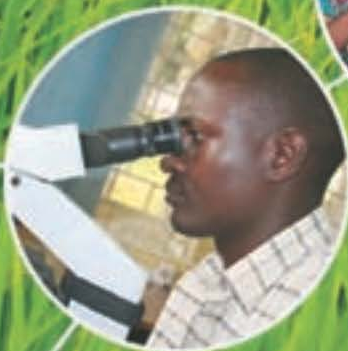


# Innovations agricoles au service du développement durable

*Contributions des finalistes de  
l'édition 2009/2010 des concours  
scientifiques ouverts aux femmes  
africaines et aux jeunes  
professionnels*

Volume 3 : Numéro 2







# Innovations agricoles au service du développement durable

Contributions des finalistes de l'édition 2009/2010 des concours  
scientifiques ouverts aux femmes africaines et aux jeunes  
professionnels

Volume 3, numéro 2

Partageons les connaissances au profit des communautés rurales



Forum pour la recherche agricole en Afrique  
12 Anmeda Street, Roman Ridge, PMB CT 173, Accra, Ghana



Agence de Planification et de Coordination du NEPAD



**Citation :** CTA et FARA 2011. *Innovations agricoles au service du développement durable. Contributions des finalistes de l'édition 2009/2010 des concours scientifiques ouverts aux femmes africaines et aux jeunes professionnels, Volume 3, numéro 2.* Septembre 2011. Accra, Ghana

Le FARA encourage l'exploitation équitable du présent document. Une citation en bonne et due forme est cependant requise.

**Forum pour la recherche agricole en Afrique (FARA)**

12 Anmeda Street, Roman Ridge

PMB CT 173, Accra, Ghana

Tél. : +233 302 772823 / 302 779421

Fax : +233 302 773676

Email : [info@fara-africa.org](mailto:info@fara-africa.org)

Site web : [www.fara-africa.org](http://www.fara-africa.org)

ISBN 978-9988-8373-2-0 (version imprimée)

ISBN 978-9988-8373-2-4 (pdf)

Révision : Guy Manners et Anne Sweetmore

Maquette : [www.bluepencil.in](http://www.bluepencil.in) / Impression : [www.pragati.com](http://www.pragati.com)



## Sommaire

Remerciements .....	vi
Avant-propos .....	1
<b>Rapport de synthèse : leçons tirées</b>	
<i>Judith Ann Francis et Myra Wopereis-Pura</i> .....	2
<b>Les femmes dans les concours scientifiques</b>	
Communication liminaire : Repositionnement stratégique de l'agro-biodiversité dans le secteur de l'horticulture au service du développement durable en Afrique <i>Professeur Abukutsa Mary Oyiea Onyango</i> .....	8
Les innovations technologiques et institutionnelles suscitées par la vidéo sur la technique d'étuvage du riz présentée par des agriculteurs à d'autres agriculteurs dans la région centrale du Bénin <i>Espérance Zossou</i> .....	17
Faune entomologique des légumes cultivés sur des jachères <i>N.J.M. Kouakam, M. Tindo, I.A. Parh et I. Nchoutnji</i> .....	25
Étude de la diversité génétique des variétés d'acacia senegal produisant de la gomme arabique au Kenya à l'aide de répétitions de séquences inter-simples (ISSR) et de marqueurs de répétition de séquences simples chloroplastiques (cpSSR) <i>Eunice W. Githae, C.K.K. Gachene, J.T. Njoka, D.W. Odee et S.F. Omondi</i> .....	31
Manioc : Ajout de valeur pour l'Afrique – genre et diversité comme force motrice <i>Petra Abdulsalam-Saghir</i> .....	38
Mise au point d'un outil d'appui à la prise de décisions dénommé Endiisa pour l'alimentation améliorée du cheptel laitier en Ouganda <i>Sarah L. Mubiru, Peter Wakholi, Annuciate Nakiganda, Harriet Ndagire Sempebwa, Agnes Namagembe, Jimmy Semakula, Ali Lule et Peter Kazibwe</i> .....	45
Contribution des chaînes de valeur rizicole et maraîchère à la sécurité alimentaire et aux revenus dans les bas-fonds dans les régions Sud du Bénin et du Mali : perceptions des agriculteurs sur les contraintes et opportunités et analyse de la rentabilité financière des systèmes de culture <i>A. Sounkoura, C. Ousmane, S. Eric, D. Urbain, A. Soule, P. Sonia et H. Joel</i> .....	51

Amélioration du matériel génétique pour la résistance à la maladie de la striure brune du manioc dans la région côtière du Kenya <i>T.L. Munga</i> .....	57
Une approche durable pour la prise en charge du foreur de cosses de légumineuse, <i>Maruca vitrata</i> , sur le haricot à Maurice <i>L. Unmole</i> .....	64
Évaluation économique des variétés de patate douce dans le cadre de différents systèmes de cultures associées au Nigeria <i>A. Amaefula et G.N. Asumugha</i> .....	72

### Les jeunes professionnels dans les concours scientifiques

Article liminaire : Comprendre les changements climatiques passés, présents et à venir de l'Afrique de l'Est à l'Afrique de l'Ouest <i>A. Gebrekirstos, A. Bräuning, M. Van Noordwijk et R. Mitlöhner</i> .....	77
Effet de l'urine humaine sur la production de l'aubergine ( <i>Solanum melongena</i> ) et l'accumulation du sel dans le sol <i>Delwendé Innocent Kiba, Moussa Bonzi, Francois Lompo, Noufou Ouandaogo et Papaoba Michel Sedego</i> .....	87
Territoires, troupeaux et biomasse : défis de gestion pour une utilisation durable des ressources au nord du Cameroun <i>Aimé Landry Dongmo</i> .....	96
Impact de la maladie de la mosaïque sur les variétés de patate douce en milieu rural au sud -Kivu, République démocratique du Congo <i>J.A.K. Rubabura et M.A. Bisusa</i> .....	104
Implication des agriculteurs dans le développement de technologies pour promouvoir la productivité de la patate douce au Kenya <i>J.K. Mwololo, P.W. Muturi, M.W.K. Mburu, R.W. Njeru, N. Kiarie, J.K. Munyua, E.M. Ateka, R.W. Muinga, R.E. Kapinga et B. Lemaga</i> .....	112
Impacts des projets proposés pour le développement de la monoculture à grande échelle sur les zones humides et les collectivités tributaires de ces zones, à Tana, province de la côte du Delta, au Kenya <i>Joan Aum Otengo</i> .....	119
Conception, construction et essai d'une batteuse de maïs à faible coût <i>J.N. Nwakaire et M. Mkpado</i> .....	124
Optimisation des ressources dans la production des principales denrées alimentaires et cultures de rente -une voie conduisant à la sécurité alimentaire et à la réduction de la pauvreté au Soudan <i>Elgilany Abdelhafeez Ahmed</i> .....	131
Élaboration de systèmes de surveillance appropriés des nuisibles et maladies apicoles pour une amélioration de la production de miel et d'autres produits de la ruche en Ouganda <i>Robert Kajobe</i> .....	138

Variation de l'activité biologique sur des parcelles comportant des cordons pierreux dans la province de Kouritenga, au Burkina Faso	
<i>Sabine Marie Flore Doamba et Hassan Bismarck Nacro</i> .....	146
Cours des matières premières, recettes budgétaires et croissance économique : étude de cas sur la Côte d'Ivoire	
<i>Nguiakam Sandrine et Kabore Augustin</i> .....	154
Caractérisation morphologique du matériel génétique de l'aubergine d'Afrique (espèce <i>Solanum</i> ) dans certains pays africains	
<i>M.K. Osei, M.O. Oluoch, C.K. Osei et B. Banful</i> .....	163
Technologie de réensemencement d'herbages graminacées comme moyen de réhabilitation des terres dégradées et d'amélioration des moyens de subsistance des communautés agro-pastorales dans la région semi-aride du Kenya	
<i>K.Z. Mganga, N.K.R. Musimba, M.M. Nyangito, D.M. Nyariki, A.W. Mwangombe, W.N. Ekaya, W.M. Muiru, D. Clavel, J. Francis, R. von Kaufmann et J. Verhagen</i> .....	170
Effets du stress hygrométrique lors de la floraison sur les caractères phénotypiques de races primitives locales de maïs sélectionnées au Kenya	
<i>S.W. Munyiri, R.S. Pathak, I.M. Tabu et D.C. Gemenet</i> .....	177
Considérer les déchets comme ressources précieuses, exemple de l'industrie de la canne à sucre à Maurice	
<i>A. Soobadar</i> .....	184
Moyens de subsistance ruraux et changements de politiques agricoles au Malawi	
<i>Mariam A.T.J. Mapila</i> .....	190
Évaluation d'impact des déductions de remboursement post-récolte sur la rentabilité des petits planteurs de canne à sucre : étude de cas de l'Association des planteurs de canne à sucre de Ruembe	
<i>Lutengano Mwinuka</i> .....	196
<b>Annexe 1</b>	
Aperçu du programme .....	202
À propos des partenaires .....	205
Sigles .....	206



