de Brickaville a pris de l'ampleur à Madagascar depuis une trentaine d'années, où il est consommé de façon courante comme base de carry. Depuis quelques années la filière curcuma est soutenue par le PPRR (Programme de Promotion des Revenus Ruraux) du FIDA dans la région de Toamasina.

Une recherche a été menée sur les modalités de séchage solaire du rhizome de *Curcuma longa*, selon deux méthodes : la méthode traditionnelle du séchage solaire direct utilisée par les producteurs et celle réalisée au moyen d'un séchoir indirect fourni par l'ONG- Boara. Les variations des teneurs en nutriments et de la capacité antioxydante du rhizome dans les deux types de séchoir au cours du séchage ont été suivies. Le but de l'étude est de déterminer l'influence du type de séchage sur la valeur nutritionnelle et la capacité antioxydante des rhizomes séchés.

Pour les deux méthodes de séchage, les paramètres observés sont la durée, la température et l'humidité finale.

La teneur en matière sèche est estimée par dessiccation de l'échantillon à l'étuve à $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ jusqu'à l'obtention d'une masse constante, la teneur en lipides est déterminée après extraction des matières grasses à l'hexane, et la teneur en protéines par la méthode de Kjeldahl.

Les résultats obtenus montrent une efficacité plus grande du séchoir indirect. En effet, les produits séchés avec le séchoir « Boara » ont des humidités finales plus faibles (6,37%) que ceux séchés à l'air libre (7,53%). Le séchoir indirect « Boara » permet également des durées de séchage plus courtes. Il permet, par ailleurs, une meilleure préservation des biomolécules et de la capacité antioxydante des échantillons étudiés. L'épluchage améliore le goût et l'odeur et donne des produits mieux appréciés.

Mots clés : curcuma, séchage, séchoir Boara, valeur nutritionnelle, capacité antioxydante,

Madagascar possède plus de 12 000 espèces végétales. C'est une richesse qui a une part importante quant au développement rapide et durable si elle est bien exploitée et bien gérée. Le curcuma est une épice connue pour ses effets bénéfiques comme antioxydant et pour sa richesse en micronutriments. En Afrique de l'Est et à Madagascar, l'épice aurait été introduite au VIII^e siècle par la voie commerciale (Lahatsaravita, 2003). Le rhizome de *Curcuma longa* est conservé par séchage, puis réduit en poudre pour faciliter son utilisation. Traditionnellement, les Malgaches utilisent la chaleur du soleil pour sécher et déshydrater les denrées alimentaires périssables, pendant les périodes de récolte, en vue de les conserver pour une consommation ultérieure. Le séchage direct, tel qu'il est pratiqué, peut être largement amélioré, dans le but d'une meilleure conservation des propriétés nutritionnelles des aliments. En effet, selon la méthode de séchage étudiée, il peut y avoir des pertes en nutriments et en antioxydants plus ou moins importantes. Depuis quelques années, le Laboratoire de Biochimie Appliquée aux Sciences de l'Alimentation et à la Nutrition (LABASAN, de la Faculté des sciences de l'Université d'Antananarivo) s'intéresse à la conservation par séchage des aliments. Les techniques de séchage améliorées ont pour but de conserver au maximum les éléments nutritifs présents dans les aliments : l'ONG Boara a fourni ainsi le séchoir (séchage indirect) utilisé dans cette étude ou l'influence du séchage direct ou indirect sur la valeur nutritionnelle, la capacité antioxydante du *Curcuma longa* sera déterminée.

GENERALITES

I. Position systématique du Curcuma

Selon la classification systématique de Carl Von Linné, les taxonomies caractéristiques du *Curcuma longa* sont les suivantes :

Règne	: Plantae
Division	: Magnoliophyta
Classe	: Liliopsida
Ordre	: Zingiberales
Famille	: Zingiberaceae
Genre	: <i>Curcuma</i>
Espèce	: <i>longa</i>

Les noms vernaculaires de *Curcuma longa* en malgache varient selon les ethnies : *Gingisy* ou *Gingiza* pour les Sakalava et Antakarana ; *Tamotamo* pour les Betsimisaraka, Merina, Betsileo, Tanala; *Vazas* pour les Betsileo ; *Vogotany* pour les Sakalava.

II. Séchage

La technique de séchage est connue comme la plus ancienne utilisée pour la conservation des denrées alimentaires. C'est une technique pour laquelle le facteur le plus important est la température (chaleur), qui, appliquée au produit solide, provoque une déshydratation de l'aliment

Le séchage se fait par le soleil, et peut être fait directement (à l'air libre) ou indirectement (utilisation de séchoir).

a-Séchage solaire direct

C'est un séchage naturel où le soleil et l'air frappent directement les produits, sans contrôle ou favorisation particulière. Les produits sont posés, soit sur des claies, soit sur des nattes ou même laissés sur le sol. Les rayons du soleil frappent directement les produits dans des séchoirs. (Rozis, 1995)

b-Séchage solaire indirect

Il est composé d'un collecteur qui recueille l'énergie solaire et d'une enceinte de séchage séparée qui abrite les produits à sécher au soleil. Le séchoir que nous avons utilisé pour cette étude, est de ce type.

MATERIELS ET METHODES

I. Collecte du matériel végétal

La collecte de rhizomes de *Curcuma longa* a été effectuée à Beforona, région Est de Madagascar, au mois de Juin 2014. Les échantillons ont été collectés sur un même champ, afin d'éviter les variations liées aux conditions édaphiques et climatiques. 50kgs de la même espèce sont récoltés et mis dans des sacs en jute à une température assez basse, pour éviter la dessiccation.

La préparation de la poudre suit les étapes suivantes : triage, lavage, pesage, épeluchage, tranchage, séchage direct ou indirect, puis broyage dans un moulin (Blender Robot coupe : GT 500). Les poudres de *Curcuma* sont ensuite mises dans des contenants en plastique fermés hermétiquement pour être préservées de l'oxydation de l'air.

Cinq échantillons sont étudiés :

- Poudre de *Curcuma* épeluchée et séchée à l'air libre (SE)
- Poudre de *Curcuma* épeluchée et séchée au séchoir Boara (BE)
- Poudre de *Curcuma* non épeluchée et séchée à l'air libre (SNE)
- Poudre de *Curcuma* non épeluchée et séchée au séchoir Boara (BNE)
- Poudre de *Curcuma* acheté au marché (T)

Les valeurs nutritionnelles et la capacité antioxydante, obtenues d'un côté par séchage direct et d'un autre par séchage indirect, sont mesurées et comparées pour différents types d'échantillon.

II. Valeur nutritionnelle

La détermination des teneurs en eau est effectuée à l'aide d'une dessiccation à l'étuve de l'échantillon à une température de 103°C jusqu'à ce que le poids reste constant (AFNOR 1993, Norme ISO 712).

La teneur en protéines est déterminée par la méthode de Kjeldhal (AFNOR 1993).

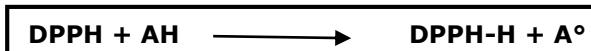
Les lipides sont dosés par gravimétrie en utilisant le n-hexane comme solvant, extraction au Soxhlet (NFV 03-908, 1998).

Les cendres sont mesurées par calcination à 550°C.

Les teneurs en glucides sont déduites par différence, les valeurs énergétiques sont obtenues en tenant compte des coefficients d'Atwater de chaque nutriment (Greenfield et Southgate, 1992).

III. Mesure de la capacité antioxydante par le radical DPPH

La méthode utilisée est celle décrite par Serpen et al (2007), modifiée par Ranovona (2012). Le 2,2-diphénol-1-picrylhydrazyl (DPPH[•]) est un radical stable et coloré, qui est centré sur l'azote. Ce produit a un maximum d'absorption dans le visible qui se situe entre 515-517 dans le méthanol et l'éthanol. La réduction du DPPH par un donneur d'atome H (AH) conduit à la 2,2-diphénols-1-picrylhydrazine incolore (DPPH-H) et au radical (A[•]).



(AH) représente un composé capable de céder un hydrogène radial DPPH (violet), pour le transformer en diphényle picrylhydrazine (jaune). Un antioxydant est capable de dégrader le radical DPPH ; c'est-à-dire donner un électron singulet au radical synthétique DPPH de coloration violette pour le stabiliser en DPPH de coloration jaune-verte. Cette propriété nous permet de mesurer la capacité antioxydante de nos échantillons en quantifiant la diminution et l'absorption de la solution de DPPH à 517nm.

RESULTATS

I. Variation de la température lors du séchage du Curcuma non épluché

Le tableau 1 présente les températures relevées toutes les 3 heures, pendant la période de séchage. L'essai a commencé à 8 h du matin et a duré 36 h d'exposition en plein air et 33 h dans le séchoir, temps nécessaires pour obtenir des poids constants des produits séchés.

Tableau 1: Variation de la température dans le séchoir Boara et en plein air au cours du séchage des échantillons non épluchés

Heure	8	11	14	17	20	23	2	5	8	11	14	17	20
Durée (heure)	0h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h	24h	27h	30h	33h	36h
BNE(T en °C)	17	40	54	35	22	18	15	13	11	18	42	55	39
SNE (T en °C)	15	27	41	30	28	15	12	11	11	16	38	43	33

II. Variation de la température lors du séchage du Curcuma épluché

Les températures enregistrées au cours du séchage des produits épluchés sont présentées dans le tableau 2

Tableau 2 : Variation de la température dans le séchoir Boara et en plein air au cours du séchage des échantillons épluchés

Heure	8	11	14	17	20	23	2	5	8	11	14	17	20
Durée (heure)	0h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h	24h	27h	30h	33h	36h
BE (T en °C)	16	40	55	37	22	19	17	13	11	17	43	52	48
SE (T en °C)	13	28	41	32	25	15	13	11	11	14	39	41	34

III. Valeur nutritionnelle

Les valeurs nutritionnelles des poudres séchées des différents échantillons sont comparées après des études statistiques globales et sont données dans le tableau 3. Le tableau présente les différentes teneurs avec les différences statistiques.

Tableau 3 : Valeur nutritionnelle du Curcuma longa

Echantillon	Protéines (g/100g de MS)	Lipides (g/100g de MS)	Cendres (g/100g de MS)	Provitamine A (en µg/100g de MS)	Glucides (g/100g de MS)
BNE	6,82	13,01	13,46	781,32	66,71
BE	6,70	10,37	7,41	795,51	75,61
SNE	5,51	9,03	10,83	669,19	74,61
SE	5,07	8,69	6,26	789,68	79,97
T	3,53	7,93	4,26	612,87	84,4
	P>0,05	P>0,05	P<0,05	P>0,05	P>0,05

*moyenne des résultats réalisés en double

Il ressort de ce tableau que les différences statistiques ne sont pas significatives sauf pour les teneurs en cendres (valeur de P<0,05)

IV. Comparaisons statistiques de la valeur nutritionnelle selon le type de traitement et le type de séchoir

Après les analyses statistiques de comparaison de chaque produit sur le type de traitement (épluché ou non) et le type de séchoir (direct ou indirect), les résultats présentés dans le tableau 4 sont obtenus.

Tableau 4: Analyse de variance des teneurs en nutriments en fonction du type de traitement et du type de séchoir

Nutriments	Type de séchage	Traitement
Protéines	P>0,05	P>0,05
Lipides	P<0,05	P>0,05

Glucides	P<0,05	P>0,05
Cendres	P>0,05	P>0,05

Les analyses de variance effectuées sur les teneurs en différents nutriments au cours des essais permettent de mettre en évidence que les teneurs en lipide et en glucide sont affectées par le type de séchoir. Les résultats montrent que l'utilisation du séchoir Boara a un effet favorable sur la conservation de la teneur en lipide et en glucide ($P < 0,05$). Concernant le type de traitement (l'épluchage), les différences observées ne sont pas hautement significatives sur la valeur nutritionnelle des produits.

En matière minérale, ce sont les échantillons non épluchés qui en contiennent le plus, quel que soit le type de séchoir. Les résultats montrent alors que c'est dans la peau du rhizome de *Curcuma* que se concentre une grande partie des matières minérales. D'après la littérature, le *Curcuma* contient : 230% de fer, 18% de calcium, 48% de magnésium, 3% de sodium (www.la-Nutrition.fr)

Malgré les différences observées entre les teneurs en protéines et en cendres, ni le type de séchage ni le traitement n'affecte de manière significative les teneurs observées

V. Valeurs énergétiques

Les teneurs en glucides déduites par différence et valeurs énergétiques obtenues sont données par le tableau 5 suivant.

Tableau 5 : Valeurs nutritionnelles et énergétiques des différents échantillons étudiés

Echantillon	Protéines (g% MS)	Lipides (g% MS)	Glucides (g% MS)	Valeur énergétique (kcal)
BNE	6,74	13,01	66,71	410,89
BE	6,60	10,36	75,63	422,16
SNE	5,54	9,03	74,61	401,87
SE	5,07	8,69	79,98	418,41
T	3,53	7,96	84,25	422,73

Les valeurs énergétiques se trouvent aux alentours de 410kcl et les résultats statistiques ne présentent aucune différence significative.

VI. Capacité antioxydante

La mesure a été faite sur les différents échantillons de *Curcuma* séché et les résultats sont donnés par le tableau 6

Tableau 6: Capacité antioxydante (CAO) des différents échantillons de Curcuma

Echantillons	BNE	BE	SNE	SE	T
CAO (en $\mu\text{mol TE/g MS}$)	104,3 \pm 19,29	172,9 \pm 22,85	91,2 \pm 25,4	113,4 \pm 9,36	70,48 \pm 18,92

*Moyenne \pm écart-type des résultats réalisés en triple

Le *Curcuma* acheté au marché (T), possède la valeur la plus faible : $70,48 \pm 18,92 \mu\text{mol TE/g MS}$.

La capacité antioxydante est largement plus élevée dans les poudres venant de rhizomes non épluchés.

Le type de séchage joue également : les produits séchés avec le séchoir Boara ont des capacités antioxydantes de $104,3 \pm 19,2985 \mu\text{mol TE/gMS}$ pour BNE et $172,9 \pm 22,8585 \mu\text{mol TE/gMS}$ pour BE, supérieures à celles des produits séchés directement au soleil : $91,225,4 \mu\text{mol TE/gMS}$ pour SNE et $113 \pm 9,36 \mu\text{mol TE/gMS}$ pour SE.

Ainsi le séchoir Boara conserve mieux la capacité antioxydante.

CONCLUSION

Il ressort de cette étude que le séchoir indirect Boara a permis de réduire le temps de séchage, 36h vs 33h au soleil. Une température élevée enregistrée à l'intérieur du séchoir, 50°C contre 40°C en plein air a permis cette déshydratation rapide, notamment durant la journée (8h am à 15h pm). Le fait de pouvoir emmagasiner des températures élevées est un avantage du séchoir Boara. Néanmoins, durant notre travail, il n'a pas pu montrer sa performance optimale, à cause des conditions météorologiques ayant prévalu durant ces expériences.

Pendant la nuit des températures assez basses sont enregistrées et sont l'origine d'égorgement d'eau par les échantillons provoquant un ralentissement de déshydratation.

Il est à noter que vues les différences remarquables de température au cours de la période d'ensoleillement et l'évolution de la vitesse de la matière sèche (presque égale) dans les deux types de séchoir, il est aussi à prendre en considération l'effet déshydratant de l'air ambiant (séchoir direct).

Références bibliographiques

- 1-AFNOR, 1993. 663p AFNOR. Contrôle de qualité des aliments : *Méthodes d'analyses officielles*, 1ère Ed.
- 2- LAHATSARAVITA Bonheur Arthur ; 2003 : 1, Etude comparative des compositions chimiques des huiles essentielles de feuilles et de rhizomes de *Curcuma longa L.* Approche biogénétique, synthèse biomimétique de certains composants. 2, contrôle qualité : espèces à potentialité économique de la région de Fianarantsoa.
- 3- ROZIS J. F, 1995. Sécher des produits alimentaires : techniques, procédés, équipements, Collection "Le point sur". France : GRET, Ministère de la coopération, CTA, p344.

webographie

<http://www.lanutrition.fr>

42. Valorisation des variétés de Konoke (haricot de Lima, *Phaseolus lunatus*) dans l'alimentation de la communauté locale de la région Androy pour l'amélioration de résilience face aux chocs liés au Changement Climatique, et pour la sécurité alimentaire

RANIVOMANANA Allain

FOFIFA/DRA (Département de Recherches Agronomiques)

JUSTIFICATION

La région d'Androy est caractérisée par un climat de type tropical semi-aride à aride avec de pluviométrie annuelle très aléatoire et faible (300-400mm). Cette aridité est amplifiée par des températures toujours élevées et par des vents forts, persistants et desséchants, plus particulièrement sur frange côtière méridionale de la région (Tsiok'Atsimo et Tiomena). Malgré cela, la région est riche en ressources phytogénétiques endémiques, comme le pois du cap local ou haricot de Lima, appelé KONOKE. Une plante de la famille légumineuse (Fabacées du genre *Phaseolus*, de l'espèce *P. ocutifolus*), très adaptée dans les conditions agro-pédo-climatiques de la région Androy et appréciée par les communautés locales dans le domaine alimentaire.

OBJECTIFS

Compte-tenu de l'importance de cette culture dans différents domaines, les objectifs de notre recherche sont déterminés comme suit :

- Décrire les caractères agro-morphologiques des variétés locales prospectées, en vue d'élaborer des fiches techniques et de registre variétal.
- Identifier les paquets techniques appropriés pour surmonter les stress biotiques et abiotiques, à savoir le changement climatique, pour l'amélioration de la productivité,
- Sélectionner les variétés à meilleures propriétés organoleptiques.

Comme plante résistante à la sécheresse, l'amélioration variétale par croisement et sélection est envisagée pour les travaux de recherche avenir.

MATERIELS ET METHODE

A l'issue de la prospection locale faite par le projet FASARA/GRET dans la région d'Androy, une trentaine de variétés locales a été collectées. Des parcelles de caractérisation ont été menées par la suite dans la station de recherche et de production de semences d'Agnarafaly, district d'Amboasary durant les campagnes 2010-2012. Il s'agissait de description agro-morphologique de ces variétés en première année.

Le dispositif de bloc complet à randomisation totale avec trois répétitions sur les deux types du sol (pauvre et fertile) a été utilisé.

Comme plante rampante, l'utilisation de tuteur avec de tige de *cajanus cajan* a été testée pour une amélioration de qualité de grain et la productivité en général.

Des tests pour déterminer les propriétés organoleptiques (goût, couleur et consistance de graines) ont été faits avec des individus différents.