## Remerciements

Le CTA et le FARA aimeraient adresser leur sincère gratitude aux partenaires du consortium, que sont AGRA, ANAFE, l'Agence du NEPAD et RUFORUM, pour avoir fait de l'édition 2009/2010 des concours scientifiques ouverts aux femmes et aux jeunes professionnels un succès. Cette autre activité de collaboration démontre clairement que les partenariats impliquant de multiples parties prenantes contribuent à l'autonomisation des femmes africaines et des jeunes professionnels pour garantir la pérennité de la science, de la technologie et de l'innovation au service du développement agricole et rural en Afrique. Les organisateurs remercient également les femmes et les jeunes professionnels qui ont soumis des articles ayant débouché, au bout du compte, sur cette publication singulière. Nous saluons le dévouement et l'engagement des auteurs et des collaborateurs qui ont permis de faire de cette publication une réalité.

Nous remercions également les membres du Panel d'experts représentant les organisations partenaires, les membres du jury du concours – professeur Ameenah Gurib-Fakim, ancien pro-vice recteur de l'Université de Maurice ; M. Sylvester Dixon Baguma, Directeur par intérim de l'Organisation nationale de recherche agricole (NARO), Ouganda ; Dr M.L. Dia, Directeur de recherche, Mauritanie ; Dr Demba Farba Mbaye, Directeur du Centre pour le développement de l'horticulture, Institut sénégalais de recherche agricole (CDH/ISRA), Sénégal ; Dr Judith Ngalande Lungu, Doyen de l'École de sciences agronomiques, Université de Zambie ; le consultant externe, Dr Fetien Abay Abera, professeur agrégé en amélioration des plantes et en semences et Directeur de l'Institut d'étude sur l'environnement, le genre et le développement, Université de Mekelle, Éthiopie, qui ont apporté un soutien aux membres du jury et au panel d'experts pour évaluer l'ensemble des articles scientifiques et déclarer les finalistes.

Nous souhaitons, pour finir, exprimer nos infinis remerciements à l'équipe de rédaction pour son engagement ferme à faire en sorte que cette publication réponde à une norme élevée.





## Avant-propos

La présente publication fait suite à la seconde édition du Concours scientifique ouvert aux femmes et aux jeunes professionnels à l'échelle de l'Afrique et présente les résultats de ceux qui ont participé aux deux concours. Cette publication vient à son heure dans la mesure où l'Afrique entre dans une décennie prometteuse de croissance économique dynamique, dans laquelle l'agriculture joue un rôle déterminant en tant que facteur essentiel de développement socioéconomique. Les innovations, les idées et expériences pratiques deviennent de plus en plus importantes pour la prise de décisions, en particulier en matière d'investissement dans l'agriculture. Le FARA, le CTA et les autres co-organisateurs sont convaincus que l'information et la connaissance, en particulier celles produites à partir des travaux de recherche sur les problèmes africains, devraient être communiquées à un large éventail de publics pour favoriser d'autres innovations et renforcer les initiatives entrepreneuriales à travers le continent.

Nous sommes heureux de présenter les articles « gagnants » et les contributions de femmes et de jeunes professionnels brillants et entreprenants qui ont contribué au succès de l'édition 2009/2010 des deux concours. Ce sont des articles uniques en ce sens qu'ils fournissent non seulement des éclairages sur la recherche qui est en cours pour résoudre les problèmes de l'Afrique, mais ils démontrent également l'excellence et la capacité des lauréats à transmettre les résultats de leurs recherches. La plupart des lauréats travaillent avec des agriculteurs pour résoudre les défis quotidiens auxquels ces derniers sont confrontés en ce qui concerne la gestion des cultures et de la production animale, l'accès aux marchés et la mécanisation de l'agriculture. Le large éventail de sujets traités (allant de l'élaboration d'outils d'appui à la prise de décisions par les agriculteurs et à l'amélioration de la gestion des ordures, en passant par l'identification des caractéristiques génétiques des cultures) atteste du potentiel de la recherche agricole africaine à apporter des solutions à des problèmes complexes. Les concours démontrent également que, dans les systèmes nationaux, la recherche et l'analyse économiques sont aussi importantes que la fourniture de services d'appui efficaces et efficaces aux agriculteurs. Il s'avère nécessaire d'équilibrer la recherche avec des interventions basées sur les besoins qui se posent sur le terrain.

La présente publication comprend non seulement les articles publiés par les lauréats, mais également ceux de l'ensemble des finalistes. La diversité des articles est d'autant plus intéressante qu'elle va au-delà de l'amélioration et de l'identification classiques des caractères génétiques des produits agricoles pour intégrer des sujets tels l'accroissement du rendement des apiculteurs et la conception de systèmes techniques à faible coût destinés à améliorer la production agricole.

Pour le FARA, le CTA et nos partenaires régionaux et continentaux, la présente publication est une publication majeure, non seulement pour encourager les femmes et les jeunes professionnels africains impliqués dans la science, mais également pour souligner l'importance de l'investissement dans les femmes et les générations futures. Grâce à un environnement de politique favorable et à l'encadrement par des scientifiques et des entrepreneurs pétris de connaissances, ces femmes et ces jeunes peuvent conduire le continent africain aux frontières de l'excellence scientifique qui répond aux besoins et aux aspirations de ses agriculteurs.

**Monty Jones**  
Directeur exécutif  
du FARA

**Michael Hailu**  
Directeur  
du CTA



## Rapport de synthèse : leçons tirées

Judith Ann Francis<sup>1</sup> et Myra Wopereis-Pura<sup>2</sup>

L'excellence dans les domaines de la science de même que l'innovation et la communication efficace des résultats en vue de réaliser un impact significatif constituent des facteurs importants pour l'amélioration des performances agricoles et le développement social en Afrique. L'édition 2009/2010 des Concours scientifiques ouverts aux femmes et aux jeunes professionnels à travers l'Afrique a eu pour objectif d'identifier et d'accorder de la reconnaissance aux chercheurs hors-pairs qui se sont engagés à transmettre les extrants (connaissances, technologies, approches) aux agriculteurs et à d'autres acteurs agricoles clés ainsi qu'à faire du plaidoyer en faveur des changements de politique visant à optimiser les avantages résultant des développements scientifiques et technologiques. Le fondement philosophique sous-tendant les concours scientifiques est que la reconnaissance et la promotion des réalisations des femmes scientifiques et des jeunes professionnels vont les motiver à entreprendre des travaux de recherche plus innovants afin d'apporter des réponses aux problèmes du continent et de susciter des investissements accrus de la part des gouvernements africains et de la communauté internationale. Le but secondaire consiste à accroître la visibilité de la recherche agricole comme option de carrière importante et prometteuse.

En Afrique subsaharienne, l'agriculture représente environ 30 % du produit intérieur brut (PIB) du continent et 70 à 80 % de l'emploi. Investir dans le secteur agricole est considéré comme essentiel pour stimuler les économies africaines. Cet investissement offre les meilleures perspectives, non seulement pour répondre aux objectifs de sécurité alimentaire et nutritionnelle, mais également pour améliorer les revenus agricoles et susciter des effets multiplicateurs grâce à l'ajout de valeurs. L'importance des performances agricoles renforcées pour le développement socioéconomique de l'Afrique ne fait plus l'objet d'aucun doute et des preuves récentes ont montré l'impact transformationnel des pays africains performants et qui se démarquent, tels le Ghana, le Kenya, le Malawi et le Rwanda.