RESULTATS ET COMMENTAIRES

La première caractérisation agro-morphologique a permis d'établir les caractères agro-morphologiques de ces 30 variétés. Une grande variabilité a été enregistrée. Il s'agit de comportement des plantes, des caractères des différents organes : tige (port, hauteur, couleur, longueur) ; feuilles (type, pilosité, couleur, pétiole, bordure) ; fleurs (longueur racème, couleur) ; gousse (forme, couleur, loge, déhiscence, nombre) ; graine (forme, couleur, nombre/gousse, poids 1000grains, productivité).

Les résultats des deux campagnes de caractérisation et l'étude de comportement des variétés, ainsi que des tests organoleptiques montrent :

Une grande variabilité de rendement entre les variétés étudiées (que ce soit avec ou sans tuteur : 350 à 950kg/ha contre 300 à 900kg/ha) ;

La production de six variétés est très marquée (n° 4, 9, 14, 17 et 29 avec un rendement respectif 755/745, 850/800, 800/700, 950/900, 875/800kg/ha avec et sans tuteur), or les variétés suivantes : *Mamy, Mafiry, Soamaso, Matsaotsaoka, Atolinkibo* sortent du lot par les bons caractères, dans les variables étudiées ;

L'amélioration de production (qualité et quantité de grain), par utilisation de tuteur est significativement marquée dans l'ensemble des variétés. Elle est dans l'ordre de 7 à 10% ;

Au regard du cycle végétatif, aucune différence significative n'est observée entre les variétés étudiées. Il varie de 150 à 165 jours.

Du point de vue caractères organoleptiques (couleur, forme, goût du grain), ces trente variétés présentent également une large variabilité. La sélection faite par les consommateurs locaux sur ce point de vue, goût surtout, doit tenir en compte dans le processus de diffusion d'une telle variété. La sélection de ces cinq variétés ci-dessus est confirmée par leur meilleure appréciation, tandis que le reste a un goût semi-amère, ce qui nécessite un traitement complémentaire avant de consommer.

CONCLUSION

Vu les propriétés exceptionnelles de la plante Konoke face au contexte local actuel, elle peut avoir une grande opportunité, pour l'avenir du développement rural, dans la région marginale d'Androy.

La sélection des quatre meilleures variétés de Konoke et la mise à la disposition sur le marché local sont importants, pour la lutte contre l'insécurité alimentaire de la région. La population locale a montré un grand intérêt.

La culture de Konoke présente plusieurs avantages dans différents domaines car elle est résistante à la sécheresse ; c'est une plante protectrice et améliore le sol.

Comme plante à port rampant, l'utilisation d'un tuteur (cajanus) améliore la productivité ainsi que sa qualité des grains des konoke.

Des fiches techniques ont élaborés et disponibles sur les quatre variétés sélectionnées

L'amélioration du Konoke, que ce soit par les techniques appropriées ou par création de nouvelles variétés à partir de ces matériels locales est notre perspective dans la prochaine étape.

ANNEXE 1

Figure n°1 : Rendement grain des différentes variétés: avec et sans tuteur

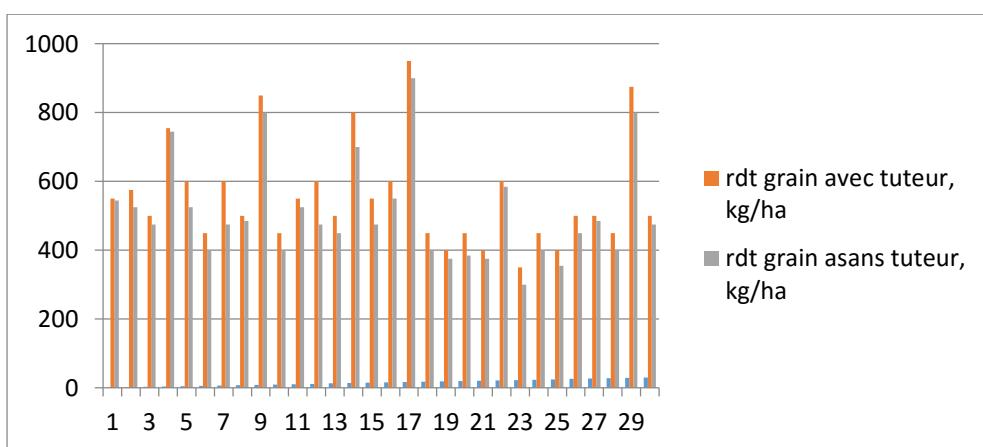
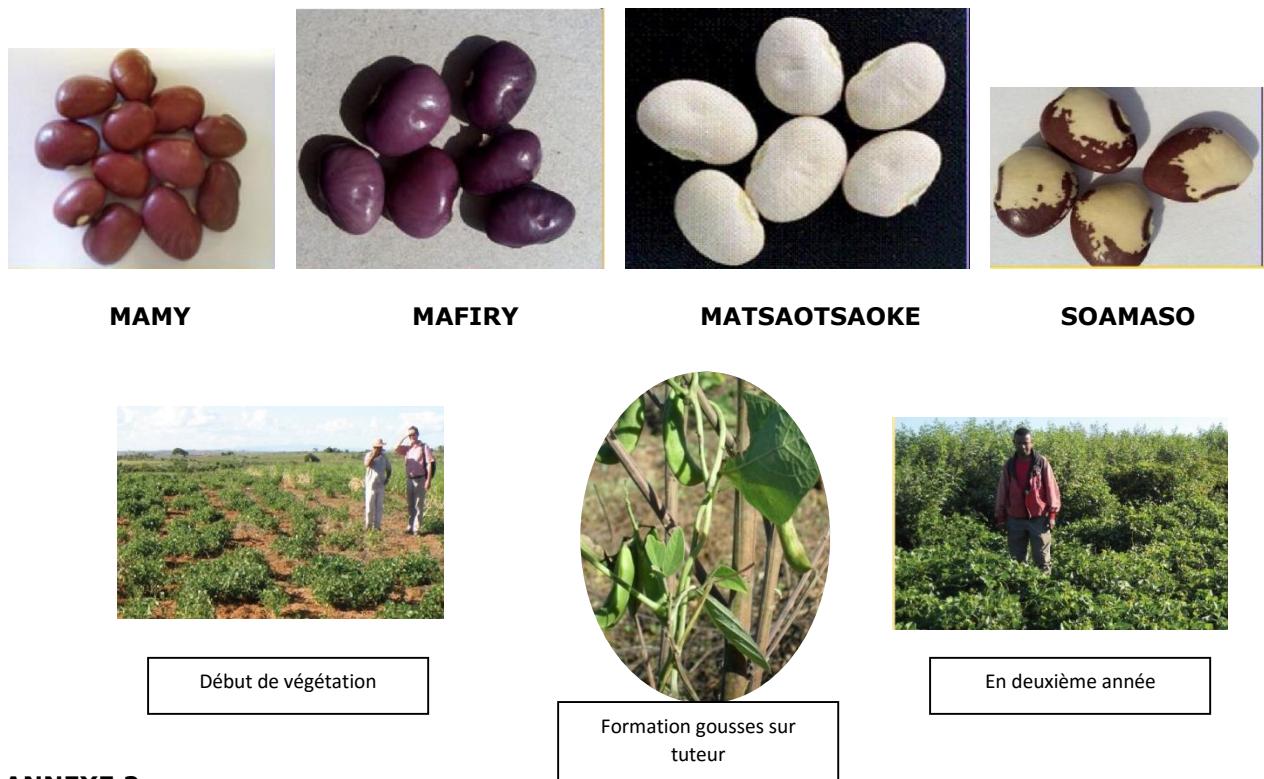


Figure n°2 : Les variétés sélectionnées



ANNEXE 2

Tableau n° 1 : Données sur les moyennes des variables étudiées

N° variété	floraison, j	maturité, j	nb gousses avec tuteur	rdt grain avec tuteur, kg/ha	nb gousses sans tuteur	rdt grain sans tuteur, kg/ha	goût	Couleur et forme de grain
1	135	160	55	550	50	545	SA	Noir Uni - P
2	85	155	65	575	55	525	A	Grenat Marbré Beige - P
3	110	165	60	500	50	475	SA	Violet Foncé Uni - L
4	75	150	80	755	75	745	SA	Rose Marbré - L
5	90	160	55	600	45	525	A	Noir Uni - P
6	95	150	45	450	40	400	SA	Beige Uni Claire - L
7	100	155	60	600	50	475	SA	Blanc a œil Noir - P
8	110	160	50	500	40	485	A	Blanc a œil Beige Claire - P
9	120	150	90	850	85	800	D	Blanc Tacheté rouge - P (SOAMASO)
10	95	150	55	450	47	400	SA	Blanc a œil Marron - L
11	110	160	60	550	52	525	SA	Noir Tacheté - P
12	120	155	70	600	60	475	D	Noir Tacheté Beige - P
13	115	165	55	500	45	450	D	Blanc a œil Rouge - R
14	60	140	80	800	70	700	D	Rouge Claire Uni - P (MAMY)
15	95	150	55	550	47	475	SA	Beige Marbré Grenat - P
16	115	150	75	600	65	550	A	Violet Tacheté - L
17	95	150	95	950	85	900	D	Violet Foncée Uni - P (MAFIRY)
18	110	150	50	450	42	400	SA	Grenat Uni - L
19	120	155	55	400	45	375	D	Violet a œil Noir - R
20	115	160	60	450	54	385	SA	Beige Uni - R
21	130	155	45	400	40	375	D	Beige Marbré Rouge - P
22	85	150	75	600	60	585	SA	Grenat Foncé Uni - L
23	95	160	55	350	45	300	SA	Blanc Uni - Rond
24	100	155	50	450	45	400	A	Blanc a œil Beige Foncé - R
25	120	150	65	400	55	355	SA	Blanc a œil Noir - P
26	100	160	55	500	47	450	D	Rouge Marbré Noir - P
27	110	155	60	500	55	485	SA	Beige Uni - P
28	115	165	45	450	38	400	SA	Beige Uni Claire - P
29	60	160	87	875	78	800	D	Blanc Uni - P (MATSAOTSAOKE)

30	120	155	55	500	40	475	SA	Blanc a Œil Marron - P
----	-----	-----	----	-----	----	-----	----	------------------------

Goût : A : amère, D : doux ; SA : semi-amère

Rdt : rendement (kg/ha)

43. Fruits : un support alimentaire et un apport économique du Sud, au Sud de Madagascar

YOUSSOUF JACKY Ibrahim Antho ¹, RASOAVOLOLONJANAHARY Myria Flore ¹, KHOJA Angelo Prisca ²

¹Faculté des Sciences. Université de Toliara, ²Département de Géographie. Faculté des Lettres et des Sciences Humaines. Université de Toliara.

Mots-clés: *Aliment, finance, fruits, Sud, Madagascar*

CONTEXTE

A cause d'une augmentation massive de la population (de 201.655 à 217.124 habitants en 4 ans), et de la baisse progressive de la production agricole par la réduction de la surface cultivable et l'instabilité des conditions physiques du milieu, la ville de Toliara souffre souvent d'une carence nutritive (KHOJA 2015). Elle réclame des apports alimentaires venant des autres régions voisines pour satisfaire les besoins des citadins dont les fruits en font partie. D'où, la présente recherche intitulée : « *Fruits : un support alimentaire et apport financier du Sud au Sud* ».

OBJECTIFS SPECIFIQUES DE LA RECHERCHE

Cette étude a pour objectif principal d'analyser le rôle socio-économique des fruits, lors des échanges commerciaux entre les citadins de la ville de Toliara et la population de Fianarantsoa. Ainsi, elle a trois objectifs spécifiques, dont (1) l'inventaire des fruits aux marchés de Toliara, issus des régions de Fianarantsoa ; (2) l'analyse des circuits commerciaux des fruits ; et enfin (3) l'évaluation des apports nutritifs et financiers des fruits suivant les besoins de Toliara.

METHODOLOGIE

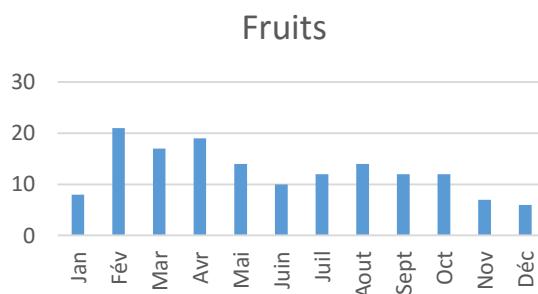
Afin d'atteindre les objectifs sus mentionnés, deux approches méthodologiques ont été menées : (i) les interviews aux personnes ressources par la Méthode Accélérée de Recherche Participative (MARP) et (ii) les observations directes, au niveau des grands points de vente et de stockage des fruits dans la ville de Toliara au cours des saisons (YOUSSOUF 2010).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

1- *Fruits aux marchés de Toliara.*

Au cours des saisons, 40 fruits sont inventoriés en total aux marchés de la ville de Toliara dont 29 fruits tropicaux et 11 fruits tempérés. Tout au long de l'année, 32 variétés se trouvent étales au marché dont leurs apparitions dépendent de la saison. Elles sont d'origine variée, selon les espèces. Certaines sont importées des régions de Fianarantsoa, de la côte Est et Sud-Ouest de Madagascar. Quelques variétés comme l'avocat, sont sur le marché durant la saison des pluies. L'arbre à pain et le jujube et autres fruits apparaissent durant la saison sèche. Cependant, certains fruits se trouvent sur le marché entre les deux saisons, tels que l'orange, la mandarine, la banane. La figure 1 ci-dessous nous montre la diversité des fruits aux marchés de Toliara le long d'une année.

Figure 1 : Diversité des fruits aux marchés de Toliara le long d'une année



2- *Circuits commerciaux des fruits.*

Les fruits rencontrés sur les marchés de Toliara peuvent être classés en 3 origines, suivant la localité des zones productrices dont les côtes Est, les hautes terres centrales et le Sud, Sud-Ouest de Madagascar. Cependant, les hautes terres centrales (Antsirabe et Fianarantsoa) sont connues parmi les fournisseurs des fruits comestibles de la ville de Toliara. Plusieurs produits venant de ces régions tels que : la pêche, l'abricot, le raisin, le kaki, la poire, l'orange, la pomme et la fraise sont en vente et dont leur transport est facilité par la route national 7. Certains produits, tels que la banane, l'avocat, l'orange, le litchi, l'ananas et le cœur de bœuf, sont bien présents sur les marchés entre le mois de mars et octobre, soit entre la fin de la saison sèche et le début de la saison de pluie. Ils sont importés des régions aux alentours de Mananjary et Manakara.

Le transport des fruits dépend de l'éloignement des régions productrices et peut être en véhicule motorisé ou non. Par mois, plus de 1.200 tonnes des fruits ravitaillent la ville de Toliara, les produits venus de Fianarantsoa prennent une importante part du marché. Ils sont stockés au sein des deux grands marchés de Toliara : Bazar SCAMA et Bazar Soanafindra. Ils arrivent deux fois par semaine, puis distribués aux marchés locaux de ville de Toliara et ceux du district environnant (Toliara II).

3- Apports nutritifs et financiers des fruits suivant les besoins de Toliara

Les consommateurs de la ville de Toliara préfèrent particulièrement les fruits frais. En plus de leurs valeurs énergétiques, ils contiennent des nutriments essentiels à la santé, comme les vitamines, les glucides, le calcium et autres éléments facteurs de croissance. De ces fruits, la banane et les oranges sont les plus recherchés. Cependant, les fruits peuvent être consommés sous des formes dérivées : jus, asséché, gelée ou confiture. Les jus naturels à base des fruits sont disponibles presque dans toutes les épiceries des quartiers.

La figure 2 ci-après nous illustre les différentes formes de la transformation des fruits aux marchés selon leurs usages.

Figure 2 : Fruits transformés selon leurs usages.



Plusieurs citadins consomment aussi les fruits et les plantes, sensés traiter certaines maladies contre la bronchite, le rhume, la fatigue chronique et la grippe. Ces notions sont héritées des ancêtres et sont transmises aux différentes générations. Tel est le cas du citron associé au miel, du gingembre ou poivre contre la grippe ou du citron mélangé avec Aloes et miel, contre les maux d'estomac. Les tradi-praticiens mélangeant les fruits parmi les ingrédients des produits qu'ils offrent aux patients.

Sur le marché, plusieurs variétés de fruit sont vendues directement par tas au sol, tels que les figues de barbarie, les pains de singe (fruit du baobab), les jujubes, les goyaves et les cucurbitacées (melon et pastèque). Selon la taille et le tas, le prix des fruits est compris entre 200 et 600 Ariary. Des autres sont exposés sur table ou suspendus sur un support comme les Bananes. A l'étalage, les fruits sont pesés ou vendus par tas dont le prix varie entre 1000 et 2000 Ariary par kilo et 400 Ariary le tas. Ce mode de vente est souvent pratiqué par les marchands des hauts plateaux.

Le commerce et la vente des fruits de la zone tempérée, comme les pêches, les pommes, les kakis et les abricots sur chariot est mobile le long des trottoirs. Le prix des marchandises varie entre 1000 et 2000 ariary et ils les pesent par kilo ou les présentent en tas.

En plus des installations aux marchés, des marchands ambulants rejoignent les blocs administratifs pour la vente des produits. Ils portent avec eux 5 à 6 variétés de fruits.

CONCLUSION

Ainsi, la filière fruits joue un rôle clé à (1) l'apport nutritif à la population de Toliara ; (2) la création directe des emplois de zone la production à Fianarantsoa et autres régions du Sud jusqu'à l'arrivée des produits aux consommateurs de la ville de Toliara et voisines ; et (3) l'augmentation des redevances à la trésorerie publique des régions concernées. En plus des apports alimentaires et financiers, la filière fruit rapproche la population des différentes régions du Sud, à travers les échanges périodiques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 2015: KHOJA Agelo Prisca. Approvisionnement en fruits de la ville de Toliara. Mémoire de D.E.A en Géographie. Faculté des Lettres et des Sciences Sociales et Humaines. Université de Toliara. 79p.
- 2010 : YOUSSEOUF JACKY Ibrahim Antho. Impacts bio-écologique de la colonisation de *Rattus rattus* sur les micromammifères autochtones de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly et forêts environnantes. Sud Ouest de Madagascar. Thèse de doctorat en Sciences Biologiques. Université de Toliara.