Toutefois, en dépit du potentiel agricole, le financement, aussi bien intérieur qu'extérieur, pour la recherche agricole est en baisse depuis les années 80 et demeure stagnant en termes de dépenses budgétaires nationales et d'investissement direct étranger. Des engagements d'accroissement du financement de la recherche ont été pris, mais ils n'ont pas été tenus dans les proportions nécessaires pour donner à l'agriculture africaine le grand coup de pouce dont il a besoin pour faire le saut quantitatif dans le 21<sup>ème</sup> siècle. L'agriculture étant également considérée comme un secteur à haut risque et à faibles rendements, l'investissement du secteur privé dans la recherche et le développement est également faible. Les petits agriculteurs (en particulier les femmes qui sont les plus grands investisseurs dans l'agriculture africaine) n'ont pas suffisamment accès aux connaissances et au capital nécessaire et demeurent donc marginalisés. La majorité des jeunes africains ne perçoivent pas d'avenir viable dans l'agriculture.

---

1. Coordinateur principal de programme, Stratégie de la science et de la technologie, CTA, Wageningen, Pays-Bas.

2. Directeur, Accès aux connaissances et aux technologies, Forum pour la recherche agricole en Afrique (FARA), Accra, Ghana.

Il existe peu de preuves disponibles pour corroborer, soit l'impact potentiel, soit l'impact démontré de l'investissement dans les innovations scientifiques et technologiques en vue d'améliorer l'existence des agriculteurs des communautés rurales et réduire ainsi la pauvreté, la malnutrition et le chômage ; ce facteur contribue au faible niveau d'allocations budgétaires nationales à la recherche agricole. L'organisation défaillante, les déficits humains et techniques et la vision stratégique limitée exacerbent les problèmes. Or, il est entrepris en Afrique des travaux de recherche agricole qui font la différence.

Il est en conséquence nécessaire de mettre en exergue les résultats positifs et les contributions au développement durable de la recherche agricole et des innovations technologiques et, ce, de manière cohérente et d'en assurer une couverture nationale, continentale et internationale. Depuis 2008, un consortium d'organisations africaines et leurs partenaires internationaux au développement ont initié une collaboration visant à promouvoir l'excellence dans les domaines de la recherche agricole, de la science et de l'innovation, en récompensant les scientifiques africains de sexe féminin et les jeunes professionnels dont les travaux attestent d'un impact positif et potentiel sur l'agriculture et les moyens de subsistance ruraux. Les concours de 2009/2010 sont les seconds de la série. Bien qu'il existait auparavant différents prix, c'est le premier processus dédié à la promotion de l'excellence en matière de recherche agricole menée par les femmes africaines et les jeunes professionnels et reposant sur des critères définis par des institutions africaines.

Le but de l'édition 2009/2010 des Concours scientifiques ouverts aux femmes et aux jeunes professionnels dans toute l'Afrique était de reconnaître et de récompenser le dur labeur et l'excellence des femmes et des jeunes professionnels qui sont engagés dans la recherche novatrice et d'avant-garde et communiquent les **extrants** (connaissances, technologies, approches) en vue d'améliorer le rendement agricole et les moyens de subsistance des communautés rurales. Les objectifs étaient les suivants :

- susciter chez les femmes et les jeunes professionnels une prise de conscience quant à leur potentiel à contribuer au développement de l'Afrique et des opportunités pour réaliser leurs objectifs et ambitions personnels par des carrières dans les domaines de la science et de l'agriculture ;
- démontrer le rôle déterminant des jeunes professionnels et des femmes dans les domaines de la science, de la technologie et de l'innovation aux niveaux communautaire, national, régional et mondial ;
- envoyer aux femmes et aux jeunes professionnels des signaux forts attestant que leurs efforts et initiatives sont en train d'être reconnus ;
- motiver les femmes et les jeunes professionnels et favoriser l'engagement en faveur de l'excellence dans la recherche, la technologie et l'innovation et la communication des résultats, en vue de l'accroissement de l'impact de la recherche sur le développement socioéconomique.

Les concours ont été lancés en août 2009. Le processus d'évaluation a comporté trois étapes. Des résumés détaillés ont été sollicités et examinés par un panel d'experts dont les membres ont été sélectionnés au CTA, au FARA, à l'AGRA, à l'ANAFE et au RUFORUM. Cette phase a été suivie de la soumission et de l'évaluation des articles scientifiques complets qui répondaient aux critères définis et de la soutenance orale des soumissions venues en tête de liste devant un jury indépendant. Les articles complets ont également été évalués par un consultant externe, en la personne de Dr Fetien Abay Abera, de l'Université de Mekelle.

Ce sont au total 100 résumés, dans le cadre des deux concours scientifiques, qui ont été reçus de la part de candidats rattachés à des universités, à des organisations de recherche, à des sociétés et organisations non gouvernementales de 15 pays africains. Les 41 candidats venant en tête de liste ont été retenus pour rédiger leurs résumés en articles complets, conformément aux directives approuvées et 27 d'entre eux ont été sélectionnés (18 jeunes professionnels et 9 femmes) pour participer au concours pour les cinq premières places dans chaque catégorie.

Les résumés ont porté sur un large éventail de sujets allant de la gestion des nuisibles et des maladies, à l'analyse de l'impact de l'utilisation des TIC, en passant par la caractérisation morphologique, les biocarburants, la séquestration du carbone, la fertilité des sols, le changement climatique, les chauffe-eau solaires. Les travaux de recherche ont porté sur des défis critiques et les développements technologiques et ont contribué à l'amélioration des technologies, à l'accroissement du rendement et à l'amélioration des connaissances sur les espèces indigènes et une meilleure compréhension des stratégies d'adaptation des agriculteurs.

Il a été demandé aux 27 premiers scientifiques qui ont participé aux finales et venant en tête de liste de faire des exposés oraux, lesquels ont été évalués par une équipe indépendante de juges expérimentés et pluridisciplinaires, sélectionnés dans des universités et des organisations de recherche africaines. Les finales ont été organisées pendant la cinquième Semaine africaine de sciences agricoles et l'Assemblée générale du FARA qui se sont tenues au Burkina Faso, les 19 et 20 juillet 2010.

Les critères énumérés ci-après ont été pris en compte à toutes les étapes des concours :

- logique et contenu, y compris la conception scientifique, l'analyse statistique et la présentation des données, l'interprétation des résultats et les conclusions ;
- communication – exposés écrits et oraux, et stratégies utilisées pour le partage des extrants avec les parties prenantes clés, notamment les agriculteurs et les décideurs ;
- l'impact (démonstré ou potentiel, sur le rendement, les moyens de subsistance, l'autonomisation des agriculteurs, les femmes et les jeunes) ;
- l'innovation et l'originalité.

Les membres du jury indépendant ont fondé leurs évaluations exclusivement sur les présentations orales faites lors des finales. Le panel d'experts et le consultant externe ont fondé, eux, leurs évaluations exclusivement sur les articles rédigés – résumés et articles en intégralité. Les notes d'évaluation attribuées par le panel d'experts, le consultant externe et les membres du jury ont ensuite été colligées pour sélectionner l'ensemble des lauréats pour les cinq premiers prix de chaque catégorie.

L'Encadré 1 montre les candidats venant en tête de liste. La distinction entre les lauréats a été basée sur l'originalité et l'innovation de leurs œuvres scientifiques et leur capacité à communiquer les résultats aux utilisateurs et aux décideurs visés.

L'enseignement le plus important tiré des concours scientifiques tient au fait qu'il existe une grande diversité d'approches de recherche fondamentale et appliquée tournée vers le développement visant la résolution des vrais problèmes auxquels l'Afrique est confrontée. La créativité et des justifications/développements clairs du problème spécifique abordé ont été mis en exergue. Des travaux de recherche innovants ont été présentés sur la production de technologies à faible coût, l'utilisation des TIC, la caractérisation de l'agro-biodiversité (y compris les ressources indigènes), l'amélioration des aliments pour animaux et la lutte contre le changement climatique. Des différences majeures ont été observées dans la conception, les méthodologies et les stratégies de communication.

Le travail d'équipe est une préoccupation courante dans la recherche agricole et une approche interdisciplinaire est nécessaire pour résoudre les problèmes interdépendants auxquels est confronté le secteur agricole. Pour les bons chercheurs dans le domaine de l'agronomie, le défi et l'opportunité consistent à créer une plateforme commune de travail interdisciplinaire, de sorte que les membres de l'équipe puissent se rallier autour de problèmes, non seulement d'intérêt personnel, mais également sortant de leurs propres disciplines, de manière à pouvoir réaliser conjointement les objectifs de l'équipe. Certains des travaux présentés ont montré la pratique de travaux de recherche pluridisciplinaire, mais la plupart des projets ont été menés selon des axes scientifiques individuels.

## Encadré 1. Principaux lauréats de l'édition 2009/2010 des Concours scientifiques à l'échelle de l'Afrique

### Principales lauréates du Concours scientifique ouvert aux femmes

1<sup>er</sup> prix : Dr Sarah Lubanga Mubiru d'Ouganda pour « Élaboration de l'outil « Endiisa » d'appui à la décision pour l'alimentation améliorée du cheptel laitier en Ouganda »



2<sup>ème</sup> prix : Dr Theresia Luvuno Munga du Kenya pour « L'amélioration génétique pour la résistance à la maladie striée du manioc dans la région côtière du Kenya »



3<sup>ème</sup> prix : Mme Esperance Benedicte Zossou du Bénin pour « Les innovations technologiques et institutionnelles suscitées par la vidéo sur la technique d'étuvage du riz présentée par des agriculteurs à d'autres agriculteurs dans la région centrale du Bénin »

4<sup>ème</sup> prix : Mme Lalini Unmole de Maurice pour « Une approche durable pour la prise en charge du foreur de légumineuse, Maruca vitrata, sur le haricot à Maurice »

5<sup>ème</sup> Prix : Mme Eunice Wamuyu Githae du Kenya pour « Étude de la diversité génétique des variétés d'acacia senegal produisant de la gomme arabique au Kenya à l'aide de répétition de séquences inter-simples (ISSR) et de marqueurs de répétition de séquences simples chloroplastiques »

### Principaux lauréats du Concours pour les jeunes professionnels



1<sup>er</sup> prix : Mme Sandrine Nguakam du Cameroun pour « Cours des matières premières, recettes budgétaires et croissance économique : cas de la Côte d'Ivoire »



2<sup>ème</sup> prix : M. Kevin Zowe Mganga du Kenya pour « Réensemencement – passerelle pour une réhabilitation réussie, la sécurité alimentaire et des moyens ruraux de subsistance durables sur les terres arides en Afrique »



3<sup>ème</sup> prix : Dr Aneesa Soobedar de Maurice pour « Considérer les déchets comme ressources précieuses, exemple de l'industrie de la canne à sucre à Maurice »

4<sup>ème</sup> prix : Dr Robert Kajobe d'Ouganda pour « Élaboration de systèmes de surveillance appropriés des nuisibles et maladies apicoles pour une amélioration de la production de miel et d'autres produits de la ruche en Ouganda »

5<sup>ème</sup> prix : M. Michael Kwabena Osei du Ghana pour « Caractérisation morphologique du matériel génétique de l'aubergine d'Afrique (espèces Solanum) dans certains pays africains et Mme Wendkhoumi Sabine Marie Flore Doamba du Burkina Faso pour « Variation de l'activité biologique sur des parcelles comportant des cordons pierreux dans la province de Kouritenga, au Burkina Faso »



Lors de l'exposé oral, hormis dans quelques cas (la présentation de l'ENDII SA faite par le lauréat du premier prix du concours féminin, par exemple), les scientifiques étaient enclins à faire leur propre promotion. Toutefois, on devrait reconnaître les contributions des membres des équipes visant à promouvoir les avantages du développement de réseaux inclusifs et efficaces et à éviter que les questions d'ordre éthique concernant le **droit de propriété** ne se posent. L'opportunité donnée aux femmes et jeunes scientifiques d'être reconnus au niveau africain doit être exploitée pour maintenir les contacts pris, assurer des formations croisées chaque fois que possible, se présenter à des concours en équipe dans le cadre d'autres concours, collaborer et travailler en réseau dans le cadre de projets de recherche conjoints.

Le protocole expérimental et l'analyse des données ont été perçus comme étant des défis, aussi bien pour les femmes que pour les jeunes professionnels. De nombreuses analyses ont été basées sur des statistiques descriptives. Les meilleures compétences analytiques ont été davantage observées dans le concours féminin que dans celui des jeunes professionnels. Avant de commencer une expérience, les chercheurs doivent décider de la méthode de recherche et du protocole expérimental, de l'échelle de mesure à utiliser pour quantifier les réponses et, de façon idéale, de la méthode d'analyse et d'expression des données obtenues. Ces décisions sont interdépendantes – les méthodes statistiques appropriées à l'analyse des données dépendent de l'échelle de mesure choisie et du protocole expérimental. En fait, le protocole choisi peut limiter les analyses possibles et l'échelle de mesure peut déterminer les protocoles qu'il conviendrait d'utiliser. On s'est aperçu que ces capacités étaient faibles ou inexistantes dans quelques articles. La formation à court terme en protocole de recherche et en renforcement des capacités en biométrie et analyse des données est donc recommandée comme nécessaire et d'une importance stratégique. Du fait de ces problèmes, la publication, la diffusion et la communication des résultats pourraient être limitées.

La plupart des jeunes professionnels et des femmes chercheurs conservent leurs travaux sous forme de résultats non publiés. Les concours scientifiques ont favorisé une prise de conscience et ont constitué une plateforme de partage d'expériences et d'encouragement de la collaboration entre les scientifiques africains. Les échanges informels entre les participants, le panel d'experts et les membres du jury ont été fort bien appréciés, en dépit de certaines barrières linguistiques entre pays francophones et anglophones. L'opportunité de bénéficier d'une correction scientifique, d'une publication et d'une diffusion des articles sous format imprimé et électronique, grâce aux concours, contribue au renforcement des capacités et constitue une valeur ajoutée dans la mesure où cela contribue à la base de savoirs de l'Afrique.

Des directives plus strictes doivent être élaborées et respectées lorsqu'on évalue la stratégie de communication, en particulier relativement à la détermination de la manière dont les résultats de la recherche ont été partagés avec les diverses parties prenantes. Les résultats ont-ils été communiqués au niveau des communautés, à des pairs ou à des décideurs ? Ont-ils été partagés avec des publics locaux, nationaux et internationaux, le grand public ou un public technique ou les deux catégories de public et dans quel format ? La stratégie a-t-elle été efficace ?

La diversité des sujets de recherche présentés dans le cadre des concours exige des membres du jury et du panel d'experts des connaissances et des compétences pluridisciplinaires. Cette exigence a été satisfaite dans une certaine mesure dans la seconde édition des concours, mais davantage peut être fait et le panel d'experts devrait être étendu pour les concours à venir. La stratégie utilisée pour impliquer dans la seconde édition les lauréats de la première édition des concours scientifiques en tant qu'encadreurs, orateurs principaux, membres du panel d'experts et membres du jury a été encourageante et appréciée et devrait se poursuivre. Il demeure un défi qui tient à la méthode pour renforcer le travail en réseau, le maintenir actif et assurer un mentorat, en particulier pour les jeunes professionnels et les femmes scientifiques aspirantes. Il est également important que les lauréats eux-mêmes contribuent à la création de tels liens et à leur maintien.

En conclusion, les concours ont donné une vue d'ensemble des activités de recherche et de développement agricole en cours à travers l'Afrique. La recherche en Afrique pourrait encore bénéficier d'un travail d'équipe amélioré entre les scientifiques de diverses disciplines. Une plus grande interaction et une plus grande collaboration avec les scientifiques de la diaspora et les institutions internationales de recherche pourraient contribuer à l'amélioration des normes et à l'accroissement de la visibilité sans perte d'autonomie. La collaboration renforce la pertinence et accroît l'impact. Toutefois, les scientifiques africains doivent également bénéficier d'opportunités pour renforcer leur confiance en eux-mêmes et faire montre de leur expertise et de leur expérience dans les diverses sphères scientifiques. La cinquième Assemblée générale du FARA a validé les concours scientifiques comme partie intégrante de sa Semaine africaine des sciences agricoles organisée tous les trois ans.