44. Culture de légume-fruits dans la zone périurbaine de Mahajanga : contraintes et gestion de la fertilisation

RANDRIANASOLO Jossin, RAMAHEFARISON Heriniaina

Faculté des Sciences de Technologie et de l'Environnement, Université de Mahajanga

Résumé

La culture des légume-fruits, notamment la tomate, l'aubergine, le concombre et le poivron occupe une place importante dans les zones urbaines et périurbaines de Mahajanga. La diversification alimentaire, ainsi que la création d'emploi pour les agriculteurs sont les bénéfices qu'offrent ces cultures légumières. En revanche, les agriculteurs font face à de nombreux problèmes, tels que l'appauvrissement des sols et les ennemis des cultures entre autres ; qui ont des impacts négatifs sur les rendements. L'objectif général de ce travail est d'identifier les principales contraintes de culture de ces légumes et de déterminer les formules de fumure permettant d'avoir un meilleur rendement pour la culture de la tomate et du poivron dans la zone périurbaine de Mahajanga. La méthodologie adoptée consiste à faire des inventaires des ravageurs, suivis d'enquêtes auprès des producteurs de Belobaka durant deux saisons culturales. Des expérimentations en pots, avec tests des fertilisants organiques utilisés par les maraîchers mélangés ou non avec des engrangements minéraux, ont été effectuées. Les enquêtes auprès des agriculteurs ont permis de mettre en exergue les principales contraintes de la culture de la tomate et du poivron, que sont l'eau et les ravageurs : puceron, cochenille, aleurodes, mouche de la tomate et acarien rouge. Les inventaires des ravageurs ont permis d'identifier 07 espèces, avec 480 individus inventoriés dont 05 espèces avec 123 individus pour la tomate, 06 espèces avec 133 individus pour le concombre, 05 espèces avec 194 individus pour l'aubergine et 02 espèces avec 30 individus pour le poivron. Les résultats de l'expérimentation montrent que l'utilisation du fumier de porc, associé à l'engrais minéral permet d'obtenir de bons rendements.

Mots-clés : légume-fruits, contraintes de culture, fertilisation, rendement, Mahajanga

1- Introduction

La tomate (*Solanum lycopersicum*), le poivron (*Capsicum annuum*), l'aubergine (*Solanum melongena*) et le concombre (*Cucumis sativus*) font partie des légume-fruits les plus consommés dans le monde Gry (1991). Ces légume-fruits constituent une composante des régimes alimentaires quotidiens et des sources importantes de revenus monétaires pour des nombreux producteurs Naika (2005). Ils contiennent des vitamines, des protéines et d'autres éléments nutritifs indispensables pour la santé Ferriere (2007). Dans les zones périurbaines de Mahajanga, la production de ces quatre légumes-fruits est une source importante d'emploi et de revenus monétaires. En revanche, les agriculteurs souffrent à de nombreux problèmes, notamment l'appauvrissement des sols et les ennemis des cultures qui impactent négativement leurs rendements (Dumont, 2006).

L'objectif général de ce travail est d'identifier les principales contraintes pour ces légumes et de déterminer les modalités des fumures permettant d'avoir un meilleur rendement pour la culture des légumes-fruits dans la zone périurbaine de Mahajanga. D'une manière spécifique, cette étude se focalise sur la connaissance de l'abondance des ravageurs sur les plantes cibles ainsi que leurs périodes d'apparition sur les cultures.

2- Méthodologie

2.1- Inventaires des ravageurs

Le dénombrement des ravageurs a été effectué durant deux saisons de culture dans le lac Manahira et lac Betamango commune rurale Belobaka. Pour la culture de concombre, on a fait des quadras de 1 m² et on a compté tous les insectes ravageurs. Pour les autres plantes étudiées (tomate, poivron et aubergine), 20 pieds, pris au hasard, font l'objet d'inventaire et comptage de tous les organismes nuisibles qui s'y trouvaient.

2.2- Observations sur le terrain et enquêtes auprès des producteurs

Pour avoir plus d'information, des entretiens ont été effectués auprès des agriculteurs de Mahajanga dont l'objectif est de connaître les contraintes de production de ces légumes-fruits : les ravageurs, leur période d'apparition et les dégâts occasionnés aux cultures.

2.3- Expérimentation en pot

L'objectif est de connaître les effets des fumures sur le rendement de la tomate et du poivron. Le semis a été effectué sur une planche de 2 m². 100 grains de tomate et 100 grains de poivron ont été semés sur cette planche à raison de 01 graine par trou, à une profondeur d'environ 1,5 cm, suivant un écartement de 5 cm entre plantes et 10 cm entre lignes. La planche a été paillée avec les fataka (*Panicum maximum*, Graminée), pour maintenir l'humidité et de protéger les plantules des rayons directs du soleil Mpika (2005).

Le repiquage est réalisé 1 mois après le semis. Lors du repiquage, on a cultivé les plantes vigoureuses de la même taille de 13 cm en moyenne FERT (2011). Le dispositif expérimental comprend 36 pots au total. Pour chaque plante étudiée, on a 18 pots qui se répartissent en 6 traitements avec 3 répétitions.

Durant l'expérimentation, les doses des fertilisants utilisés suivent les recommandations du MAEP et al (2005) avec 15 t de fumure organique bien décomposé et 200 kg de NPK 11 22 16 par hectare qui sont résumées dans le tableau I.

Tableau XXIX : Les modalités des apports de fumure: doses et temporalités

Fumure	Tomate			Poivron		
	Date d'apport et dose / pied			Date d'apport et dose / pied		
	15 JAR	30 JAR	45 JAR	15 JAR	30 JAR	45 JAR
NPK		3g			3g	
FB		250g			250g	
FP		250g			250g	
FB+NPK	125g (FB) + 1,5 g (NPK)			125g (FB) + 1,5g (NPK)		
FP+NPK	125g (FP) + 1,5g (NPK)			125 g (FB) + 1,5g (NPK)		
TM	0			0		

NB : JAR= Jours Après Repiquage FP= fumier de porc FB= fumier de bovin TM= témoin
g=gramme

Toutes les observations et les mesures effectuées sont les mêmes pour les deux plantes étudiées. Elles se déroulent toutes les deux semaines. Les données obtenues ont été statistiquement analysées, en utilisant le logiciel R. La comparaison entre les moyennes de toutes les variables a été faite par le test ANOVA suivi de test de Tukey HSD au seuil de 5 %.

3. Résultats

3.1- Contraintes des cultures dans la zone périurbaine de Mahajanga

Dans la zone périurbaine de Mahajanga, les principales contraintes de la culture des légume-fruits sont l'eau et les organismes nuisibles.

3.1.1- Eau

L'eau est parmi les principales contraintes de la culture des légumes-fruits. Lorsqu'on a semé trop tôt, les plantes en pépinière risquent d'être inondées par les dernières pluies. Par ailleurs, un retard de repiquage affecte négativement la croissance des plantes, c'est-à-dire de nombreux légume-fruits, qui normalement devraient continuer à donner des fruits, meurent par déficience hydrique.

3.1.2- Ravageurs

a) Ravageurs redoutable pour la culture de légume-fruits à Mahajanga

De nombreux organismes nuisibles attaquent les cultures maraîchères dans les zones périurbaines de Mahajanga, mais les plus redoutables sont répertoriés dans le tableau les suivants :

Tableau XXX : Liste des ravageurs redoutable inventoriés

Nom commun	Nom scientifique	Ordre / Famille	Période d'apparition des ravageurs
Puceron	<i>Aphis gossipii</i>	Homoptera / Aphididae	Juin - arrivée des pluies
Cochenille	<i>Planococcus citri</i>	Homoptera / Pseudococcidae	Septembre – arrivée des pluies

Aleurode	<i>Bemisia tabaci</i>	Homoptera / Aleurodidae	Septembre – arrivée des pluies
Mouche de la tomate	<i>Pardalaspis cyanescens</i>	Diptera / Trypetidae	Septembre – décembre
Punaise verte	<i>Nezara viridula</i>	Hemiptera / Pentatomidae	Juin -juillet
Acarien rouge	<i>Tetranychus neocaledonicus</i>	Acarien / Tetranychidae	Septembre – arrivée des pluies
Coléoptère rouge du melon	<i>Aulacophora africana</i>	Coleoptera / Chrysomelidae	Juin - septembre

b) Abondance relative de ces ravageurs

Au total, 480 ravageurs, regroupés en 07 espèces ont été inventoriés durant les périodes d'études. 05 espèces avec 123 individus inventoriés sur la tomate (figure 1) ; 05 espèces, 194 individus inventoriés sur l'aubergine (figure 2) ; 02 espèces, 88 individus inventoriés sur le poivron (figure 3) et 06 espèces, 113 individus inventoriés sur le concombre (figure 4).

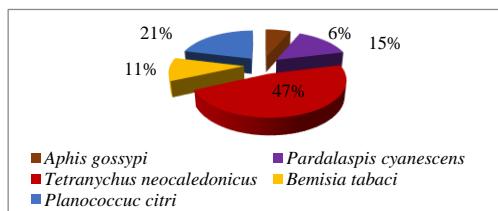


Figure 1 : Abondance des ravageurs sur tomate aubergine

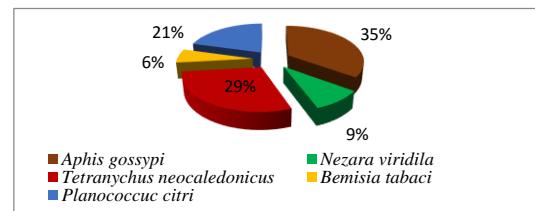


Figure 2 : Abondance des ravageurs sur l'aubergine

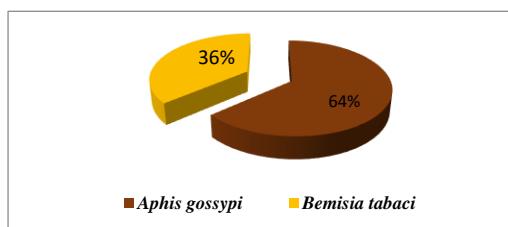


Figure 3 : Abondance des ravageurs sur poivron concombre

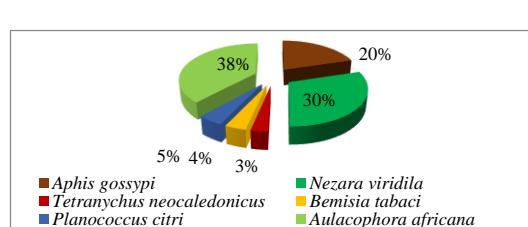


Figure 4 : Abondance des ravageurs sur le concombre

3.2.1- Effets des fertilisants sur la hauteur des plantes

Les résultats de l'expérimentation montrent que, pour la culture de la tomate, la hauteur maximale la plus importante est observée au niveau des plantes, ayant reçu le fertilisant minéral NPK= 56,33 cm ($\pm 1,53$). Elles sont suivies des plantes ayant reçu les fertilisants combinés FP+NPK = 56,00 cm ($\pm 1,73$) et le FB+NPK = 55,00 cm ($\pm 1,00$). Pour les tomates ayant reçu les fertilisants organiques, elles ont une hauteur moyenne de 50,66 cm ($\pm 2,08$) pour le fumier de porc et 48,66 cm ($\pm 2,08$) pour le fumier de bovin.

De même pour le poivron, on a observé que, l'utilisation du fertilisant minéral NPK= 52,66 cm ($\pm 0,57$) et des fertilisants combinés FP+NPK = 50,33 cm ($\pm 1,52$) ; FB+NPK = 50,00 cm ($\pm 1,00$) ont une croissance relativement importante par rapport aux plantes témoins TM= 37,33 cm ($\pm 1,52$). Pour les plantes ayant reçu les fertilisants organiques, elles ont eu de hauteur moyenne de 39,33 cm ($\pm 1,52$) pour le fumier de porc et 38,33 cm ($\pm 1,57$) pour le fumier de bovin.

3.2.2- Effets des fertilisants sur la production des fleurs des plantes

La production des plantes dépend des éléments nutritifs disponibles dans le sol et dans les fertilisants utilisés. En effet, les tomates ayant reçu la fumure minérale (NPK) et la combinaison des fumures (FP+NPK et FB+NPK) ont obtenu, respectivement 41,33 ($\pm 4,16$) ; 41,00 ($\pm 4,58$) et 40,00 ($\pm 2,00$) de fleurs/plante. De plus, les plantes traitées avec les fumures organiques ont des nombres moyens de fleurs par plante de 34,33 ($\pm 0,57$) pour le FP et 31,00 ($\pm 1,00$) pour le FB. Celle des plantes témoins, le nombre de fleurs moyen est de 27,00 ($\pm 1,00$).

Pour le poivron, la production des fleurs des plantes des 5 traitements sont différents : le FP+NPK = 45,33 ($\pm 0,57$) fleurs/plante, le FB+NPK = 45,00 ($\pm 1,00$) fleurs/plante et le NPK = 46,00 ($\pm 1,00$) fleurs/plante sont supérieurs par rapport au rendement enregistré chez les plantes témoins TM = 35,33 ($\pm 1,52$) fleurs /plante. Entre le deux fertilisants organiques, les plantes ayant reçu le fumier de porc ont obtenu en moyenne de 42,00 ($\pm 2,64$) fleurs/plante et le fumier de bovin = 37,66 ($\pm 0,57$) fleurs/plante.

3.2.3- Effets des fertilisants sur le rendement des plantes étudiées

Le rendement obtenu montre que, les plantes ayant reçu le fumier de porc combiné à l'engrais minéral viennent en première position, suivi des plantes fertilisées avec la fumure minérale. L'analyse statistique (test d'Anova) montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les différents traitements appliqués avec **p-value = 2.10⁻¹¹** pour la tomate et **p-value = 1,15.10⁻⁹** pour le poivron.

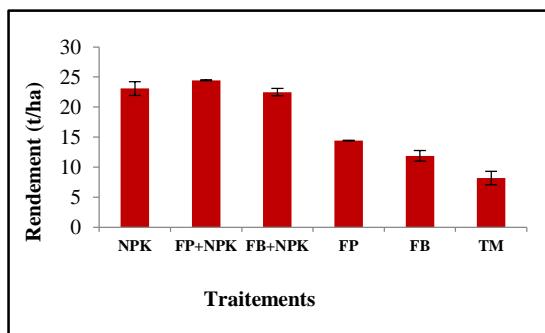


Figure 5 : Rendement moyenne de la tomate poivron

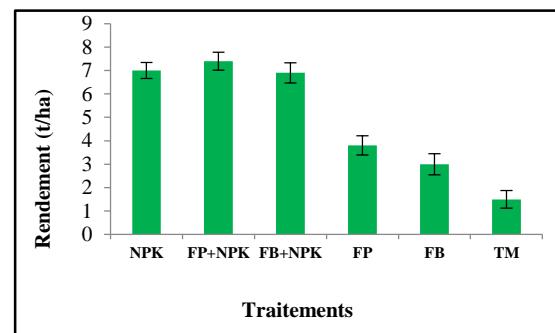


Figure 6 : Rendement moyenne du poivron

Le degré de différence très hautement significative est observé entre les plantes fertilisées à base d'engrais minéral (NPK ; FP+NPK et FB+NPK) et les plantes ayant reçu les fumiers organiques seul (FB et FP) et les plantes témoins (tableau III).

Tableau III : Analyse statistique de rendement (Test de Tuckey HSD au seuil de 5%)

Traitements	Tomate		Poivron	
	p-value	Observation	p-value	Observation
NPK / FB	0,000	THS	0,000	THS
NPK / FP	0,000	THS	0,000	THS
FB+NPK / FP	0,000	THS	0,000	THS
FP+NPK / FB	0,000	THS	0,000	THS
FP+NPK / FP	0,000	THS	0,000	THS
NPK / FB+NPK	0,918	NS	0,997	NS
NPK / FP+NPK	0,350	NS	0,754	NS
FP+NPK / FB+NPK	0,023	S	0,665	NS
FP / FB	0,018	S	0,225	NS

NB : THS = très hautement significative

S = significative

NS = non significative

4. Discussion

A Mahajanga, les principales contraintes de la culture des légume-fruits dans ces zones de production sont l'eau et les organismes nuisibles. Le travail effectué par Dumont (2006), soutient ces résultats. Elle a stipulé que, les producteurs dans la zone périurbaine de Mahajanga commencent à abandonner leurs cultures vers le mois de septembre car elles sont souvent très sèches et trop éloignées des points d'eau, rendant l'arrosage encore plus difficile.

En utilisant des fertilisants organiques sur les deux plantes étudiées, on a observé que le rendement obtenu avec le fumier de porc est beaucoup plus élevé que celui du fumier bovin. Ces résultats expliquent la vitesse de disponibilité des éléments nutritifs dans le fumier de porc par rapport au fumier de bovin. Selon Bouthier et al. (2009) et Ramahefarison (2011), l'azote dans le fumier de bovin n'est pas minéralisé dans 21 jours, par contre le fumier de porc, se minéralise dans 21 jours. Les résultats d'analyse au laboratoire des fumures organiques effectués par Ramahefarison (2011) stipulent que le fumier de porc contient 1,46% N, 0,99% P, 1,54% K. Tandis que le fumier de bovin contient 1,12% N, 0,44% P et 0,63% K. Ainsi, le fumier de bovin a des teneurs moindres en éléments majeurs par rapport au fumier de porc.

Nos résultats sur la dynamique de la croissance et de la production des plantes étudiées montrent que toutes les plantes fertilisées avec la fumure minérale et les fertilisants combinés continuent leur croissance et leur production. Ceci explique la capacité des engrains minéraux à agir sur la production des plantes. Les résultats de Kotaix et al (2013) ont aussi montré que l'utilisation fertilisant minéral combiné de fertilisant organique, a amélioré la croissance en hauteur et a stimulé la précocité de cette floraison et favorise aussi une longue période de récolte.

Durant notre expérimentation, on a vu que, la vitesse de croissance des plantes ralentit au moment où la production de fleurs et de mise à fruits commence (à partir de 45 JAR). Ensuite, on a vu aussi que plus la taille et le nombre des fruits par plante augmentent, plus la production des fleurs diminue (à partir de 75 JAR). Ces résultats expliquent alors que, la grande partie des éléments nutritifs absorbés par les

plantes durant cette phase est réservée à la formation des fruits. Le résultat de Naika (2005) a montré que la production des plantes dépend de l'équilibre en éléments nutritifs entre eux.

Les rendements obtenus pour les deux plantes au cours de l'expérimentation par l'utilisation de l'engrais minéral (NPK) et des fertilisants combinés (FP+NPK et FB+NPK) est supérieur au rendement obtenu avec l'utilisation des fumiers (FP et FB). Ces résultats sont dûs à la capacité d'action et aussi à la disponibilité des éléments nutritifs dans ces fertilisants Mpika (2015). Les résultats de Vilain (1997) dans ses recherches sur la maîtrise de technique de la production végétale ont montré que l'apport du fumier organique n'a aucun effet positif sur le rendement des cultures dans les mêmes années.