## Les femmes dans les concours scientifiques

*Communication liminaire : Repositionnement stratégique de l'agro-biodiversité dans le secteur de l'horticulture au service du développement durable en Afrique*

Professeur Abukutsa Mary Oyiela Onyango<sup>1</sup>

Mots clés : Afrique, biodiversité agricole, horticulture, repositionnement, développement durable

### Résumé

L'année 2010 a été déclarée Année internationale de la biodiversité par l'Organisation des Nations Unies, afin de célébrer la diversité des végétaux et des animaux. La biodiversité horticole qui faisait par le passé partie intégrante des régimes alimentaires africains aurait dû être impliquée dans cette célébration. Toutefois, avec l'introduction de cultures exotiques des régions tempérées, les légumes verts indigènes ont perdu de leur popularité en Afrique et ont commencé à être considérés comme des « herbes » et de la « nourriture pour pauvres ». Avec plus de 50 % de la population africaine vivant en dessous du seuil de pauvreté, ce qui a pour corollaire la malnutrition et un mauvais état de santé, il s'avère nécessaire de procéder à un changement de paradigme dans les formes de production agricole, afin d'exploiter le potentiel nutritionnel et économique des légumes et fruits indigènes. Depuis le milieu des années 90, les Africains ont enregistré une augmentation des affections liées aux régimes alimentaires, telles les maladies cardiovasculaires, le diabète et l'anémie. Les fruits et légumes indigènes sont riches en micronutriments et pourraient s'avérer une arme puissante contre la pauvreté et la malnutrition, vu qu'ils sont adaptés aux conditions locales. Toutefois, un certain nombre de facteurs se sont conjurés contre la production durable et l'utilisation de ces cultures indigènes. Ce sont notamment les perceptions négatives, la piètre qualité des semences, le manque de politiques techniques, la mauvaise commercialisation et le caractère hautement périssable, qui ont une incidence négative sur le repositionnement stratégique dans le secteur horticole. Les stratégies qui pourraient être utilisées pour améliorer le statut de l'agro-biodiversité intègrent le plaidoyer, le renforcement des capacités, le développement de supports de diffusion, la conservation, les systèmes durables d'approvisionnement en semences, l'identification des marchés potentiels et la mise au point de produits répondant à des normes acceptables. Il s'avère nécessaire de procéder, à l'avenir, à un recadrage sur le développement des bonnes pratiques agricoles, les systèmes efficaces de livraison de semences, l'amélioration des espèces, la conservation, la commercialisation, la transformation, l'ajout de valeurs et la mise au point de produits.

1. Département d'horticulture, Université d'agriculture et de technologie Jomo Kenyatta, PO Box 62000, 00200 Nairobi, Kenya

L'agro-biodiversité a un rôle crucial à jouer dans la révolution du secteur horticole pour assurer la sécurité alimentaire, la nutrition, la génération de revenus et le développement durable en Afrique. Il est donc temps de repositionner de façon stratégique l'agro-biodiversité dans le secteur horticole et de restaurer son lustre d'antan.

## Introduction

### Contexte

Agro-biodiversité est le terme abrégé pour « diversité biologique agricole ». Cette notion intègre toutes les composantes de la biodiversité ayant trait à l'alimentation et à l'agriculture. L'agro-biodiversité comporte donc trois niveaux : toutes les espèces animales et végétales cultivées et domestiquées et leurs parents sauvages qui contribuent au maintien des fonctions clés de l'agriculture ; les composantes des écosystèmes (agro-écosystèmes), telles les abeilles pour la pollinisation ou les organismes utiles à la lutte contre les nuisibles ; les stocks contrôlés d'animaux et de végétaux sauvages (FAO, 1999). L'agro-biodiversité est la diversité des animaux et des végétaux. Elle sous-tend l'agriculture et est le résultat de l'interaction entre l'environnement, les ressources génétiques et les systèmes et pratiques de gestion utilisés par les peuples présentant une diversité culturelle. Elle intègre la variété et la variabilité des animaux, des végétaux et des micro-organismes nécessaires à la pérennisation des fonctions clés des agro-écosystèmes, y compris la structure et les processus de production et de sécurité alimentaire et en appui à ceux-ci (FAO, 1999). La définition formelle de l'agro-biodiversité est la variété et la variabilité des animaux, des végétaux et des micro-organismes qui sont directement ou indirectement utilisés à des fins alimentaires et agricoles, y compris les cultures, le bétail, la foresterie et les pêcheries (FAO, 1999). Elle renferme la diversité des ressources et des espèces génétiques utilisées pour l'alimentation et pour produire des aliments, des fibres, du carburant et des produits pharmaceutiques. Elle intègre également la diversité des espèces non récoltées qui soutiennent la production et de celles qu'on trouve dans l'environnement plus large et qui soutiennent les agro-écosystèmes.

Il s'avère impérieux d'exploiter cette diversité pour assurer la sécurité alimentaire, la nutrition et le développement économique. L'année 2010 a été déclarée Année internationale de la biodiversité par l'Organisation des Nations Unies. La biodiversité est essentielle à la survie humaine, mais elle est considérablement sous-évaluée. Il est nécessaire de repositionner de façon stratégique l'agro-biodiversité pertinente dans le secteur horticole. L'horticulture est une discipline riche et haute en couleurs et est un secteur qui intègre la pomologie (fruits), la floriculture (fleurs), l'horticulture ornementale et l'horticulture maraîchère (légumes) (Peter et Abraham, 2007). Les plantes horticoles indigènes doivent être repositionnées dans le secteur horticole pour que l'ensemble de leur potentiel soit exploité (Abukutsa, 2010). L'horticulture s'est développée pour devenir la source de devises étrangères la plus dynamique et l'employeur le plus dynamique dans plusieurs pays africains. Or, les cultures horticoles indigènes n'ont pas été exploitées aux fins des marchés d'exportation existants (HCDA, 2008). Au Kenya, par exemple, en 2008, environ 20 % des produits horticoles étaient exportés et les exportations horticoles ont été évaluées à 74 milliards de shillings kényans (soit 740 millions d'euros), dont 30 à 40 % ont été générées par les légumes, mais aucun de ces produits n'était des légumes indigènes africains (HCDA, 2008). Près de la moitié de la population mondiale vit avec moins de 2 dollars par jour et la moitié de la population africaine vit avec moins de 1 dollar par jour. La plupart des populations malnutries et démunies vivent en Afrique et la pauvreté se manifeste généralement par la faim, la malnutrition et le mauvais état de santé (AICAD, 2003 ; Burke et Lobell, 2010). Environ 5,6 millions d'individus connaissent l'insécurité alimentaire au Kenya et 50 % des moins de 5 ans sont malnutris. Or, l'Afrique est dotée d'une biodiversité agricole (Schippers, 2002 ; Abukutsa, 2010). Le repositionnement implique le changement de l'identité d'un produit par rapport à l'identité des produits concurrents dans l'esprit collectif du marché cible. Le repositionnement stratégique vise à exploiter les opportunités ou à influencer de façon consciente les publics importants, sans les contrôler (Abukutsa, 2010).

## Objectifs

Le présent article a pour objectifs :

- l'examen de la position et de la situation actuelles de la biodiversité dans le secteur de l'horticulture ;
- l'explication des principales stratégies pour le repositionnement de l'agro-biodiversité dans le secteur de l'horticulture ;
- l'examen du rôle de l'agro-biodiversité et de l'importance de son repositionnement dans le secteur de l'horticulture.

## Position et situation actuelles de l'agro-biodiversité dans le secteur de l'horticulture

Dans le secteur de l'horticulture, l'agro-biodiversité est largement marginalisée et la plupart des légumes indigènes ont été positionnés comme des « herbes », comme l'indiquent leurs anciennes appellations. Par exemple, la plante araignée (*Cleome gynandra*) était appelée « plante araignée » ; les amarantes (espèce *Amaranthus*) étaient désignées par « amarante rétroflexe » et « sornet » ; l'« herbe à aiguilles » (*Bidens pilosa*) est un mets très fin en Zambie (Abukutsa-Onyango, 2009a).

La production et l'utilisation optimales de l'agro-biodiversité ont été confrontées à plusieurs écueils, notamment la négligence et la stigmatisation, avec des désignations telles « mauvaises herbes », « cultures de pauvres » et « cultures d'orphelins » ; la connaissance insuffisante de la valeur et du potentiel de l'agro-biodiversité ; le manque de semences de qualité et le manque de méthodes agronomiques techniques et d'utilisation de celles-ci ; les mauvaises stratégies de marketing, entraînant des niveaux faibles de rendement, de production et de consommation (Abukutsa-Onyango, 2009a).