Conclusion

On peut conclure que les principales contraintes de production dans la zone périurbaine de Mahajanga sont l'eau et les organismes nuisibles. Les inventaires sur le terrain ont permis d'inventorier 07 espèces nuisibles dont 06 insectes et 01 acarien. Parmi ces 06 espèces, le puceron, la cochenille, les aleurodes et l'acarien rouge sont les plus redoutables. Les résultats de l'expérimentation montrent qu'il est possible d'améliorer le rendement de la tomate et du poivron par l'application des fertilisants. En effet, à la lumière des résultats, l'application de fumier de porc associée à l'engrais minéral ou non, peut être suggérée aux agriculteurs dans la zone périurbaine de Mahajanga pour améliorer le rendement de la tomate et du poivron.

Références bibliographiques

- Andrianarintsoa M., 2015- Inventaire des faunes sur les cultures maraîchères du lac Betamango Belobaka et détermination de leur fonction. Mémoire pour l'obtention de diplôme de Master, Université de Mahajanga, 50 pages.
- Bouthier A., Trochard R., Parnaudeau V. et Nicolardot B., Morvan TH., 2009 - Valeur fertilisante azotée des produits résiduaires organiques : mieux prendre en compte la dynamique de la fourniture d'azote. ITAB-Arvalis, 20 pages.
- Dumont. S, 2006 -Diversité des exploitations agricoles et systèmes de cultures maraîchères à Mahajanga, Madagascar : quelles perspectives pour le compost urbain ? Mémoire pour l'obtention de diplôme d'Ingénieur, 262 pages.
- Ferriere M., 2007- Fiche technique : les cultures des tomates, aubergines, poivrons, 3 pages.
- FERT, 2011- Guide pédagogique de bonnes pratiques agricoles Cultures maraîchères à Madagascar, 54 pages.
- Gry L., 1991- Poivron ou piment, la sélection est très forte. Semences et Progrès N. 69, 16 pages.
- Kotaix A.J.A., Angui P. T. K., Pierre C. Z. K., Diby N. L., Daod., ET Bonfoh B., 2013 – Effet de l'engrais organique liquide « dragon 1 », sur le développement de la tomate au sud et au centre-ouest de la côte d'Ivoire, 16 pages.
- MAEP, FAO, PSDR, 2005 - Fiches techniques de base destinées aux techniciens agricoles, 4 pages.
- Mpika J., Attibayeb A., Makoundou A., Minani D., 2015 - Influence d'un apport fractionné en potassium et en azote sur la croissance et le rendement de trois variétés de tomate de la zone périurbaine de Brazzaville en République du Congo, 12 pages.
- Naika S., Jeude L., Goffau M., Hilmi M., Barbara D., 2005 – La culture des tomates : productions, transformations et commercialisation. Agrodok No. 17, 106 pages.
- Ramahefarison H., 2011 - Déterminants agronomique des pratiques de fertilisation dans les systèmes de culture maraîchères en zone périurbaine : Fertilisation des cultures de légumes feuille à Mahajanga. Thèse pour obtenir le grade de docteur en sciences agronomiques, 214pages.
- Vilain M., 1997 – La production végétale, Volume 2 ; La maîtrise technique de la production 2^{ème} édition, 449 pages.

45. Une initiative pilote pour la sauvegarde de la biodiversité et la conservation de la faune sauvage par la protection de l'aviculture villageoise contre la maladie de Newcastle

¹ Miharifetra ANDO RAVELOMANANTSOA, ² Graham CRAWFORD, ¹Mamisoa RATOVONANAHARY, ¹Sitraka ANDRIANONY, ³ Akshaya ANNAPRAGADA, ⁴ Cortni BORGERSON, ⁴ Christopher GOLDEN

1: Institut Malgache des Vaccins Vétérinaires;

2: Wildlife Health Network;

3: Planetary Health Undergraduate Scholars Fellowship Program; 4: Université de Harvard

Résumé

La maladie de Newcastle (MN) est une pathologie majeure pour l'aviculture villageoise à Madagascar. Elle provoque une perte économique énorme, car elle entraîne, à elle seule, plus de 68% de mortalité chez les jeunes poulets et 75% chez les adultes. Au niveau des aires protégées, les villageois ont braconné la faune sauvage pour combler leur manque de ressource alimentaire surtout en protéine animale. La faune sauvage devient de plus en plus rare et la malnutrition touche les gens dans le monde rural.

Ainsi, pour pallier ce fléau, la protection des volailles, notamment celles élevées par les villageois habitant près des aires protégées, contre la maladie de Newcastle, s'avère une mesure prometteuse pour assurer une conservation durable de la faune sauvage. L'aviculture villageoise est pratiquée par de nombreux ménages quel que soit leur niveau de vie et sa viande constitue un mets préféré des paysans par rapport à la viande de gibier. De plus, son coût de production est moins onéreux. Sa valeur nutritionnelle est de très bonne qualité. L'élevage amélioré des volailles locales peut assurer un revenu non négligeable pour les ruraux. Le gain moyen économique annuel par famille s'élève à 350.000,00 Ariary, si l'on arrive à maîtriser la MN et le choléra aviaire.

Néanmoins en milieu rural, la « chaîne de froid » constitue un facteur limitant quant à la réalisation des campagnes systématiques de vaccination contre la MN et autres pathologies dominantes. Afin de résoudre ce problème logistique majeur, en collaboration avec différents partenaires scientifiques et technico-financiers internationaux, l'Institut Malgache des Vaccins Vétérinaires (IMVAVET) a mis au point un vaccin thermotolérant avec la souche I-2, dénommé I-2 PESTAKOHO®. Notre démarche consiste à mettre à la disposition des éleveurs, un vaccin vivant avirulent thermotolérant et à moindre coût pour assurer une couverture vaccinale d'au moins 85% du cheptel aviaire dans chaque village encadré.

Depuis 2016, en partenariat avec l'Université Harvard School of Public Health, le Wildlife Health Initiative et le Wildlife Conservation Society, l'IMVAVET travaille au niveau de la région Analanjirofo, dans la zone du Corridor forestier de Makira et du Parc National de Masoala, pour une application pilote du nouveau vaccin I-2PESTAKOHO. Cette initiative relie à la fois la sécurité alimentaire du monde rural et la protection de l'environnement avec une exploitation améliorée des ressources zoogénétiques locales, par le biais de la protection des poulets villageois contre la maladie de Newcastle.

Répartition des responsabilités :

- Golden C., Graham C., Borgerson C., Ando R.M., Ratovonanahary M.H.: Co- investigateurs du projet
- Ando R.M., Andrianony S. : Coordinateur du projet
- Ando R.M., Golden C., Graham C., Borgerson C. : Réalisation travaux sur terrain
- Annapragada A. : Analyse des données

Introduction

L'élevage des poulets villageois représente un grand potentiel comme une ressource durable de revenu et de nourriture dans le monde rural malgache. Les poulets villageois sont élevés par de nombreux foyers quel que soit leur niveau de vie. En plus, la viande de poulet villageois est le mets le plus apprécié par presque les Malagasy (Golden, 2005). Les poulets sont inséparables de la vie quotidienne, que ce soit dans les cérémonies traditionnelles, dans des fêtes ou pour la convalescence d'un malade. La viande de poulet et l'oeuf procure une source immédiate de protéine, d'une qualité excellente, mais aussi de vitamines et de micronutriments. Concernant l'approche genre, il s'agit de l'une des rares tâches qui pourrait être totalement gérée par les femmes et les enfants dans le monde rural. En outre, les poulets sont aussi considérés comme une source immédiate d'argent, en cas d'urgence ou pour des petits achats et pour subvenir la famille. En effet, la pratique améliorée d'élevage des volailles locales peut assurer un revenu non négligeable pour les ruraux. Le gain moyen économique annuel (GMEA) par famille s'élève à 350.000 Ariary, si l'on arrive à maîtriser la maladie de Newcastle (MN) et le choléra aviaire (Ratovonanahary et al., 2014).

Depuis des décennies, les Malagasy qui vivent dans les zones très enclavées, très lointaines ont chassé la faune sauvage pour leur servir de nourriture. Les animaux endémiques emblématiques de Madagascar, entre autres les oiseaux, les tenrecs, les chauves-souris, les carnivores et les lémuriens ne sont pas épargnés (Golden, 2005). Même si la viande venant de la faune sauvage est riche en nutriments et a été historiquement abondante, les stocks en faune ont diminué progressivement en réponse à la chasse excessive et aux dégradations environnementales (Golden, 2009). Cette pénurie est, en partie, responsable de la sévère malnutrition dans toutes les communautés malgaches (Golden et al., 2011), où 50% des enfants présentent un retard de croissance (Fernald et al., 2016). Contrairement à leur valeur nutritive, le contact avec la faune sauvage présente un risque de transmission de maladies infectieuses ; c'est ainsi une source de nourriture risquée. En conséquence, la situation socio-économique à Madagascar promeut le développement de l'élevage des poulets villageois, comme une solution efficace pour être une source de nourriture durable et engendrer une source de revenue pérenne pour la communauté rurale malgache.

Toutefois, l'élevage de volailles est très vulnérable à la maladie de Newcastle (Rasamolina Andriamanivo et al., 2012). C'est une maladie virale provoquant des défaillances du système respiratoire et nerveux, particulièrement chez les poulets. La maladie de Newcastle, une pathologie majeure pour l'aviculture villageoise à Madagascar, est hautement contagieuse pour les volailles et les oiseaux sauvages. Toutes les espèces de volailles traditionnelles malgaches sont d'importants réservoirs de la maladie de Newcastle (Porphyre, 1999). Cette maladie provoque une perte économique énorme, car la quasi-totalité du cheptel aviaire au sein du village contaminé, peut être décimée en une très courte période. En effet, elle entraîne, à elle seule, plus de 68% de mortalité chez les jeunes poulets et 75% chez les adultes (Koko et al., 2002). La forte mortalité due à cette maladie au sein de leurs troupeaux, rend le nombre de poulets très inconstant. D'où le désintéressement des villageois à pratiquer de manière professionnelle cet élevage car il y a une forte probabilité que les poulets meurent précocement de la maladie de Newcastle, sans que des bénéfices aient pu être tirés. De ce fait, l'élevage des poulets villageois n'a pas été une source de nourriture cohérente et économique pour le monde rural Malagasy.

Pour contrôler la maladie de Newcastle, l'Institut Malgache des Vaccins Vétérinaires (IMVAVET) avec ses partenaires, l'Université de Harvard, l'Université de Sydney, le Wildlife Health Network et l'AU-PANVAC ont développé un nouveau vaccin contre la maladie de Newcastle dénommé I-2 PESTAKOHO. Il s'agit d'un vaccin très adapté pour son utilisation dans le monde rural. La vaccination est administrée trois fois par an à chaque poulet (tous les quatre mois). Une formulation d'administration oculaire du vaccin a été mise au point, permettant l'administration par collyre et éliminant le besoin d'une seringue qui est coûteuse, difficile et dangereuse à utiliser pour les villageois (Degefa et al., 2004). Ce nouveau vaccin est thermostable et présente plusieurs innovations clés. Tout d'abord, il peut tolérer la variation de la température du terrain à Madagascar où elle peut varier entre 20°C et 40°C selon la saison. L'électricité et la réfrigération sont souvent impossibles. Le vaccin reste efficace à une température ambiante inférieur ou égale 28°C pendant deux semaines. Deuxièmement, il fournit l'immunité du troupeau parce qu'il s'agit d'un vaccin vivant, améliorant ainsi la couverture par rapport aux versions antérieures du vaccin. Enfin, il peut être administré par des non-spécialistes formés car il ne nécessite pas des administrations parentérales.

Méthodologie

Depuis le mois de mai 2016, l'IMVAVET, en collaboration avec l'ONG MAHERY, le Wildlife Health Network, la Harvard T.H. Chan Public Health School et la Wildlife Conservation Society, pilote un programme de vaccination pour protéger les cheptels aviaires contre la maladie de Newcastle dans six communautés (Antaravato, Vinanibe, Ambinanindrano, Ambodiforaha, Ilampy et Antanangnambo) situées dans les parcs nationaux de Makira et de Masoala. L'intervention vaccinale, dans les communautés de Makira et Masoala, est relativement récente et encore à ses stades pilotes. Cinq campagnes de vaccination ont été menées (mai 2016, septembre 2016, janvier 2017, mai 2017, septembre 2017) depuis le début du projet pilote. Ce projet participe indirectement à « une intervention nutritionnelle » qui permet de fournir une source durable de viande de volailles à la population, agissant ainsi comme une alternative à la chasse de la faune sauvage.

La commande des vaccins au niveau de l'IMVAVET se fait au préalable un mois avant la date du début de la campagne de vaccination. Ce délai est suffisant pour assurer le contrôle de la qualité du vaccin avant sa délivrance. Pour faire la commande, un recensement des poulets est organisé dans chaque village pour connaître le nombre de doses de vaccins nécessaire pour chaque campagne. Comme il s'agit d'une approche communautaire, c'est le superviseur (« Master vaccinator ou MV ») qui est un villageois local, bien formé qui coordonne les recensements et envoie ensuite la commande des vaccins. Ce sont les vaccinateurs communautaires (« Community Vaccinators ou CV ») avec le « Master vaccinator » qui exécutent la vaccination sous la supervision de l'équipe de l'IMVAVET.

Concernant le transport du vaccin I-2 PESTAKOHO, les vaccins sont transportés dans une glacière depuis l'IMVAVET jusqu'à Maroantsetra. Puis, les MV les récupèrent avec un panier artisanal et les répartissent à chaque CV dans chaque village. En moyenne, la distance d'un village à un autre se fait en une journée

à pied et la durée de la campagne est de plus ou moins trois jours par village. La vaccination se fait de porte en porte très tôt le matin (au levée du jour) et quelques heures avant le coucher du soleil car durant la journée, les villageois travaillent dans leurs champs ou vont à la pêche. Chaque foyer est visité, en moyenne, trois fois durant la campagne pour s'assurer que le nombre maximum de poulet soit vacciné. Les vaccinateurs aident les villageois à capturer les poulets dans le bois, sur l'arbre ou sous leur maison surélevée. Notons que la capture des poulets épouse beaucoup de temps durant la vaccination.

Résultats

Les résultats obtenus durant cette période d'étude pilote, jusqu'à présent à cinq campagnes de vaccination, sont très prometteurs :

- Les restes de vaccins non administrés après chaque campagne ont été ré-titrés au niveau du laboratoire de contrôle de l'IMAVET et ils restent toujours assez efficace après avoir subi les dures conditions sur terrain suivant la saison.
- L'approche « porte à porte » accompagnée d'une sensibilisation incite les villageois à adopter la vaccination.

L'analyse préliminaire des données réalisée par Akshaya Annapragada, étudiante PHUS (Planetary Health Undergraduate Scholars Fellowship Program) à l'Université de Harvard a démontré que :

- L'intervention vaccinale n'a pas révélé de changement significatif concernant la mortalité des poulets au niveau communautaire. Cela est attendu, étant donné que seulement cinq séries de vaccination ont eu lieu, et l'immunité du troupeau n'a probablement pas été atteint. Toutefois, il est très encourageant de constater que les taux de participation à la vaccination par les villageois ne cessent d'augmenter.

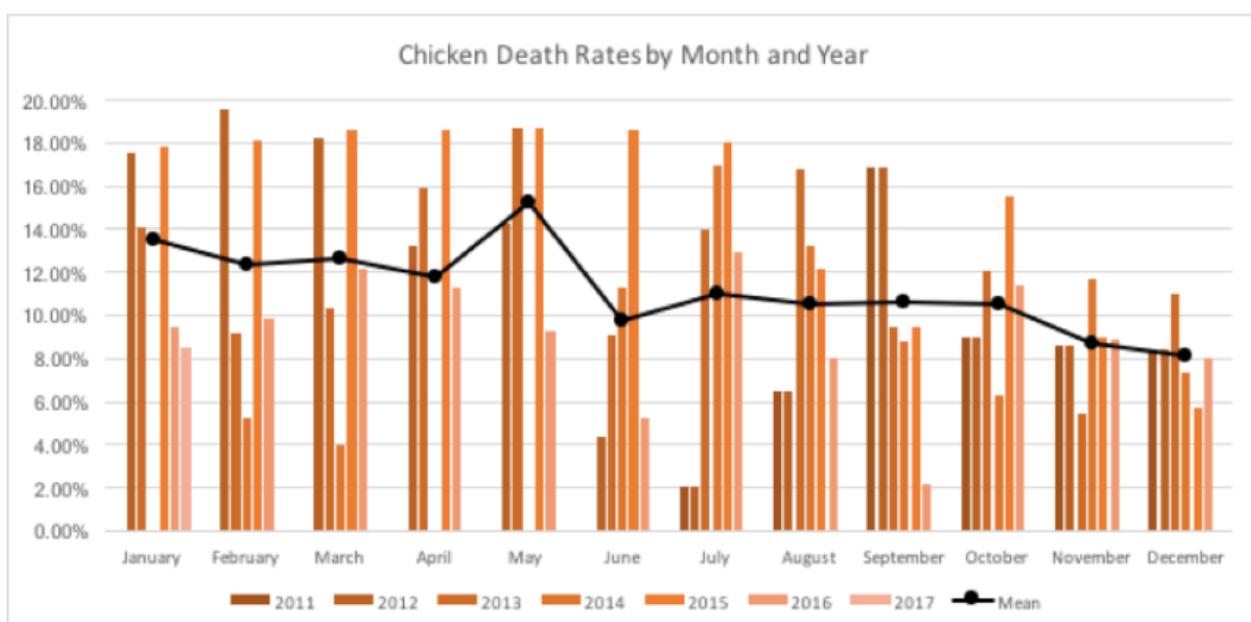


Figure 1 : Evolution de taux de mortalité des poulets dans les zones pilotes (Source : Annapragada A. et al.)

- Plus la communauté est petite, plus il est facile d'avoir une bonne couverture de vaccination. C'est le cas avec Antanangnambo avec 100% de taux de couverture vaccinale. Le village d'Antanangnambo est composé de neuf familles et il est facile de faire le tour du village pour vacciner tous les poulets.

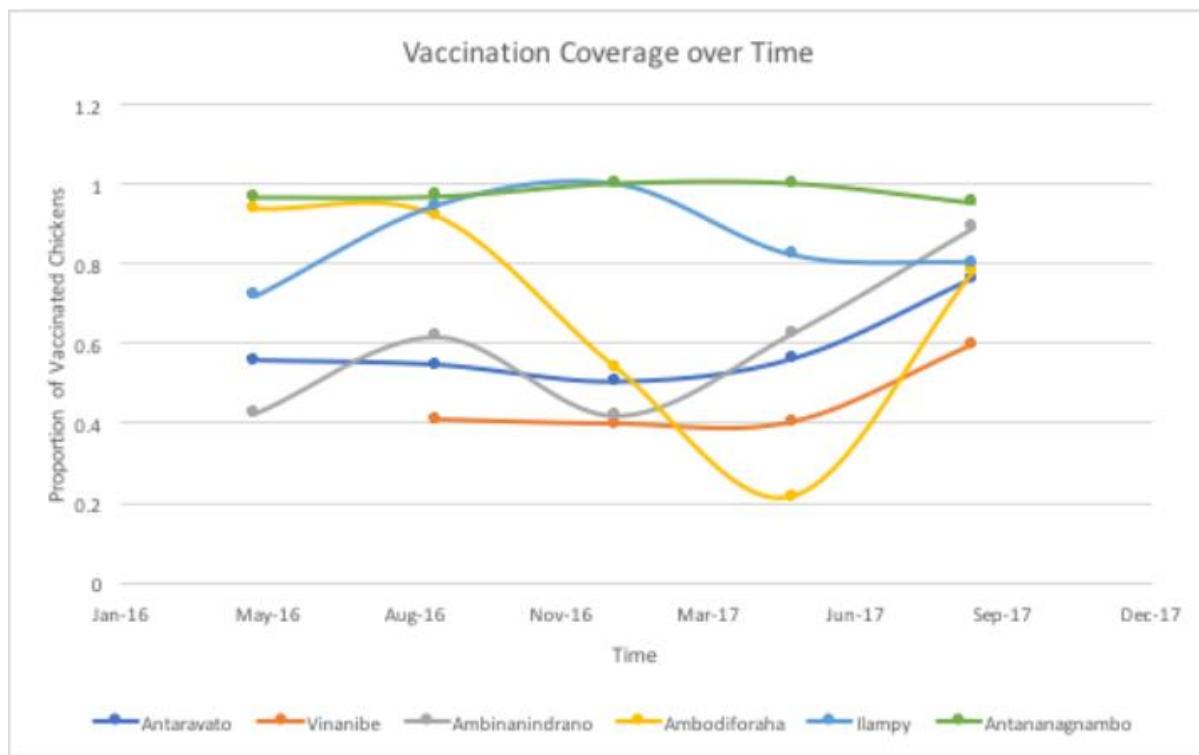


Figure 2 : Evolution du taux de couverture vaccinale avec I-2 PESTAKOHO (Source : Annapragada A. et al.)

- Les décès dus à la maladie de Newcastle ont tendance à culminer en juin / juillet (temps froid et pluvieux) et en décembre / janvier (temps chaud et pluvieux). Bien que ces données ne soient pas concluantes, il semble qu'il existe une composante saisonnière (chaleur, forte pluie, froid) engendrant des décès dus à la maladie de Newcastle.

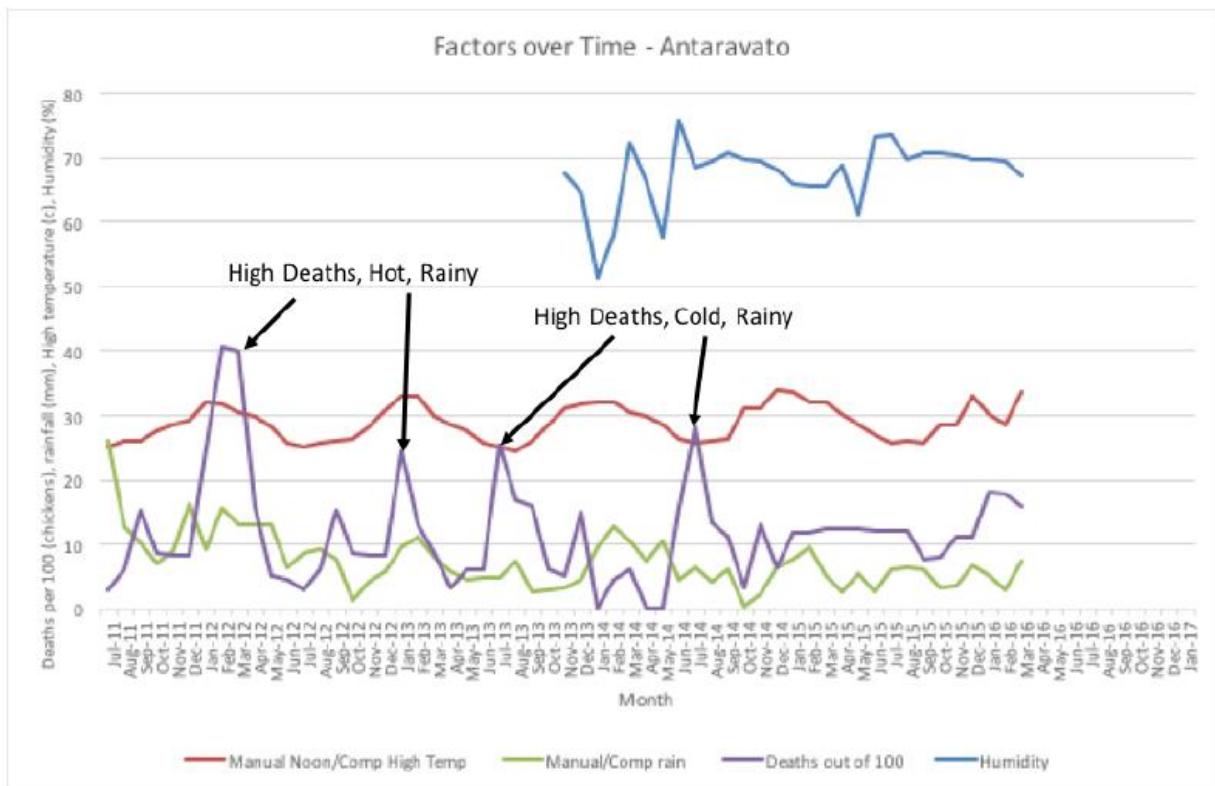


Figure 3 : Facteurs saisonniers reliés à l'épidémie de la maladie de Newcastle (Source : Annapragada A. et al.)

- La modélisation de l'intervention vaccinale a permis de mettre en évidence qu'un seuil de couverture vaccinale 29 pourcent durant chaque campagne de vaccination permettrait de stabiliser le nombre de cheptel aviaire.

Conclusion et perspectives

Bien que des nombreux efforts ont été effectués depuis le début de ce projet, l'atteinte d'un taux de couverture vaccinale de 85% est nécessaire pour contrôler la maladie de Newcastle au niveau du cheptel (van Boven et al., 2008). L'analyse préliminaire des données a montré qu'il est facile d'atteindre ce taux dans les petites communautés, alors que dans les autres grands villages, les tâches restent difficiles. Beaucoup de travaux restent à faire pour atteindre ce taux de couverture et stabiliser le nombre de cheptel aviaire dans cette région. L'éducation de la population à faire le rappel de vaccination de leurs poulets tous les quatre mois permet de maintenir l'immunité du cheptel et empêcher une épidémie de maladie de Newcastle. Enfin, la participation effective des villageois pour qu'ils soient plus concernés dans le programme de vaccination est très importante. Même si l'élevage de poulets reste encore un élevage contemplatif dans les zones de Makira et Masoala, il semble que la démarche vers la professionnalisation des villageois à l'élevage des poulets est un meilleur moyen pour soutirer plus de bénéfices en tant que source de nourriture et de revenue.

Références

- Akshaya Annapragna, 2017. Newcastle Disease in Madagascar: Designing a Poultry Vaccination Intervention. Planetary Health Undergraduate Scholars Fellowship Program (PHUS). Department of Environmental Health, Harvard T.H Chan School of Public Health
- Degefa, T., Dadi, L., Yami, A., GMariam, K., & Nassir, M. (2004). Technical and economic evaluation of different methods of Newcastle disease vaccine administration. *Journal of Veterinary Medicine. A, Physiology, Pathology, Clinical Medicine*, 51(7-8), 365–369. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.2004.00658.x>
- Golden, C. D. (2005). Eaten to endangerment: Mammal hunting and the bushmeat trade in Madagascar's Makira Forest. Harvard University.
- Golden, C. D. (2009). Bushmeat hunting and use in the Makira Forest, north-eastern Madagascar: a conservation and livelihoods issue. *Oryx*, 43(3), 386–392. <https://doi.org/10.1017/S0030605309000131>
- Golden, C. D., Fernald, L. C. H., Brashares, J. S., Rasolofoniaina, B. J. R., & Kremen, C. (2011). Benefits of wildlife consumption to child nutrition in a biodiversity hotspot. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(49), 19653–19656. <https://doi.org/10.1073/pnas.1112586108>
- Koko, M., Olivier Fridolin, M., Ravaomanana, J., J. Rakotonindrina, S., 2002. Aviculture villageoise à Madagascar : productivité et situation épidémiologique.
- Porphyre, V., 1999. Enquête séro-épidémiologique sur les principales maladies infectieuses des volailles à Madagascar [WWW Document]. URL <http://agritrop.cirad.fr/14986/> (accessed 1.11.18).
- Rasamoelina Andriamanivo, H., Lancelot, R., Maminaina, O.F., Rakotondrafara, T.F., Jourdan, M., Renard, J.F., Gil, P., Servan de Almeida, R., Albina, E., Martinez, D., Tillard, E., Rakotondravao, R., Chevalier, V., 2012. Risk factors for avian influenza and Newcastle disease in smallholder farming systems, Madagascar highlands. *Prev. Vet. Med.* 104, 114–124. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2011.10.008>
- Ratovonahary M.H., Razafindrakoto, Rakotomamonjy S., Rasoavimbahoaka F., Florent, 2014. "Kristiana Mpanao Vaksiny – KMV" network, biological evaluation of Newcastle disease and fowl cholera vaccination campaigns and their socio-economic impact in Analanjirofo region, Madagascar-Publications AU-PANVAC.
- Van Boven, M., Bouma, A., Fabri, T. H. F., Katsma, E., Hartog, L., & Koch, G. (2008). Herd immunity to Newcastle disease virus in poultry by vaccination. *Avian Pathology*, 37(1), 1–5. <https://doi.org/10.1080/03079450701772391>
- Young M., Alders R., Grimes S., Spradbrow P., Dias P., da Silva A., Lobo Q., 2012. Contrôle de la maladie de Newcastle dans l'aviculture villageoise. Manuel de laboratoire ACIAR N° 87a 2e édition.

46. Fabrication des pains composites à partir des farines de blé, de manioc, des patates douces et des bananes plantains

RAHAJASON Avelin Nestor, RAHARIMIHAJA Tojoniaina Mampionona Roméo, SOANIRINA Clarisse, DHOIMIR Moussa Youssouf, RAZAFIMAHEFA

Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement de l'Université de Mahajanga

RESUME

La farine de blé est une matière indispensable à la fabrication du pain, mais elle est généralement importée. Pour diminuer l'importation de cette farine à Madagascar et, par conséquent, stabiliser le prix des pains dans notre pays, des farines issues des ressources comestibles disponibles localement peuvent être utilisées dans la panification. Ce travail de recherche a donc pour objectif général de valoriser les plantes amylacées comestibles disponibles à Madagascar. Il a pour objectifs spécifiques de transformer des racines de manioc, des tubercules de patate douce et des bananes plantains en farines et d'utiliser ces dernières pour confectionner des pains composites. Des procédés ont été employés pour produire des farines. Des méthodes ont été utilisées pour caractériser les farines utilisées. Des procédés de panification ont été appliqués pour fabriquer des pains à 100 % de la farine de blé et des pains composites renfermant 70, 75, 80, 85, 90 et 95 % de la farine de blé. La qualité des pains confectionnés a été évaluée par détermination de leur hauteur, leur volume et leur volume spécifique. Les résultats obtenus ont montré que les caractéristiques des farines produites ne sont pas les mêmes. Les hauteurs, les volumes et les volumes spécifiques des pains diminuent lorsque le taux d'incorporation des farines produites augmente. Durant cette étude, jusqu'au 20 % d'incorporation de ces farines, aucune modification d'aspect des pains fabriqués n'a été observée. Ainsi, les farines de ces trois ressources comestibles sont utilisables dans la panification pour produire des pains composites similaires aux pains à 100 % de la farine de blé.

Mots clés : Blé, Manioc, Patate douce, Banane plantain, Panification, Procédé, Pain, Pain composite.

1. INTRODUCTION

Le pain est l'un des produits fermentés d'origine végétale. Il est généralement fabriqué à partir de la farine de blé, de l'eau, de chlorure de sodium et de la levure boulangère. La fabrication de cette denrée alimentaire a évolué dans plusieurs domaines, depuis le moyen-âge jusqu'à nos jours (BALLA *et al.* 1999). L'une de grande évolution dans la confection du pain est de l'incorporation de la farine des produits non blé. Cette farine peut être issue des racines, des tubercules, des légumineuses et des composés protéiques (GEORGES VALME, 2015). Dans cette optique, nous avons utilisé des farines issues des ressources locales pour confectionner des pains dénommés pains composites.

Les tubercules de patates douces, les bananes plantains et les racines de manioc ont été choisies comme les matières premières de subsistance dans la confection des pains composites, car leurs cultures et leurs transformations en farine sont faciles à réaliser. Elles sont aussi disponibles presque toute l'année (RAZAFIMAHEFA, 2005). De plus, des recherches effectuées par des chercheurs concernant les pains composites contenant de la farine de ressources locales ont été développés avec succès, surtout dans la qualité nutritionnelle et organoleptique des produits obtenus (GRANDVOINNENT et PRATY, 1994).

Ce travail a donc comme objectif principal de valoriser les ressources alimentaires disponibles localement toute l'année à Madagascar et à bon marché. Il a aussi pour objectifs opérationnels de transformer des tubercules des patates douces, des racines de manioc et des bananes plantain en farine non fermenté, pouvant être utilisé partiellement dans la confection des pains.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Ressources alimentaires choisies

Durant cette étude, les ressources alimentaires (matières premières) qui ont été choisies sont les tubercules de patates douces, les racines de manioc et les bananes plantains.

2.2. Transformation des matières premières en farines et analyse des farines obtenues

Les tubercules de patates douces, les racines de manioc et les bananes plantains collectés ont été transformées en farines par des procédés. Des méthodes appropriées ont aussi été utilisées pour déterminer des paramètres physiques, physico-chimiques et biochimiques des farines produites.

2.3. Fabrication des pains composites

La fabrication des pains consiste à soumettre les ingrédients boulanger à trois principales étapes : le pétrissage, la fermentation et la cuisson (**MATHIEU, 2004**). Dans cette étude, différentes étapes de panification ont été suivies. Pour cela, des pains composites contenant de la farine de blé et celle des farines produites ont été fabriqués. Pour chaque type de farine produite, nous avons utilisé 5, 10, 15, 20, 25 et 30 %. Les essais de panification ont été répétés trois fois pour minimiser les erreurs. A chaque

essai, en plus de ces pains composites fabriqués, un pain témoin (à 100 % de farine de blé) a aussi été fabriqué.

3. RESULTATS

3.1. Caractéristiques physiques, physico-chimiques et biochimiques de chaque farine obtenue

Les caractéristiques physiques, physico-chimiques et biochimiques des farines obtenues durant cette étude sont données dans le tableau 1 qui montre que les caractéristiques des farines produites ne sont pas les mêmes. Cependant, elles sont toutes riches en glucose (plus de 70 %), constitué principalement par de l'amidon (en moyenne 60 %), mais pauvre en matières grasses et en protéines. Leur solubilité, leur capacité de rétention d'eau (pouvoir hygroscopique) et leur pouvoir de gonflement sont remarquablement supérieurs à ceux de la farine de blé. Les autres substances sauf la protéine, sont généralement semblables à ce lui de la farine de blé utilisées.

3.2. Caractéristiques technologiques des pains fabriqués

Le tableau 2 montre les caractéristiques technologiques des pains fabriqués. Les hauteurs, les volumes et les volumes spécifiques des pains fabriqués sont variables. Pour chaque type des pains fabriqués, leurs hauteurs, leurs volumes et leurs volumes spécifiques diminuent lorsque le taux d'incorporation de ces trois types farines utilisées augmente.

Tableau 1 : Caractéristiques physiques, physico-chimiques et biochimiques des farines produites

Paramètres	Produits analysés			
	Farine de blé	Farine de patate douce	Farine de banane plantain	Farine de Manioc
Humidité (%)	11,24	7,69	10,26	7,25
Matières sèches (%)	88,76	92,04	89,74	92,75
Cendres brutes (%)	0,63	2,39	2,71	1,69
Protéines (%)	11,50	2,85	3,66	2,58
Matières grasses (%)	1,32	0,80	0,35	0,45
Glucides totaux (%)	75,31	86,27	83,02	88,03
Sucres totaux(%)	70,08	65,50	88,00	75,30
Amidon (%)	60,19	56,65	79,73	71,60
Sucres réducteurs (%)	9,89	8,85	8,27	12,02
Masse volumiques (g /cm ³)	0,7	0,67	0,64	0,54
Ph	5,8	5,8	5,35	6,30
Acidité (%)	0,07	0,10	0,13	0,11
Solubilité (%)	7,27	25,65	10,05	77,00
Pouvoir hygroscopique	72,74	158,34	159,42	104,75
Pouvoir de gonflement (g/g)	7,78	14,94	13,02	43,33

Tableau 2 : Caractéristiques technologiques des pains fabriqués

Pains fabriqués	Quantité de farine utilisée (en %)	Hauteur de pain (en cm)	Volume de pain (en cm ³)	Volume spécifique de pain (en g/cm ³)
Pains à farine de blé	100	7,77	664 ,14	4,13
Pains à farine de patate douce	5	7,43	613,63	3,84
	10	6,80	574,24	3,64
	15	6,13	554,02	3,34
	20	5,90	537,88	3,30
	25	5,40	526,76	3,27
	30	4,90	513,64	3,10
	5	6,83	628,44	4,18
Pains à farine de banane plantain	10	6,67	546,50	4,10
	15	6,43	529,35	4,01

	20	6,30	428,92	3,68
	25	6,13	414,91	3,32
	30	5,10	401,47	2,80
Pains à farine de manioc	5	6,01	414,28	2,89
	10	5,90	412,77	2,86
	15	5,43	387,63	2,65
	20	5,40	363,01	2,46
	25	5,00	353,39	1,51
	30	4,50	325,79	1,50

4. DISCUSSION

D'après les résultats obtenus, les teneurs en substances nutritives des farines produites ne sont pas les mêmes (Tableau 1), car leurs modes de transformation en farines ne sont pas aussi les mêmes. Concernant les caractéristiques physico-chimiques des farines utilisées, surtout la farine de patate douce, la composition chimique et la valeur nutritionnelle sont largement tributaires de la composition chimique des tubercules qui est liée à la période de la récolte (NDANGUI (2015)). A propos du pouvoir de gonflement et de la capacité de rétention d'eau, ils sont tous élevés. Cette situation est probablement due à l'élévation des taux de substances hygroscopiques et d'amidon dans toutes les farines produites. Les autres substances sont presque la même teneur car, elles sont toutes des plantes amylacées.