Des variétés indigènes africaines (VIA) à potentiel nutritionnel et économique au Kenya, dans la région de l'Afrique orientale et en Afrique subsaharienne, en général, ont été identifiées par le biais d'une série d'enquêtes sur les ménages, de référence et sur les marchés dans divers pays (Abukutsa, 2010). Les VIA identifiées sont notamment : le potiron (*Cucurbita moschata*), la corète potagère (*Corchorus olitorius*), le niébé (*Vigna unguiculata* – races primitives utilisées pour leurs feuilles), la crotalaire (*Crotalaria ochroleuca*), la plante araignée (*Cleome gynandra*), les amarantes (*Amaranthus blitum*), la stramoine africaine (*Solanum scabrum*) et la moutarde d'Abyssinie (*Brassica carinata*).

La collecte, l'évaluation et la caractérisation du matériel génétique ont été effectuées pour certaines cultures horticoles indigènes prometteuses. La caractérisation morphologique et moléculaire de certaines VIA a également été effectuée. Des variations inter et intra-spécifiques ont été observées chez la stramoine africaine (*S. scabrum*) : degrés prononcés et différents de ploïdie (diploïde, tétraploïde et hexaploïde) (Mwai *et al.*, 2007). Des études agronomiques sur le grossissement des semences et la transformation ont été entreprises sur divers fruits et légumes indigènes et à partir de ces études, des matériels à diffuser ont été développés (Abukutsa-Onyango, 2009a).

## Repositionnement stratégique de l'agro-biodiversité dans le secteur de l'horticulture

L'un des éléments clés du repositionnement stratégique efficace d'une technologie ou d'une denrée tient à la reconnaissance du fait que le succès implique un changement innovant et requiert du plaidoyer, le renforcement des capacités et le marketing. Ceci devrait impliquer autant d'acteurs que possible dans la chaîne de valeur. Pour repositionner les VIA dans le secteur de l'horticulture, les stratégies suivantes sont déterminantes : le plaidoyer et la promotion, le renforcement des capacités, une chaîne durable d'approvisionnement en semences, la conservation, la commercialisation et la fourniture d'informations techniques (Abukutsa, 2010).



## Stratégie de plaidoyer et de promotion

Le plaidoyer et la promotion constituent des outils puissants pour repositionner une denrée. Cette stratégie est utilisée depuis 1999 pour repositionner l'agro-biodiversité dans le secteur de l'horticulture. Les principaux groupes cibles devraient être choisis comme partenaires stratégiques, notamment les agriculteurs, les étudiants, les chercheurs, les décideurs et les consommateurs. L'objectif est de faire en sorte que les parties prenantes soient informées de la valeur et du potentiel de l'agro-biodiversité, ainsi que des contraintes entravant son exploitation optimale. Les méthodologies utilisées devraient être diverses et d'utilisation facile et devraient encourager la participation. Elles comprennent la littérature orale, les chants, la danse et les récits, les parcelles de démonstration, la presse écrite, les dépliants, les affiches et les journaux, les conférences, les séminaires et les ateliers, les expositions et les salons, la radio et la télévision, les documentaires et les concours de cuisine (exemple, IRIN, 2009). Ces méthodes ont été utilisées en vue de sensibiliser et de défendre la cause de l'agro-biodiversité auprès de toutes les parties prenantes.

## Renforcement des capacités dans l'horticulture

Les étudiants issus des facultés d'agriculture constituent normalement les principales ressources humaines dans les services de recherche et de vulgarisation, au Kenya et dans d'autres pays africains. Il est important de renforcer les capacités de ceux qui vont entreprendre les travaux de recherche sur l'agro-biodiversité et de ceux qui diffusent effectivement l'information et assurent le transfert de technologies. Au niveau universitaire, le perfectionnement des ressources humaines et l'expertise en matière d'agro-biodiversité ont été réalisés par la restructuration des programmes de licence et de troisième cycle dans les instituts et les universités agricoles (Abukutsa, 2010).

Des étudiants stagiaires venus de l'étranger (Allemagne) ont été formés pendant trois mois à l'Université de Maseno et à l'Université d'agriculture et de technologie Jomo Kenyatta (JKUAT) sur les VIA et la conservation des plantes tropicales menacées d'extinction (Herbst, 2007). Des thèses de recherche de troisième cycle sur l'agro-biodiversité ont été entreprises dans diverses universités publiques et privées en Afrique. De 2002 à 2008, plus de 200 chercheurs et agents de vulgarisation issus de toute l'Afrique ont été formés sur les VIA, en suivant des cours de formation diplômants de six mois sur la production de plantes potagères et la recherche à l'AVRDC – Centre international de recherche sur les légumes à Arusha, en Tanzanie.

Pour repositionner avec succès les légumes et cultures indigènes, les agriculteurs sont d'autant plus importants qu'ils sont les producteurs ; ainsi, en plus de susciter une prise de conscience, le renforcement de leurs capacités et leur formation sont vitaux. Des agriculteurs ont été formés au Kenya et en Tanzanie à la production de semences de VIA et on envisage que ces agriculteurs puissent servir de facilitateurs de la promotion et du repositionnement des VIA au niveau communautaire de base (Abukutsa-Onyango, 2009a).

Les décideurs jouent un rôle déterminant dans la promotion d'une denrée. Quatre décideurs ont été désignés pour participer à l'atelier autour du thème « La promotion de légumes indigènes africains dans l'agriculture urbaine et périurbaine dans les villes africaines : un atelier sur le dialogue de politique » à l'Université de Rhodes en janvier 2003. Ces décideurs ont été sélectionnés à l'Institut de recherche agricole du Kenya, au Ministère de l'agriculture, au Conseil national pour la science et la technologie et au Conseil municipal de Nairobi. Cet atelier a été financé par l'Union européenne dans le cadre du projet « Réseautage pour promouvoir la production et la commercialisation durables des légumes indigènes par le biais de l'agriculture urbaine et périurbaine en Afrique subsaharienne » (le projet « IndigenoVeg »), qui a impliqué sept pays africains et cinq organisations européennes.

## Systèmes durables d'approvisionnement en semences de qualité

La première mesure pour promouvoir toute culture tient à la fourniture de semences de qualité. Les sélections opérées à partir des matériels collectés ont été multipliées, évaluées, groupées, conditionnées et distribuées aux agriculteurs en guise de palliatif temporaire, d'autres travaux d'amélioration génétiques étant prévus pour développer des cultivars. Des systèmes d'approvisionnement en semences pour les légumes indigènes ont été créés au jardin botanique de l'Université de Maseno et au Département d'horticulture de JKUAT, en guise de mesure intermédiaire pour permettre aux agriculteurs d'accéder à des semences de qualité (Abukutsa-Onyango, 2009b).

## Conservation de l'agro-biodiversité

La conservation *in situ* et *ex situ* des VIA a été réalisée à partir de 2001. Le Jardin botanique de l'Université de Maseno a été créé en 2001 et abrite 200 espèces de plantes, dont 20 % sont des fruits et légumes indigènes. Le projet BIOTA a été financé par le gouvernement fédéral d'Allemagne et le jardin botanique avait un objectif combiné de recherche, d'enseignement, de conservation et d'utilisation à des fins récréatives (Abukutsa-Onyango, 2009a).

## Marchés de produits et produits

Les enquêtes sur les marchés indiquent que la demande de légumes indigènes n'est pas totalement satisfaite sur les marchés urbains et périurbains au Kenya. Des marchés potentiels ont été identifiés à Kisumu, à Nairobi et ailleurs en Afrique de l'Est et dans toute l'Afrique subsaharienne. L'établissement de liens entre les agriculteurs et les marchés a été assuré par notre partenaire stratégique, Farm Concern International. La promotion d'une denrée ayant un marché garanti est vitale pour le succès de ladite denrée. Il existe des marchés urbains, nationaux, régionaux et internationaux potentiels. Les populations de la diaspora au Royaume-Uni et aux États-Unis ont exprimé un désir de se voir approvisionnées en VIA. Ceci nécessitera la préservation et une certaine transformation et appelle la recherche dans ce domaine.