Concernant les caractéristiques technologiques des pains fabriqués (Tableau 2), leurs hauteurs, leurs volumes et leurs volumes spécifiques diminuent lorsque la quantité des farines issues des ressources locales augmente. Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par RAZAFIMAHEFA (2005) et NDANGUI (2015). La diminution de la valeur de ces paramètres est due à la diminution des teneurs en gluténines et en gliadiques (fractions de gluten) dans le milieu farineux. En outre, l'élévation ou la faiblesse du volume des pains est probablement due à de nombreux facteurs, comme le type de la farine de blé utilisée, la variété des ressources locales utilisées et le mode de pétrissage de la pâte boulangère.

5. CONCLUSION ET SUGGESTION

Le pain était, pendant longtemps, un produit fabriqué uniquement à base de farine blé, de l'eau et certains ingrédients. Actuellement, des farines, dites non panifiables, peuvent être incorporées dans la farine de blé pour fabriquer des pains composites similaires aux pains à 100 % de farine de blé. Dans ce cas, des farines de patate douce, des bananes plantains et de manioc peuvent être utilisées. Toutes ces ressources sont comestibles, disponibles localement à Madagascar, faciles à cultiver et à bon marché.

A Madagascar, il existe donc des ressources alimentaires qui sont disponibles toute l'année et à bon marché. Par différents procédés, elles peuvent être transformées en farines. Les farines ainsi obtenues peuvent être remplacées partiellement la farine de blé pour fabriquer des pains composites de bonne qualité. L'utilisation de la farine issue de ces ressources locales en panification ne change en rien les matériels utilisés habituellement en panification à base de la farine de blé uniquement. Mais, les procédés de fabrication ont subis quelques modifications, notamment sur la quantité de l'eau. Nous suggérons donc à la population, au gouvernement, aux opérateurs économiques aux chercheurs malgaches de vulgariser les pains composites contenant des farines issues des ressources alimentaires locales afin de réduire ou stabiliser le prix du pain dans notre pays.

6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BALLA A., BLECKER Ch., OUMAROU M., PAQUOT M. et DEROANNE C. (1999). Mise au point de pains composites à base de mélanges de farines de sorgho-blé et analyse texturale. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 3, p. 69 – 77. (1999).
- NDANGUI Ch. B. (2015). *Production et caractérisation de la farine de patate douce (*Ipomoea batatas*.Lam) : optimisation de la technologie de panification*. Thèse pour obtenir le grade de Docteur en sciences de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires. Laboratoire d'Ingénierie des Biomolécules Université de Lorraine.
- [GEORGES VALME](#) (2015), *La farine de patate douce en Haïti*
- GRANDVOINNENT et PRATY (1994), *Farines et panification mixtes : la panification française*. Edition. Lavoisier-Apria, Tec et Doc, Paris, 534 p.
- HANITRA R. (1997), Prix du pain : Augmentation masquée, les consommateurs réagissent. In : *Journal MIDI Madagascar*, N° 4376 du 29 décembre 1997, p. 4.
- MATHIEU R. (2004), Mofodipaina : Sady foto-tsakafo no miteraka asa. In : *Journal TARATRA*, N° 0032, du 26 mars 2004, p. 3.

RAZAFIMAHEFA (2005), *Mise au point de production de farines de manioc panifiables et évaluation sensorielles des pains composites de manioc fabriqués.* – Thèse de Doctorat en Biochimie : Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo : 172 p

47. Contribution au développement de la culture de tomates dans la Commune Rurale d'Andina

RANDRIAMITSIRY Léonard, Dr RANAIVOSON RAKOTONIAINA Naritiana, Pr RAZAFINDRAJAONA Jean Marie

Institut Supérieur de Technologie d'Ambositra

I. Contexte général

Selon les statistiques de l'Organisation des Nations Unies (ONU) pour l'alimentation et l'agriculture, la tomate est le produit alimentaire le plus consommé au monde, après la pomme de terre. A l'échelle mondiale la consommation par individu ne cesse d'augmenter et la production s'élevait en 2007 à 126,2 millions de tonnes pour une surface de 4,63 millions d'hectares, soit un rendement moyen de 27,3 tonnes à l'hectare. La tomate est cultivée dans 170 pays du monde et sous divers climats, y compris Madagascar, grâce à ses caractéristiques agro-écologiques (FAOSTAT, 2007).

Problématique

Actuellement, dans la Commune Rurale d'Andina, l'agrumiculture attaquée par la maladie fumagine entraîne une chute de la production d'orange et par conséquent, une diminution des revenus des paysans. La culture de tomate est la spéculation la plus pratiquée après la riziculture. Elle pourrait contribuer à combler ce manque à gagner en termes d'activité génératrice des revenus pour les paysans d'Andina.

Raisons du choix du thème

Les principales raisons du choix du thème sont :

- La Commune Rurale d'Andina est le principal producteur de la tomate dans la région Amoron'i Mania, devant la Commune Rurale de Tsarasaotra (RANDRIAMAMPIONONA, 2006).
- La culture de tomate, une spéculation qui n'a jamais bénéficié de programme d'appui, mais qui est toujours pratiquée par les paysans jusqu'à maintenant.
- Au point de vue agro écologique de cette Commune, la culture de tomate possède de fortes chances de réussite.
- Aucune étude ni recherche récente traitant la spéculation tomate n'a été menée dans cette Commune.

Objectif Global

L'objectif global est de contribuer à améliorer les conditions de vie des paysans en augmentant leurs revenus et assurer ainsi la sécurité alimentaire.

Objectif Spécifiques

L'étude a pour objectifs spécifiques : (i) d'évaluer la situation actuelle de la plantation de tomate dans la Commune Rurale d'Andina, (ii) d'intensifier la production de tomate dans cette Commune et (iii) d'étudier la faisabilité économique de la plantation de tomate.

Hypothèses

Le thème se base sur deux hypothèses, à savoir, d'une part, l'intensification de la culture de tomate est possible afin d'augmenter la production dans la CR d'Andina, d'autre part, c'est une spéculation qui améliore les revenus des paysans.

I - MATERIELS ET METHODES

1.1 Matériels

Cette étude s'est faite dans le cadre de la formation à l'IST-A³⁴ et a comme zone d'étude, la commune rurale (CR) d'Andina est située à 17 km à l'Ouest du District d'Ambositra, chef-lieu de la Région Amoron'i Mania. Elle regroupe 15 Fokontany, délimitée au Sud par la CR d'Anjomanankona, au Nord par la CR de

³⁴ L'établissement qui forme les jeunes d'entrepreneurs agricoles et les techniciens supérieur. La formation dure trois ans suivant le système LMD. Les sortants détiennent du diplôme de Licence Professionnelle.

Tsarasaotra, à l'Ouest par la CR d'Ihadilalanana et d'Ambatomarina et à l'Est par la CR d'Ambositra II et la CR d'Ivony.

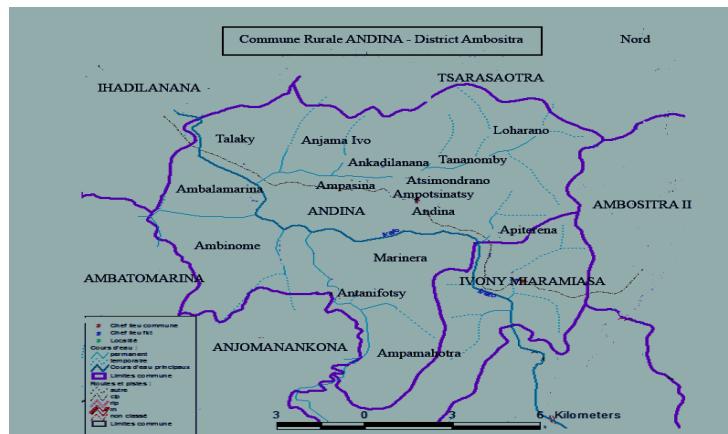


Figure : Carte Commune Rurale d'Andina

La tomate qui est le matériel végétal considéré est une plante annuelle, herbacée, originaire d'Amérique du Sud. Elle a une morphologie représentative des variétés cultivées, constituée de racine, tige, feuille, fleur, fruit. Elle a un système radiculaire de type pivotant à tendance fasciculée, très dense et ramifiée. La tige peut se ramifier un grand nombre de fois et donne à la plante un aspect buissonnant. La feuille de tomate composée et dentée au bord du limbe comprend les folioles aux lobes très découpés. De nos jours, il existe des variétés hybrides, à croissance indéterminée, connues par leur bouquet floral séparé par trois feuilles. Chez les variétés à port déterminé, les inflorescences sont séparées par deux feuilles. Les fleurs de tomate sont hermaphrodites. Le terme désigne aussi ce fruit charnu, qui est l'un des légumes les plus importants dans l'alimentation et dans la santé humaine et qui se consomme frais ou transformé. La tomate, dont l'appartenance avait été reconnue par les botanistes de la Renaissance, elle a été classée scientifiquement par Carl Von Linné en 1753.

1.2 Méthodologie

La méthodologie comprend quatre phases principales.

1.2.1 Planification

Elle comprend l'étude préliminaire dont le choix du thème, le récapitulatif des objectifs de la recherche, l'élaboration du cadre logique du travail de recherche, l'identification des informations nécessaires et l'élaboration des fiches d'enquête.

1.2.2 Collecte des informations

Il s'agit de la documentation et la collecte des données sur terrain (enquête, observation, visite, ...) ; L'obtention d'informations, y compris sur le web, est essentielle à la préparation et à la réalisation du présent ouvrage.

1.2.3 Traitements et analyses des données

Le dépouillement des données codifiées permet d'estimer les résultats obtenus par les enquêtes et les questionnaires.

1.2.4 Rédaction

Après le traitement et analyse des données, la phase rédactionnelle a été réalisée par l'auteur, sous la direction des encadreurs professionnel d'une part, et pédagogique d'autre part, selon le guide pour la rédaction et de soutenance de Mémoire de fin d'études de Licence Professionnelle à l'IST d'Ambositra.

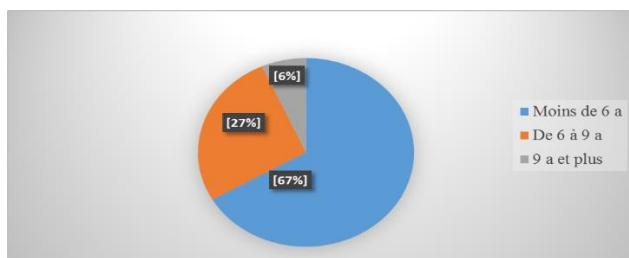
II. RESULTATS

2.1 Techniques culturales pratiquées

Le manque d'encadrement technique est mis en exergue. Il est aussi noté que les techniques culturales doivent être revues, en particulier l'aspect relatif au choix des semences.

2.2 Exploitation actuelle de la tomate à Andina

Les surfaces cultivées en tomate sont différentes pour chaque ménage, comme le montre le graphique ci-dessus. Avec ces trois classes identifiées, 67 % des ménages ont une surface cultivée en tomate moins de (6 a), 27 % des ménages ont entre (6 et 9 a), et 7 % pour ceux qui ont (9 a) et plus. L'utilisation en surface par ménages peut atteindre jusqu'à (10 a) au maximum et (1 a) en minimum.



2.3 Extension de la culture de tomates

	Surfaces d'extension possible par ménage (a)	Production possible par ménage (kg/an)
Moyenne	3,53	840,10
Maximum	10,00	3320,00
Minimum	0,00	0,00

Dans une optique d'augmentation et d'intensification de la production de tomate, un des moyens en visageables est l'extension des surfaces de culture de tomate, alors l'enquête a mené une moyenne de 3,53 ares.

Afin de pouvoir évaluer l'augmentation de la production, des projections de production basée sur les surfaces d'extension possibles ont été faites. Les résultats de cette projection de rendement seront montrés : Moyenne est de 840,10 kg/ménage (soit 78 % de la production sans extension).

2.4 Etude économique de la culture de tomate

Compte prévisionnel (Ar) de la production de la tomate pour une superficie de 1 are.			
Produits		Dépenses	
Production prévue selon la récolte de 300 kg de tomate à raison de 900 Ar/kg en saison pluviale	270 000	Intrants et matériels	54 600
Total	270 000	Main d'œuvre	56 000
Résultats de l'exploitation = 159 400 (60 %)			110 600

Les coûts d'exploitation varient en fonction de divers paramètres techniques et économiques, liés à la production.

Les paramètres économiques sont composés des salaires de la main d'œuvre qui sont de l'ordre de 56 000 Ariary, les achats d'intrants (tels que la fumure, les engrains minéraux, les semences, les produits phytosanitaires, les tuteurs), les investissements en matériels agricoles « garaba », arrosoir), de l'ordre de 54 600 Ariary. Il est noté que les paysans s'autonomes en semences et sur le statut foncier.

La culture de tomate a besoin beaucoup d'entretien, c'est pourquoi la main d'œuvre est supérieure à celle des couts des intrants.

Avec une récolte de 300 kg de tomate à raison de 900 Ar/kg en saison pluviale, la culture de la tomate permet aux paysans d'avoir un bénéfice de 159 400 Ar par a de surface soit 60 %, supérieur à celle de la dépense 110 600 Ar soit 40 %.

III. DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS

3.1 Discussions

	Andina	Autres Régions
Techniques culturales	-	-
Surfaces cultivées (a)	-	+
Rendement (t/an)	+	+
Economique	+	+

Le savoir-faire en technique cultural est faible à Andina où la surface de production est limitée. Il est recommandé une intensification de la culture. Mais, en termes de rendement à l'hectare et rentabilité économique, il n'y a pas tellement de différence significative rapporte aux autres régions de production de tomates.

3.2 Recommandations

Elles portent sur plusieurs aspects, partant du renforcement des capacités des paysans producteurs sur le choix des semences, sur l'utilisation des intrants comme la production de compost. Cela vise la minimisation des dépenses, tout en optimisant les ressources sur place, sur l'apport en eau. Tout cela doit se faire en fonction des besoins de la plante durant les différents stades végétatifs.

Sur le plan agronomique, de nouvelles variétés beaucoup plus performante, adaptées au milieu d'Andina devront être proposées aux paysans. Les systèmes culturaux telles que les SCV, les rotations de culture pourraient permettre d'avoir une gestion plus rationnelle des sols et d'améliorer les rendements.

Parmi les blocages des paysans, figure la faiblesse des moyens utilisés, que l'accès aux microfinances pourrait permettre d'améliorer ou encore la facilitation de l'accès à de nouveaux marchés, minimisant le passage par des intermédiaires qui réduisent les marges de bénéfices pour les paysans. Enfin, les tomates devront être transformées afin de valoriser les produits lors des périodes de pics de production et d'encourager les paysans à produire plus pour être toujours sûr de pouvoir écouler leurs produits.

IV. CONCLUSION

La situation actuelle de la plantation de la tomate dans la Commune Rurale d'Andina est caractérisée par un système d'exploitation de type familial de très petite taille.

Pour une contribution au développement de la culture de tomate, une extension de la superficie cultivable par paysan est une des solutions pour intensifier la culture de tomate. Elle peut, par ailleurs être rentable et viable à long terme si elle permet d'améliorer les revenus des paysans.

Actuellement, la culture de tomate, désormais une activité principale et représente une rentrée d'argent importante pour les agriculteurs, il est important de renforcer les acquis positifs enregistrés, de promouvoir une transformation qui est créatrice d'emplois et de richesse nationale, afin de valoriser ces potentialités, en vue d'améliorer les conditions de vie et contribuer significativement à la sécurité alimentaire.

48. Conversion de la bagasse en bioéthanol appliquée à la cuisson

RABENJARSON Hantasoa, RAKOTOMAVO Pascaline

Centre National de Recherches Industrielle et Technologique (CNRIT)

La bagasse est le résidu de la canne à sucre, après distillation. Elle constitue 50% de la canne à sucre à distiller. La distillation de la canne à sucre peut se faire à partir de trois procédés différents : le procédé artisanal, le semi industriel et l'industriel.

Pour chaque procédé, la technologie de production de bioéthanol à partir de la canne à sucre n'est pas pareille. Les uns utilisent la bagasse comme intrants, tandis que les autres ne l'utilisent même pas, mais la considèrent comme résidus ou déchets ; pourtant c'est une ressource valorisable pouvant être utilisée à divers fins.

L'objectif de cette recherche est de valoriser la bagasse **considérée comme résidu**, dans le but de fabriquer du bioéthanol utilisé comme un combustible de cuisson.

La méthodologie adoptée dans le cadre de cette recherche est, à la fois, qualitative et quantitative et nécessite, à priori, les activités suivantes : primo, la collecte de toutes les bagasses de provenances différentes (jus de canne, distillerie), en vue de les mélanger dans une bassine ; secundo, les imbiber de mélange d'eau et d'alcool de canne jusqu'au virage du mélange vers la coloration verdâtre ; tertio, les pré fermenter avec les enzymes composés de « riz germé et de plantes « *avicennia marina* » et additionnés d'algue séché préalablement imbibré jusqu'à l'obtention de moût jaunâtre (milieu anaérobique) ; quarto, les refermenter moyennant de levure jusqu'au revirement de la coloration du moût en noirâtre ; quinto, effectuer ensuite la distillation qui sera réalisée de préférence avec un feu constant.

A la fin de l'opération, on aura un rendement oscillant autour de 50% d'alcool à haut degré.

La valorisation de la bagasse est surtout la conversion enzymatique de la biomasse en sucre ; elle contribue pleinement à l'accroissement du rendement de production du bioéthanol et éventuellement à l'amélioration des conditions de vie des producteurs. C'est donc une source de revenus stable et durable.

I Introduction

La bagasse est composée des résidus fibreux issus du broyage (écrasement) de la canne à sucre coupée pour l'extraction du jus de canne. La bagasse représente environ 30% du poids de canne coupée amenée en usine (8000 tonnes de canne équivalent à 2400tonnes de bagasse). La bagasse est considérée comme un coproduit de la canne, plus que comme un déchet de l'industrie sucrière et rhumière. La bagasse est principalement composée d'eau (autour de 50 % en sortie de presse), de sucres résiduels, de lignocellulose dont des polysaccharides (cellulose et hémicellulose), de lignine et de matière minérale incombustible. Elle présente plusieurs intérêts : elle est dépourvue de [dioxyde de soufre](#), résulte d'une autre production, et sa combustion ne dégage que le [CO₂](#) fixé par la plante lors de sa croissance, quantité très réduite car le CO₂ consommé par le [métabolisme](#) autotrophe de la canne à sucre est pour la majeure partie stocké dans le sucre ;elle est résistante à des températures extrêmes et est biodégradable ; de ce fait, c'est une matière première et une source d'énergie pour la production de bioéthanol ; elle possède un pouvoir calorique supérieur à celui de nombreux lignites exploités dans le monde (1. 850 Kcal/Kg), ainsi 10 tonnes de bagasse équivalent à presque 2 tonnes de fuel lourd et une tonne de bagasse équivaut à 260 Kg de charbon, ou encore 550 Kg de bois.

Le tableau ci-après montre les caractéristiques physico-chimiques de la barosse :

Tableau 1 Caractéristiques physico-chimiques de la bagasse

Humidité, %	48-52
Teneur en fibres, %	43-52
Teneur en matières sèches solubles, %	2-6
Densité, g/m ³	150
PCI, kWh/t de bagasse	2100-2200

Le tableau ci-dessous donne les composants de la baqasse

Tableau 2 Composants de la baquette

Cellulose, %	Hémicellulose ,%	Lignine,%
39-50	25-35	20-28

II Méthodologie

Nous avons adopté la méthodologie de valorisation de la bagasse par la conversion en bioéthanol suivante :

La bagasse fraîche de la canne à sucre est prélevée sur les sites d'extraction ou presse de jus de canne artisanal dans quelques lieux de la capitale : Mahamasina, Antaninarenina, Analakely comme le montre la figure ci après :



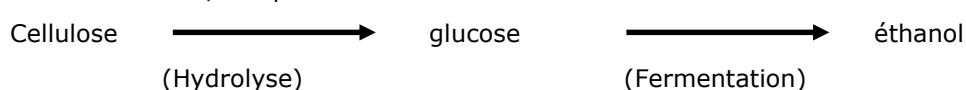
Figure1 Presse jus de canne

1-Prétraitement

Il s'agit de découper la bagasse de canne en petits morceaux de 1cm à 2cm de longueur, afin de libérer la surface de la fibre.

2-Hydrolyse et fermentation

La bagasse de canne est un substrat lignocellulosique constitué principalement de 39-50% de cellulose ; à l'état frais, elle contient un taux de sucre résiduel de 10-20% encore fermentescible comme le montre le réfractomètre, elle peut être alors transformée en éthanol suivant la réaction :



-L'hydrolyse se passe par la conversion de la cellulose en glucose selon la réaction :



Cette hydrolyse de la cellulose en glucose est difficile du fait de sa structure et de sa cristallinité, aussi opère-t-on à l'hydrolyse enzymatique par la cellulase.

L'hydrolyse enzymatique est la voie largement préconisée dans ce cas, car son prix de revient est plus favorable, elle n'a pas de problème de corrosion acide et contribue à la préservation de la nature.

La cellulase est produite à partir de bagasse et de riz germé.

Les conditions opératoires étant comme suit :

- Température 35-40°C
- Durée 48h
- Ph 4,4

-La fermentation se passe par la transformation du glucose ainsi obtenu en éthanol par la réaction:



La levure utilisée est le « *saccharomyces cerevisiae* »

Afin d'améliorer la fermentation, le procédé simultané d'hydrolyse enzymatique et de fermentation éthanolique a été opéré (procédé SSF) selon les conditions opératoires suivantes:

- Température 30-35°C
 - Durée 72h
 - Ph 4,6
- 3Distillation

La distillation du mélange éthanol-eau s'effectue dans un alambic dont le foyer est alimenté par de la bagasse séchée avec un PCI 1850Kcal/kg, on obtient de l'éthanol à un taux de 55% après 90mn de cuisson à feu constant.

III Résultats et Interprétation

Le rendement de la distillation de bagasse est de 50%, avec 25kg de bagasse prétraitée, nous avons obtenu 5l de bioéthanol à 50°C.

A température ambiante, la concentration d'éthanol augmente proportionnellement à la cellulase

Le choix d'enzymes employés lors de la fermentation est donné par la quantité de cellulose que contient la bagasse

IV Conclusion

La valorisation de la bagasse ou résidus fibreux, en vue de produire du bioéthanol est une technologie de gestion durable de déchets ; la conversion de la bagasse en bioéthanol contribue à l'accroissement de la production de l'énergie renouvelable, avec auto alimentation de la chaudière, elle entraîne non seulement la réduction de l'utilisation de bois de chauffe et du charbon de bois, mais également réduit les émissions de gaz à effet de serre, préservant ainsi l'environnement forestier.

L'utilisation de la bagasse en cuisson améliore le niveau de vie de la population, augmentant ainsi ses revenus

Bibliographie

“ Ethanol production via enzymatic hydrolysis sugarcane bagasse and straw”, Federal University of Rio de Janeiro- BRAZIL 1996

National Institute of ROURKELA 2007, « Production of ethanol from Bagasse » Department of Chemical Engineering

Annuaire Agricole 2010

Innovations agronomiques – HAITI 2011

49. L'agro biodiversité et agritourisme au cœur de développement territorial : le Cas des communes rurales Ranomafana et Sahambavy (région Haute-Matsiatra) et Ranomafana (région Vatovavy-Fitovinany), Madagascar

RANDRIANASOLO Herilalaina Fabien¹, Pr RAKOTONIRAINY²

¹Ecole Doctorale Ingénierie et Géoscience, ²CDE-Fianarantsoa

RESUME

Si le développement territorial incite une politique d'aménagement du territoire, l'aménagement touristique durable favorise le développement intégré, ordonné et harmonieux, permettant de stimuler la croissance en améliorant l'offre constituant le levier du tourisme durable. Aussi, ce travail a pour objectif de savoir comment l'aménagement touristique durable participe au développement du territoire local où l'étude devra faire ressortir, à travers les différentes méthodes polytechniques et outils méthodologiques, les formes et les divers types d'aménagements touristiques qu'on représente comme des signes d'occupation de la terre, dans cette zone touristique de *Ranomafana* et de *Sahambavy* appartenant respectivement aux régions de *Vatovavy Fitovinany* et de la *Haute Matsiatra des Hautes Terres malgaches*. De cet objectif global, les objectifs spécifiques sont de décrire et expliquer comment l'aménagement touristique est une nécessité vitale de toutes les actions de développement territorial, de déterminer les stratégies de développement du territoire, en mettant en exergue le secteur tourisme comme outil principal d'organisation spatiale et de gestion. L'étude cherche donc à comprendre pourquoi le tourisme, objet de tout projet d'aménagement, est fortement protégé et/ou gérée par les populations ; comment sa gestion est devenue au centre des enjeux économiques et des enjeux de pouvoir, pour de nombreux acteurs. Cette recherche sur l'aménagement touristique, basé sur l'utilisation du sol, se traduit donc par la répartition de l'espace, en zones homogènes ou également la répartition des différents endroits réservés à l'installation des différents équipements ou infrastructures d'accueil touristiques (centre d'accueil, installation sanitaire, hébergement communautaire), visant efficacement et durablement à la création d'emploi notamment à la réduction de la pauvreté en guise d'un réel changement et transformation sociale; et ceci dans une cadre d'analyse interdisciplinaire, transversal et multidimensionnel.

1-INTRODUCTION

Problématique et Méthodologie

Le CTA³⁵ de Fianarantsoa (1998) a identifié cinq principales activités humaines, contribuant à la dégradation des ressources naturelles dans le corridor. Mais la plus menaçante pour la survie de cette ressource est la pratique de « *tavy* ». Afin de pérenniser la couverture forestière qui reste, la Commune rurale et les membres du CDC³⁶ ont envisagé d'y développer l'écotourisme. Cette option est influencée, en partie, par la place occupée par Sahambavy et Ranomafana, en matière de tourisme. Dans le cadre de cette recherche, l'importance de l'aménagement touristique durable et leur application dans le concept du développement territorial de *Ranomafana* et de *Sahambavy* a suscité la problématique suivante :

Au niveau de l'espace régional de *Vatovavy Fitovinany* et de la *Haute Matsiatra*, l'aménagement de l'espace régional s'organisera autour de différents pôles où les pôles touristiques constituent, en grande partie, l'un des facteurs de développement économique local. De ce fait, l'aménagement touristique, en tant que problématique dans ces deux zones, l'aménagement touristique que nous allons essayer d'analyser dans les deux Communes rurales de *Ranomafana* et de *Sahambavy* concerne la valorisation des sites, la gestion durable du patrimoine naturel, notamment dans le cadre formel de la mise en place des plans ou des politiques de gestion publiques ou privées.« Dans quelle mesure, l'aménagement touristique durable favorise-t-il le développement territorial des communes rurales de *Ranomafana* et de *Sahambavy* »

METHODOLOGIE

Ainsi, lors de l'élaboration de cette thèse, en vue de préparer la communication scientifique, l'investigation des données qualitatives et quantitatives suit la démarche méthodologique appropriée, en tenant compte des techniques de recherche scientifique. Les approches méthodologiques sont l'approche contingente, stratégique, socio-historique, temporelle intégrée, interdisciplinaire et transversale.

³⁵ Cellule Technique d'Appui régional, dans le cadre de l'approche spatiale de la gestion des ressources naturelles et humaines (structure d'appui au PAE)

³⁶ Comité de Développement Communal : structure regroupant les représentants des forces vives dans la commune depuis les arrondissements jusqu'au niveau communal, tels que les élus, les paysans, les opérateurs économiques. Ce comité a la charge d'élaborer le plan de développement communal ou PDC.

Synthèse de la démarche méthodologique

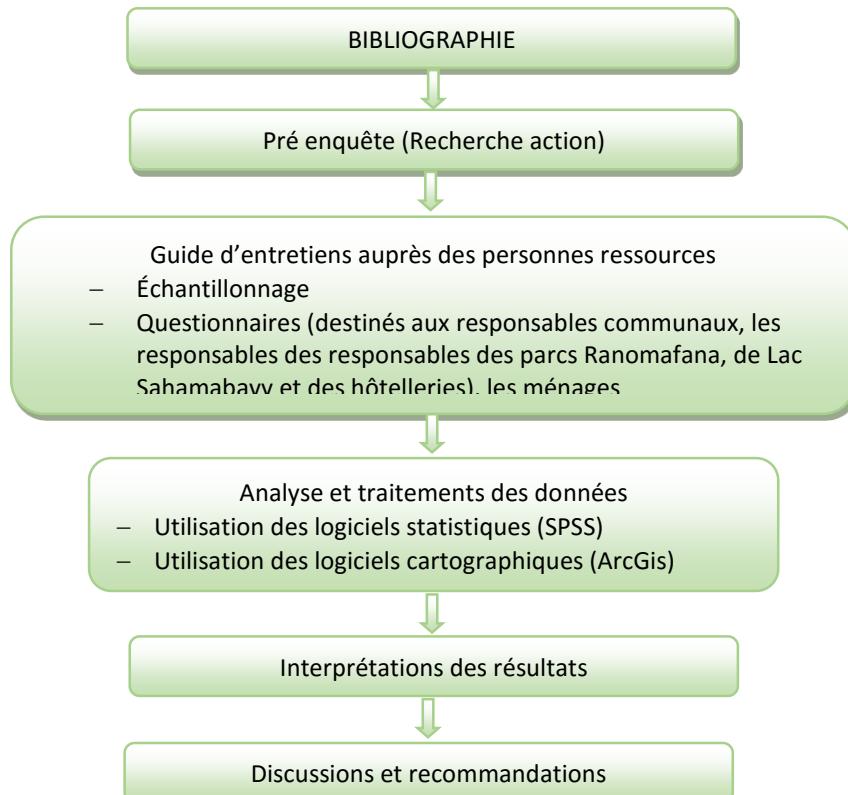


Figure1: Synthèse de la démarche méthodologique (Auteur, 2015)

2-RESULTATS ET INTERPRETATIONS DE L'ETUDE

A. POTENTIALITES TOURISTIQUES : COMMUNE RURALE DE SAHAMBAVY

La principale activité de la population tourne autour de la cueillette des feuilles de thé. Il s'agit de l'unique plantation de thé de Madagascar, avec près de 500 hectares de plantations. Le thé produit est majoritairement exporté vers le Kenya, culture qui a été introduite à Madagascar en 1970 et la plantation théicole est devenue un lieu touristique, gérée par la société SIDEXAM. Par ailleurs, la commune attire les touristes grâce à l'unique établissement hôtelier, situé au sud de la commune, le lac Hôtel.

Les paysages : avec les massifs granitiques du terroir d'Andohasambe entourant la vallée au Nord-Ouest, Ambohipanjakely, au Nord Ambohipanjakely, au Nord-Est, Ankarapisaka et au Sud, Ambohibe ; de Sahambavy à Andohasambe, avec une succession de plantations verdoyantes s'observe, le trajet traversant des hameaux permettant de voir les différents aménagements de « tanety » et de bas fonds, classique dans le monde rural ; les points d'eau, dont le lac près du chemin de fer qui a fait la renommé de Sahambavy.

Les éléments historiques et culturels, comme les anciens villages où les deux sites sommitaux d'Ambohibe et d'Ambohipanja étaient habités avant la période coloniale. Leurs organisations spatiales peuvent être reconstituées grâce aux traces relevées d'habitat, de parc à bœuf, de point d'eau, mais aussi les grottes de « 1947 » qui sont des grottes naturelles, à l'intérieur de la forêt où des traces de foyers ou « toko », des ossements de zébus restent visibles jusqu'à maintenant.

B. PONTENTIALITES TOURISTIQUES : COMMUNE RURALE RANOMAFANA

Tableau 1: Circuits existants dans le parc de Ranomafana

CIRCUITS	CARACTERISTIQUES
Circuit Amboditanimena	Circuit en boucle divisé en deux : circuit AKAKA (3km) et circuit SIFAKA (4km). Observations possibles : quelques espèces d'oiseaux aquatiques dont la plus
Circuit Sahamalaotra	Ce circuit en boucle et à pied amène à travers différents paysages dont la forêt de pandanus. Observations possibles : mantella, orchidées, giraffa, lémuriens, lac,
Circuit Soarano-Valohoaka	Grand circuit qui a pour itinéraire Ambodiamontana-campement-Valohoaka-Ambatovory-Masomanga. Observations possibles : paysage de forêt primaire, quelques espèces de lémuriens plus particulièrement...

Source : l'auteur, 2016

La Faune

Deux espèces de lémuriens, d'une grande rareté qui sont l'Hapalemur à nez camus (*Hapalemur simus*) d'une centaine d'individus et l'Hapalemur doré découvert en 1987 sont parmi les 26 espèces de mammifères recensées dans cette zone.

Source : Madagascar National Parks

4-DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS



A-DISCUSSIONS

Les deux communes rurales de Sahambavy et de Ranomafana ont été choisies pour l'étude de l'aménagement de l'espace touristique, vu les potentialités certaines. La question qui se pose réside dans le fait que, malgré ces opportunités, les communes soient sous-développées.

Le manque de modernisation des techniques et des machines agricoles se font sentir. Des pratiques destructrices de l'environnement persistent malgré les sensibilisations et vulgarisations de nouvelles cultures. Vouée surtout à l'autosubsistance, la pratique agricole dans les zones d'étude n'intègre point les facteurs touristiques. Par ailleurs, la sécheresse, l'inondation, les cyclones étant des catastrophes naturelles infument sur l'environnement et sur les activités.

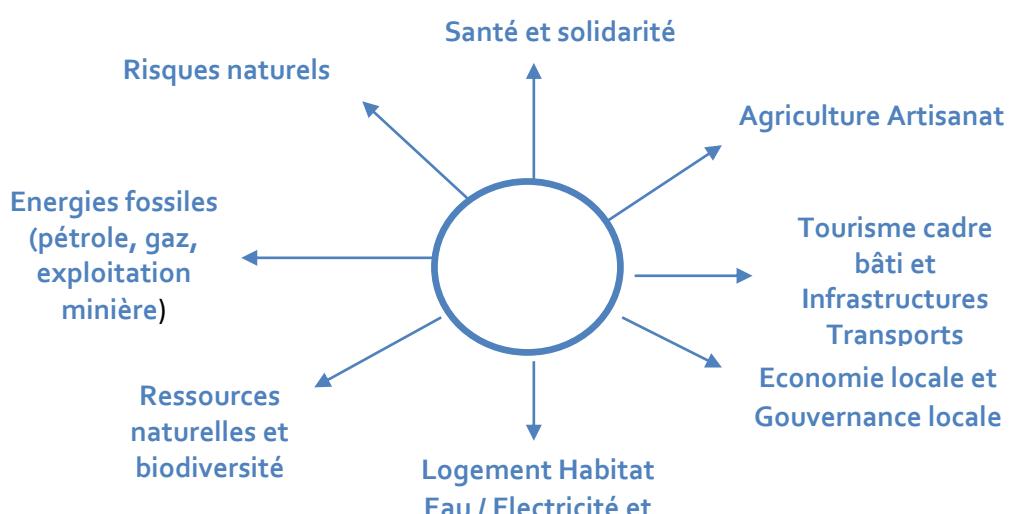
Cependant des aménagements ont pu se faire, tels que la création du parc National, la construction du FCE, de l'hôtel « lac Hôtel » ou de la société SIDEXAM en theiculture .

B-RECOMMANDATIONS

De nombreux concepts sont utilisés pour rendre ces destinations durables. Un de ces concepts est le capital touristique qui implique plusieurs facteurs et dimensions au niveau local même: spatial (localisation, qualité des lieux, conditions d'habitations, etc), politique (structures de gouvernance et de pouvoir, capacité de leadership politique, efficience des politiques publiques, etc), monétaire (capacité d'investissement, capital économique immobilisé), ressources (état de l'environnement et de ressources naturelles, infrastructurelles et paysagères), réputationnelle (image de la station, stratégie de communication et positionnement symbolique), ainsi que cognitive (connaissances et innovation).

Pour atteindre les objectifs d'adaptation au changement sur le territoire, il existe de nombreux leviers d'action qui vont structurer les territoires.

Schéma : Stratégie de planification d'actions opérationnelles



CONCLUSION

Les travaux de recherche ont abouti à apporter des réponses à la problématique par rapport aux atouts et/ou facteurs permettant le développement territorial intégré.

La première hypothèse tient compte des compétences des acteurs de développement et de l'approche participative des ménages locaux. Par rapport à cette situation, la loi sur le code de tourisme et sur l'Aménagement du territoire N°95-017 du 25 août 1995, a incité les responsables à prendre des mesures, en particulier à RANOMAFANA, en se basant sur l'interrelation entre l'Aménagement et le développement.

Pour la commune de SAHAMBAVY, la faisabilité de ces actions d'aménagement touristiques dépend des moyens financiers.

A un autre niveau, l'Aménagement de l'espace a fait l'objet de la création d'un centre de formation professionnelle à Sahambavy, mais il n'y a pas suffisamment de sites touristiques si on veut accroître les produits touristiques existants dans le fokontany de BEDIA; il faudrait élaborer une stratégie d'action, visant à impliquer les acteurs locaux –sur le plan opérationnel ; Une organisation des espaces de dialogue et d'échange avec les bailleurs et le partenaire technique et / ou financier devrait pouvoir se faire.