## Disponibilité de recettes, de technologies de transformation et de prototypes de produits acceptables

De nombreux consommateurs ont fait part de préoccupations selon lesquelles les méthodes traditionnelles de préparation prennent du temps et sont pénibles, en particulier pour les plus jeunes générations. Les recettes traditionnelles ont donc été collectées et standardisées. De nouvelles recettes ont également été élaborées et évaluées. Des prototypes de produits ont été développés et sont en cours d'évaluation, conjointement avec certaines recettes (Habwe *et al.*, 2009). Afin de renforcer la consommation des VIA, la sélection et le classement participatifs de toutes les recettes de VIA ont été effectués. Des examens organoleptiques et des tests d'acceptabilité ont été effectués pour des recettes et des prototypes de produits dans la région Est du Kenya et ailleurs en Afrique orientale. Le classement a été effectué sur la base du goût et de l'apparence. Les recettes préparées avec du sel traditionnel, la potasse<sup>2</sup>, ont bénéficié d'une large acceptation par l'ensemble des goûteurs, pour ce qui est de l'apparence et du goût. La sélection participative des VIA prioritaires va également renforcer l'acceptabilité (Musotsi *et al.*, 2005 ; Habwe *et al.*, 2009).

## Mise au point de matériels à diffuser

Une sélection diverse de bons matériels à diffuser renforcerait le repositionnement des VIA auprès des agriculteurs et des consommateurs. Des dépliants techniques simplifiés ont été élaborés sur la production de la stramoine africaine, de l'herbe araignée, des amarantes, de la corète potagère, de la crotalaire, des feuilles de potiron et de la moutarde d'Abyssinie. Ils sont utilisés pour la formation et la diffusion d'informations techniques sur les VIA (Abukutsa, 2010).

2. La potasse est un sel traditionnel africain obtenu en filtrant la cendre obtenu à partir de certaines plantes choisies. Elle a, pendant des décennies, été utilisée dans la cuisson des aliments ; elle est comestible -à ne pas confondre avec l'hydroxyde de sodium !

## Rôle de l'agro-biodiversité et importance de son repositionnement dans le secteur de l'horticulture

### Rôle de l'agro-biodiversité

En 2010, Année internationale de la biodiversité, les populations à travers le monde ont œuvré à sauvegarder cette richesse naturelle irremplaçable et à réduire la perte de la biodiversité. Ceci est vital pour le bien-être actuel et futur de l'homme. L'Année internationale de la biodiversité a été une opportunité singulière pour renforcer la compréhension du rôle essentiel que joue la biodiversité dans la pérennisation de la vie sur la terre. Les êtres humains font partie intégrante de la nature ; notre destin est étroitement lié à la biodiversité – l'immense variété des autres animaux et plantes, les lieux où ils vivent et les environnements dans lesquels ils évoluent (Abukutsa, 2010). Les populations sont tributaires de cette diversité de la vie pour fournir les vivres, le carburant, les médicaments et autres produits essentiels dont, pour vivre, nous ne pouvons simplement pas nous passer. Or, cette riche diversité est en train de se perdre à une allure considérablement accélérée, du fait des activités humaines. Cette situation nous appauvrit tous et amoindrit la capacité du monde vivant, dont nous sommes tributaires, à résister aux menaces croissantes telles que le changement climatique. La biodiversité agricole est essentielle à la survie humaine, mais elle est considérablement sous-évaluée. L'Année internationale de la biodiversité a promis une mine d'opportunités pour susciter une prise de conscience quant au rôle que joue la biodiversité dans l'existence des hommes et à l'importance particulière de la biodiversité agricole. Le changement climatique et les pressions croissantes sur les terres agricoles mettent en péril l'outil même qui peut aider les agriculteurs à s'adapter à ces défis, à savoir la biodiversité agricole. Bioversity International a organisé une campagne mondiale de sensibilisation (intitulée « Diversité pour la vie »), qui a pris de l'ampleur au cours de l'année. Diversité pour la vie a mené un éventail d'activités de communication et d'éducation ciblant les décideurs, les médias et les écoles dans un certain nombre de pays à travers le monde. La campagne a été une opportunité de plaidoyer constant sur l'objectif clé, à savoir la diversification, par les populations, de leur régime alimentaire et l'intégration, par les décideurs, de la conservation et de l'utilisation de la biodiversité dans les stratégies et plans nationaux de réduction de la pauvreté (Abukutsa, 2010).

*Diversité pour la vie* relate l'histoire de personnes dont la passion pour la diversité est en train d'aider, de manière tout à la fois insignifiante et considérable, à créer un monde plus sain, où la sécurité alimentaire est davantage garantie. Elle se focalise sur les images et les histoires des « Gardiens de la diversité » : c'est-à-dire des personnes qui ont consacré leur vie à la préservation de la diversité des végétaux et des animaux, en veillant à ce qu'elle soit utilisée par les populations pour améliorer leur existence. L'Afrique abonde de ressources de biodiversité agricole – ressources génétiques, espèces cultivées, arbres, poissons, bétail, ainsi que de microbes, d'agents de pollinisation et d'environnements de production. Le récit de ce qui a été fait dans le domaine des VIA a contribué à cette célébration et proposé certaines stratégies pour la révolution verte africaine.

Selon Thrupp (1997), l'expérience et la recherche ont démontré que l'agro-biodiversité peut accroître le rendement, la sécurité alimentaire et les bénéfices économiques ; réduire la pression de l'agriculture sur les zones fragiles, les forêts et les espèces menacées d'extinction ; rendre les systèmes plus stables, plus forts et plus durables ; contribuer à une gestion efficace des nuisibles et des maladies ; conserver les sols et accroître la fertilité et la santé des sols naturels ; contribuer à l'intensification durable ; diversifier les produits et les opportunités de revenu ; réduire la propagation des risques pour les individus et les nations ; aider à maximiser l'exploitation efficace des ressources et de l'environnement ; réduire la dépendance vis-à-vis des apports extérieurs ; améliorer la nutrition humaine (Ekesa *et al.*, 2008) ; constituer des sources de médicaments et de vitamines ; conserver la structure de l'écosystème et la stabilité de la diversité des espèces. Par ailleurs, l'agro-biodiversité sert de source d'application biotechnologique.

En dépit de leur stigmatisation, les cultures vivrières et horticoles indigènes ont joué un rôle très important dans la sécurité alimentaire et la nutrition sur le continent africain. Il est impérieux de repositionner de façon stratégique les légumes et fruits indigènes dans le secteur de l'horticulture, de sorte que leur potentiel puisse être pleinement exploité pour la nutrition alimentaire et la génération de revenus, contribuant ainsi à la réalisation, tant de la Vision 2030 au Kenya que des Objectifs du millénaire pour le développement (OMD).

### **L'importance et l'impact du repositionnement de l'agro-biodiversité dans le secteur de l'horticulture**

- nombre accru d'étudiants faisant des recherches sur l'agro-biodiversité en Afrique ;
- disponibilité de semences de qualité de certains légumes et fruits indigènes en Afrique ;
- rendement et production accrues de certains légumes et fruits indigènes prioritaires dans certains pays africains ;
- disponibilité de matériels à diffuser et nombre accru de travaux de recherche et de supports de référence ;
- popularité, disponibilité et consommation accrues de fruits et légumes indigènes.

Les produits, les semences de qualité et les dépliants sur les légumes et végétaux indigènes ont permis aux agriculteurs d'avoir de bonnes récoltes et ont conduit à la disponibilité de fruits et légumes indigènes dans les supermarchés. Une contribution a ainsi été apportée aux moyens de subsistance des populations en Afrique, grâce à la production et à l'utilisation durables des fruits et légumes indigènes, ce qui a permis l'amélioration de la sécurité alimentaire, de la nutrition et de la santé, l'accroissement des revenus et l'amélioration des moyens de subsistance et le développement durable (Abukutsa, 2010).

### **Conclusions et recommandations**

- L'agro-biodiversité recèle une valeur et un potentiel qui doivent être exploités pour assurer la sécurité alimentaire et la nutrition en Afrique.
- La biodiversité horticole, telle que les VIA, doit être repositionnée de façon stratégique en vue de l'exploitation de son potentiel.
- Le repositionnement stratégique nécessitera un changement de paradigme et doit impliquer tous les acteurs le long de la chaîne de valeur.
- Les chercheurs doivent activement impliquer les décideurs, le secteur privé et les producteurs.
- Le repositionnement stratégique de l'agro-biodiversité dans le secteur de l'horticulture va considérablement contribuer à la réalisation de la Vision 2030 au Kenya et de l'ODM 1 sur la faim, l'insécurité alimentaire et la malnutrition et de l'ODM 7 sur la garantie de la durabilité environnementale.