COMMUNICATIONS INTRODUCTIVES EN SEANCE PLENIERE

1. Agrobiodiversité et Recherche Agricole pour le Développement Rural

Par RAZAFINJARA Lala – DG du FOFIFA

2. Agrobiodiversité et résilience des systèmes agricoles

Par Vanesse Labeyrie, Hervé Saint Macary et Kirsten Vom Brocke – CIRAD

Introduction

Actuellement, un tiers de la population mondiale dépend de l'agriculture de subsistance. Ces systèmes agricoles permettent d'assurer l'alimentation de la famille, et également de dégager un surplus commercialisable lorsque les récoltes sont suffisantes. Il s'agit généralement de systèmes de culture très diversifiés au niveau spécifique (mélange d'espèces) et intraspécifique (mélanges de variétés).

La littérature sur le sujet est assez abondante, mais pour ne citer que quelques exemples, repris dans le tableau 1, Dove a recensé jusqu'à 44 variétés paysannes différentes de riz au sein de communautés rurales du Vietnam et 17, par foyer. Pour la patate douce, Bourke estime qu'il y a environ 5 000 variétés de patate douce, et il a recensé jusqu'à 20 variétés paysannes par foyer.

Des ordres de grandeurs similaires ont été évoqués pour la patate douce dans les Andes.

On constate donc que ces systèmes vivriers abritent une diversité considérable. Cette diversité est le fruit de la domestication de diverses espèces végétales par l'Homme, et de leur sélection depuis plus de 10 000 ans.

Tableau 1. Exemples de nombre de variétés observées dans différents pays / foyers.

		Nombre de variétés paysannes Par :			
Zone	Espèce	Pays	Communauté	Foyer	Auteur
Indonésie	Riz		44	17	(Dove 1985)
PNG	Patate douce	5 000	40	20	(Bourke 1982)
Andes	Pomme de terre	3 000		30	(Brush, et al. 1981)

Les systèmes agricoles vivriers présentent donc une très grande diversité, surtout comparé aux systèmes agricoles intensifs et commerciaux. On peut se demander à quoi sert cette diversité et quel est son rôle dans ces systèmes de production. Une des principales hypothèses est que la diversité augmente la résilience.

Notion de résilience et contribution de la diversité

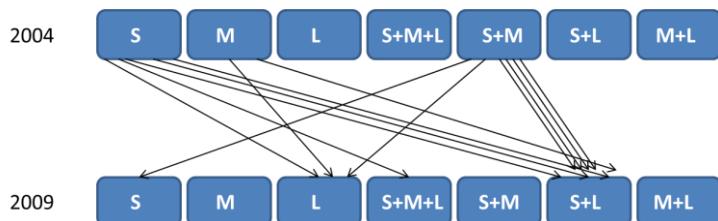
La résilience est la capacité d'un système à absorber une perturbation, à se réorganiser, et à continuer de fonctionner. Dans cette définition le terme de perturbation peut désigner des changements locaux ou globaux tels que :

- Les aléas climatiques climatiques
- La circulation des organismes
- La raréfaction des ressources
- Une économie ouverte.

Dans ces conditions, l'agrobiodiversité peut permettre, en faisant appel à différentes variétés d'une même espèce d'accéder à des capacités d'adaptation à des conditions agro-écologiques très diverses (climat, sol ...) et ainsi de s'adapter à des conditions de cultures diverses (spatialement) et variables (temporellement).

Un exemple d'utilisation est donné dans la figure ci-dessous (Ehret, 2010) où l'on constate que dans une communauté au Mali, une succession d'épisodes de sécheresse entre 2004 et 2009 a conduit les agriculteurs à faire évoluer l'utilisation de variétés à cycle court (s), moyen (m) ou long (l) vers une plus grande diversité.

Figure 1. Choix des variétés de sorgho dans les villages de Keniero (Mali).



On constate que les systèmes monovariétaux ont été quasiment tous remplacés par des systèmes plurivariétaux.

Il est bien connu par ailleurs que cultiver des mélanges de variétés permet de réduire l'impact des pathogènes & ravageurs, et de limiter les problèmes de contournement des résistances variétales par les pathogènes sur le long terme. Il est également possible de jouer sur les effets de dilution des plantes sensibles et de barrière à la dispersion des spores par les plantes résistantes.

On peut ici donner l'exemple de mélanges de variétés de riz sensible et résistantes à la pyriculariose (Zhu et al. 2000) dont le rendement est 89% supérieur et l'intensité de pyriculariose 94% inférieure par rapport à la monoculture.

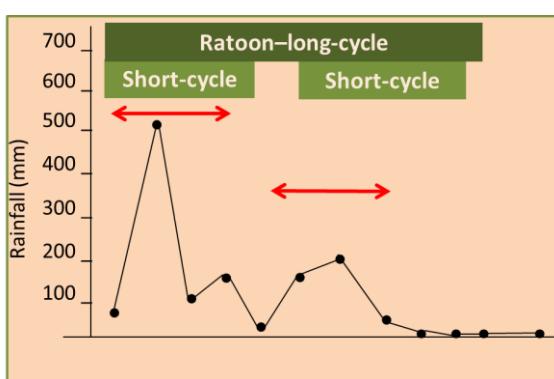
Des exemples célèbres de famines liées aux maladies de la pomme-de-terre en Irlande (XIXème) ou du taro au Samoa, décimé par le champignon pathogène *Phytophthora* illustrent, à l'inverse, le risque posé par une trop grande perte d'agrobiodiversité.

Cultiver des variétés présentant des phénotypes différents peut permettre d'utiliser plus efficacement les ressources : des phénotypes présentant des systèmes racinaires profonds et superficiels ne vont pas exploiter les mêmes zones du sol. Beaucoup d'autres formes de complémentarité, voire de coopération peuvent exister telles que les symbioses.

Cultiver des variétés présentant des durées de cycle différentes permet également d'étaler la charge de travail et la production au cours de l'année.

L'exemple fourni par la figure 2 (Clawson 1985) montre comment, au Kenya, les agriculteurs maintiennent des sorghos à cycle long, moins productifs, dans la mesure où ils ont leur système racinaire déjà développé lors de la seconde saison, plus aléatoire.

Figure 2. Sorghos à cycle long (ratoon) et court (short) au Kenya.



Conclusion

On retiendra que l'agrobiodiversité est un facteur majeur de résilience des systèmes agricoles face à la variation temporelle de leur environnement.

A l'échelle planétaire, conserver une large gamme de diversité permet de s'adapter aux changements:

- Variabilité climatique
- Introduction de nouveaux pathogènes & ravageurs des cultures
- Changements économiques (ex. variation du prix des cultures de rente)
- Changements sociétaux (ex. modification de la consommation et usages)

En revanche à l'échelle de l'agrosystème, la relation « plus de diversité = plus de résilience » n'est pas forcément vérifiée, la réalité est beaucoup plus complexe et mal connue, cela pose des questions à la recherche.

3. Agrobiodiversité: quels leviers pour une agriculture durable ?

Par Eric Blanchart, J. Trap, T. Becquer, L. Bernard, J-L. Chotte, T. Razafimbelo, M. Razafindrakoto, P. Ranoarisoa, O. Ratsiatosika, K. Razanamalala, B. Rabary, R. Randriamanantsoa, H. Raveloson, P. Autfray, J. Dusserre, K. Vom Brocke, L.M. Raboin, A. Riposte, P. Salgado, E. Scopel, M. Sester

IRD – LRI (UA) – FOFIFA – CIRAD - SPAD

1- Définition de l'agrobiodiversité

L'agrobiodiversité est un fondement de l'agriculture qui correspond l'ensemble des composantes de la biodiversité importantes pour l'alimentation et l'agriculture ; ce sont donc les composantes de la biodiversité qui constituent les écosystèmes agricoles ou agrosystèmes. L'agrobiodiversité comprend donc :

- les espèces gérées, qu'il s'agisse des plantes cultivées et des animaux domestiqués. Les espèces gérées sont celles qui fournissent à l'humanité des matériaux bruts et des biens alimentaires : nourriture, fibres (coton par exemple), fourrages, bois (logement, combustibles), plantes et racines médicinales, biocarburants. Cette agrobiodiversité fournit aussi des revenus et des moyens de subsistance aux agriculteurs. Enfin, elle joue une part importante dans le maintien de l'identité culturelle et la tradition (plantes médicinales par exemple).
- les espèces non ou peu gérées mais présents dans les paysages agricoles comme les espèces animales et végétales sauvages, les polliniseurs, les prédateurs et parasites, les organismes du sol. Cette biodiversité est particulièrement importante pour assurer la fourniture de services écosystémiques sur lesquels l'agriculture est basée (on peut alors parler de services agrosystémiques) : recyclage des nutriments, régulation des bioagresseurs et des maladies, pollinisation, régulation de la pollution et de l'érosion, maintien des cycles hydrologiques, régulation du climat (séquestration du carbone).

Afin d'accroître la production d'aliments ou de fibres, afin d'augmenter la fourniture de services agrosystémiques, afin d'améliorer la résilience des agrosystèmes face aux perturbations, et afin de soutenir le niveau de vie, il est donc particulièrement important d'augmenter cette agrobiodiversité dans les agrosystèmes. Ceci implique qu'il faut à la fois augmenter la diversité en nombre de gènes et d'espèces, favoriser les réseaux trophiques complexes et stimuler les interactions biologiques bénéfiques.

2- Bases écologiques de l'augmentation de l'agrobiodiversité

L'intérêt écologique de l'augmentation de la biodiversité a été maintes fois décrit dans la littérature scientifique (par exemple Hinsinger et al., 2011). Une association d'espèces (deux plantes par exemple) peut entraîner :

- soit de la compétition lorsque les espèces utilisent la même ressource (ressource azotée par exemple),
- soit de la complémentarité de niche lorsque les espèces utilisent des ressources différentes (par exemple une céréale utilise l'eau en saison sèche et un arbre associé peut utiliser l'eau en saison sèche),

- soit de la compétition ET de la complémentarité de niche ; c'est le cas d'une association entre une céréale et une légumineuse, la légumineuse pouvant utiliser la même ressource azotée dans le sol que la céréale mais également prélever du N atmosphérique,
- enfin, de la compétition ET de la facilitation lorsqu'une espèce facilite la croissance de l'autre espèce en fournissant une ressource non utilisée habituellement.

Cette base théorique a été maintes fois prouvée par l'expérimentation. De nombreuses études confirment tout l'intérêt d'associer des espèces et d'accroître cette agrobiodiversité. Concernant la production végétale et l'acquisition des nutriments par les plantes, Dusserre et al. (2009) montrent, à Madagascar, qu'une association de riz avec diverses espèces augmente la production de grains. Ceci est particulièrement vrai pour l'association avec Stylosanthes et Raphanus. Les bioagresseurs et les maladies sont également diminués par l'introduction d'espèces supplémentaires. C'est notamment le cas dans le système push-pull où des plantes de service repoussent les ravageurs tandis que d'autres attirent les ennemis naturels de ces ravageurs. A Madagascar, le GSDM (2008) a testé avec succès l'introduction de plantes pièges dans les rotations pour lutter contre le striga. Un autre exemple de Madagascar est l'utilisation du radis fourrager, efficace pour diminuer les attaques de vers blancs sur le riz (Avelino et al., 2011). La séquestration du carbone, en lien avec l'atténuation du changement climatique semble également être améliorée par l'augmentation du nombre d'espèces dans les agrosystèmes. La synthèse de Lange et al. (2014) montre clairement une relation entre stockage de carbone et richesse en espèces de plantes. Une augmentation de l'agrobiodiversité donne aussi aux petits producteurs des options pour gérer les risques climatiques et pour aider à tamponner les effets des événements climatiques extrêmes. Pour cela, un agriculteur peut planter des variétés qui murissent plus tôt pour limiter les effets des changements de saisonnalité ou encore semer en même temps différentes variétés de la même espèce pour répondre à la variabilité des précipitations. Enfin, une augmentation de l'agrobiodiversité est un moyen de varier l'alimentation et d'améliorer ainsi la nutrition.

Il est important de noter (i) que la plupart des travaux sur l'accroissement de l'agrobiodiversité concernent les plantes, (ii) que les services agrosystémiques sont plus importants lorsque la biodiversité est augmentée et (iii) que les bases écologiques de ces bénéfices sont plutôt bien connues. Mais il reste encore à comprendre les meilleures associations de plantes et leur faisabilité technique et acceptabilité par les producteurs.

Le dernier constat de la littérature est que l'augmentation de la biodiversité du sol dans les agrosystèmes est rarement prise en compte.

3- Accroître l'agrobiodiversité du sol

Les organismes du sol remplissent de nombreuses fonctions qui sont à la base de la production végétale et d'autres services agrosystémiques : ils décomposent les matières organiques, recyclent les nutriments et les rendent disponibles pour les plantes, maintiennent la structure du sol et son statut hydrique, régulent les populations de ravageurs et les maladies des plantes. Augmenter la biodiversité du sol et les fonctions qu'elle porte est donc très prometteur dans un cadre agroécologique de durabilité des systèmes. Des travaux récents menés à Madagascar permettent de mieux comprendre les fonctions de ces organismes dans les agrosystèmes rizicoles pluviaux des Hautes-Terres de Madagascar. D'un point de vue appliqué, il est possible d'intensifier le fonctionnement de ces organismes par diverses pratiques. Les apports de matière organique évoluée (composts, lombricomposts) et les inoculations d'organismes vivants permettent d'améliorer la productivité et la durabilité du système. A Madagascar, des introductions de vers de terre dans des parcelles paysannes ont permis d'augmenter le rendement en grains de 40% (Ratsiatosika, thèse en préparation). Ces mêmes vers de terre sont capables de limiter fortement la sévérité de la pyriculariose sur le riz (Blanchart et al., en préparation). D'autres travaux ont montré que certaines pratiques pouvaient favoriser la boucle microbienne assurée par les nématodes bactérvires du sol et qui libère des nutriments pour les plantes : présence d'arbres dans les parcelles, addition de matières organiques évoluées. Il est nécessaire de poursuivre ces études et de voir dans quelle mesure, acceptable par les paysans, on peut intensifier cette biodiversité du sol et intensifier les fonctions écologiques à l'interface sol-plante.

4- Conclusion

De nombreuses études scientifiques ont montré que l'augmentation de l'agrobiodiversité peut (FAO, Thrupp, 1997) :

- augmenter la productivité, la sécurité alimentaire et les retours sur investissements
- réduire la pression de l'agriculture sur les terres fragiles, les forêts et les espèces menacées
- rendre les systèmes agricoles plus stables, robustes et durables
- contribuer à la gestion des bioagresseurs et des maladies

- conserver le sol et augmenter la fertilité et la qualité des sols
- diversifier les produits et les opportunités de revenus
- réduire les risques vers la société
- aider à maximiser l'utilisation effective des ressources et de l'environnement
- réduire la dépendance aux intrants externes
- augmenter la nutrition humaine et fournir des sources de médicaments et vitamines
- conserver la structure de l'écosystème et la stabilité de la diversité des espèces

Cet accroissement de l'agrobiodiversité mérite toutefois des recherches plus approfondies concernant:

- La sélection variétale : sélection de variétés optimisées pour des apports organiques et des processus écologiques du sol
- La sélection variétale : sélection de variétés optimisées pour des associations
- les meilleures diversifications (plantes mais aussi sol) possibles, selon les contextes et selon les services visés
- les relations sol-plantes
- L'intensification des processus écologiques du sol

COMITE D'ORGANISATION

Coordonnateur Général : Claudine RAMIARISON

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

DIRECTION DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION

PARTENAIRES

Ministère d'auprès de la Présidence Chargé de l'Agriculture et de l'Elévage

Coopération Française (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 de Fianarantsoa

Universités et Instituts Supérieur de Madagascar

Centres et Instituts Nationaux de Recherche

COMMISSION SCIENTIFIQUE ET MEMBRES DU JURY

Président de Jury :

Clarisse RASOAMAMPIONONA – Université de Fianarantsoa

Membres de Jury :

RAKOTOZAFY Jean Claude Richard - Université de Fianarantsoa

ANDRIANOELISOA Hanitra - FOFIFA

Kirsten VOM BROCKE - CIRAD

Dominique HERVE - IRD

Matthieu FAU NOUGARET – PAGESUPRE coopération française

RAZAFINDRAJAONA Jean Marie IST Ambositra

RANDRIAMANANORO Jean Joseph – IST Ambositra

RAMANANKIERANA Heriniaina - CNRE

RAZAFINJARA Lala

PRESIDENTS DE SEANCE DES COMMUNICATIONS

RATSIMBASON Michel - CNARP

RASAMOELINA Henri – Université de Fianarantsoa

RAKOTOARIVELO Marie Laure - CIDST

Solange Marie RUPHIN – Université de Fianarantsoa

TOVONIRINA Rafolisy - LRI

Claude-Anne GAUTHIER - IRD

HERVE Saint Macary - CIRAD

Assistance Technique à la commission scientifique:

Sahondra RAKOTOASIMBOLA – DRI

Serge Kenny RAKOTONJANAHARY - DGRS

LES LAUREATS

COMMUNICATION ORALE

1^{er} : RAMAHAVALISOA Famenoantsa Francine

*Protocole de multiplication végétative du Tsiperifery (*Piper spp.*) pour sa gestion et valorisation durable*

Université Antananarivo

1^{er} : ANDRIANONY Sitraka.A.,

Statut immunitaire de poulets villageois vaccinés par I-2PESTAKOHO contre le virus de la maladie de Newcastle à Antananarivo, Madagascar

IMVAVET

3^{ème} : BAOHANTA Rondro Harinisainana

*Gestion de la qualité du lombricompost pour favoriser le développement de la biodiversité microbienne du sol et le développement du haricot (*Phaseolus vulgaris*)*

CNRE

COMMUNICATION AFFICHEE

1^{er} : RAVELONANOSY Nirisoa Tahiana

*Effets des fertilisants et du système de couverture végétale morte aux cultures de maïs (*Zea mays L.*), variétés Plata et IRAT200 améliorées attaquées par *Striga asiatica L. Kuntze* à Kianjasoa*

Université Atananaivo

2^{ème} : ANDRIAMAHEFA N. Tokiniaina

Enherbement des rizières et pratiques paysannes de lutte dans le périmètre rizicole d'Ambohibary Sambaina (Région Vakinakaratra)

FOFIFA

3^{ème} : RANDRIAMPENOHAJA Andriamanalina Razafimanana Jens

La lacto-fermentation des légumes : une méthode sûre et économiquement rentable pour l'agrobiodiversité

IST Ambositra