### **Orientation, perspectives de recherche et implication du secteur privé**

- La production, la transformation, le conditionnement et la distribution de semences pourraient être pris en main par des agents de distribution et des organisations à base communautaire.
- Des prototypes de produits pourraient être transformés en objets d'entreprises commerciales.

- Les recettes peuvent être utilisées dans les restaurants, les hôpitaux, les compagnies aériennes et au sein des organisations.
- L'élaboration de programmes d'enseignement dans les universités agricoles devrait être focalisée sur ces développements.
- Une forte collaboration avec les parties prenantes issues des ministères sectoriels de l'agriculture, du secteur privé et des organisations de base sera nécessaire.

## Dernier mot

La biodiversité agricole renferme des denrées à haut profil recelant des avantages nutritionnels et sanitaires inégalés. Ces denrées ont un rôle à jouer dans la sécurité alimentaire, la nutrition, la génération de revenus et le développement durable en Afrique et au-delà. Elles constituent une mine d'or à exploiter.

## Remerciements

L'auteur exprime sa gratitude à l'Université d'agriculture et de technologie Jomo Kenyatta et à l'Université de Maseno. L'auteur relève également l'assistance financière de l'Institut international des ressources phytogénétiques, de VicRes-SIDA, de la Fondation internationale pour les sciences, de l'Union européenne, du Conseil national de la science et de la technologie du Kenya et de JKUAT. J'adresse mes remerciements particuliers au CTA pour avoir pris en charge mes frais de déplacement, de logement et autres, ce qui m'a permis de me rendre à Ouagadougou en juillet 2010 pour prononcer un discours liminaire dans le cadre de l'édition 2010 des concours scientifiques ouverts aux femmes et aux jeunes professionnels lors de la Semaine scientifique du FARA.

## Références

- Abukutsa, M.O.O. 2010. 'African indigenous vegetables: strategic repositioning in the horticulture sector'. Second inaugural lecture of Jomo Kenyatta University of Agriculture et Technology (JKUAT), Nairobi, Kenya, 30 avril.
- Abukutsa-Onyango, M.O. 2009a. 'Development et promotion of technologies for sustainable production and utilisation of indigenous vegetables for nutrition security and wealth creation in Kenya'. In Urama, K., Momanyi, M., Ochugboju, S., Ominde, M. et Manners, G. (eds) *Innovations agricoles au service du développement durable*. Contributions des finalistes des concours scientifiques ouverts aux femmes africaines professionnelles, Vol. 2, numéro 1. Technical Report of the CTA/ ATPS/AGRA/FARA/ NEPAD/RUFORUM. African Technology Policy Studies Network, Nairobi, Kenya. [www.atpsnet.org/Files/agri\\_innovations\\_v2.pdf](http://www.atpsnet.org/Files/agri_innovations_v2.pdf)
- Abukutsa-Onyango, M.O. 2009b. 'The role of universities in promoting underutilized crops: a case of African indigenous vegetables at Maseno University'. *Acta Horticulturae* 806: 155–162.
- AICAD. 2003. Examination of Needs Through the Study of Poverty Reduction Strategy Papers for Kenya, Uganda et Tanzania. African Institute for Capacity Development and JICA, Nairobi, Kenya.
- Burke, M. et Lobell, D. 2010. 'Climate effects on food security: an overview'. In Lobell, D. et Burke, M. (eds) *Climate Change and Food Security – Adapting Agriculture to a Warmer World*. Springer, Londres et New York.
- Ekesa, B.N., Walingo, M.K. et Abukutsa-Onyango, M.O. 2008. 'Influence of agricultural biodiversity on dietary diversity of pre-school children in Matungu Division, western Kenya'. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition et Development (AJFAND)* 8 (4): 390–404.



- FAO. 1999. 'Agricultural biodiversity'. Background paper for the FAO/Netherlands Conference on the Multifunctional Character of Agriculture and Land, Maastricht, Pays-Bas, septembre. Organisation pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie.
- Habwe, F.O., Walingo, K.M. et Onyango, M.O.A. 2009. 'Food processing and preparation technologies for sustainable utilization of African indigenous vegetables for nutrition security and wealth creation in Kenya'. In Robertson, G.L. et Lupien, J.R. (eds) *Using Food Science and Technology to Improve Nutrition and Promote National Development: Selected Case Studies*. International Union of Food Science & Technology, Ontario Canada. [http://iufost.org/sites/default/files/docs/Case\\_Studies/Chapter13\\_Habweetal.pdf](http://iufost.org/sites/default/files/docs/Case_Studies/Chapter13_Habweetal.pdf)
- HCDA. 2008. *Annual Report*. Horticultural Crops Development Authority (HCDA), Nairobi, Kenya.
- Herbst, M. 2007. 'African Indigenous Vegetables et Conservation of Endangered Tropical Plants'. Report of attachment to Maseno University. University of Hannover, Hanovre, Allemagne.
- IRIN. 2009. 'Kenya: no longer a weed'. Integrated Regional Information Networks, Bureau des Nations Unies pour la coordination des affaires humanitaires, Nairobi, Kenya. [www.irinnews.org/Report.aspx?ReportId=85613](http://www.irinnews.org/Report.aspx?ReportId=85613)
- Musotsi, A.A., Sigot, A. et Onyango, M.O.A. 2005. 'African indigenous vegetables recipe documentation and their role in food security'. In *Proceedings of the Third Horticulture Workshop on Sustainable Horticultural Production in the Tropics, 26–29 November 2003, Maseno University MSU, Maseno, Kenya*. Maseno University Press, Maseno, Kenya.
- Mwai, G.N., Onyango, J.C. et Abukutsa-Onyango, M.O. 2007. 'Taxonomic identification and characterization of African nightshade (*Solanum* L. Section *solanum*)'. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development (AJFAND)* 7 (4). [www.ajfand.net/Volume7/No4/Mwai-IPGRI2-1.pdf](http://www.ajfand.net/Volume7/No4/Mwai-IPGRI2-1.pdf)
- Peter, K.V. et Abraham, Z. 2007. *Biodiversity in Horticultural Crops*, Vol. 1. Publié par Daya Publishing House, New Delhi, Inde.
- Schippers, R.R. 2002. *African Indigenous Vegetables: An Overview of the Cultivated Species*. Natural Resources Institute, Chatham, UK et ACP-EU Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA), Wageningen, Pays-Bas.
- Thrupp, L.A. 1997. *Linking Biodiversity and Agriculture: Challenges et Opportunities for Sustainable Food Security*. Institut des ressources mondiales, Washington, DC, États-Unis.

# *Les innovations technologiques et institutionnelles suscitées par la vidéo sur la technique d'étuvage du riz présentée par des agriculteurs à d'autres agriculteurs dans la région centrale du Bénin*

Espérance Zossou<sup>1</sup>

Mots clés : *entrepreneuriat, apprentissage, vidéo sur le riz, capital social, formation*

## *Résumé*

En Afrique, les tâches de production et de transformation du riz sont réparties en fonction du genre, les femmes étant chargées de l'essentiel de la corvée qu'implique la transformation. L'étuvage du riz est une activité de transformation importante au Nord et au Centre du Bénin. Un bon étuvage réduit le taux de brisure pendant l'usinage du riz et renforce considérablement sa qualité nutritionnelle. L'étuvage est effectuée principalement par les femmes, dans les zones de production rizicole et aux alentours et il constitue une activité importante de génération de revenus. La méthode traditionnelle d'étuvage du riz demeure dominante, mais elle ne produit pas du riz de qualité. Pour résoudre ce problème, une technologie améliorée d'étuvage du riz a été introduite dans la région centrale du Bénin, grâce à deux méthodes de formation (initiées par le Centre du riz pour l'Afrique), à savoir : les ateliers classiques de formation et une vidéo d'agriculteurs s'adressant à d'autres agriculteurs. Dans l'optique de comparer ces deux méthodes de changement de pratiques de transformation du riz par les femmes, nous avons interrogé 160 femmes et 17 groupes de femmes qui ont été exposées à l'une des méthodes d'apprentissage ou aux deux dans 16 villages. De plus, nous avons interrogé 40 femmes transformatrices dans quatre villages de contrôle qui n'avaient reçu aucune intervention. La vidéo a été fort bien appréciée, aussi bien par les organisations non gouvernementales (ONG) que par la population cible, comme bon outil d'apprentissage dans les zones rurales et elle a touché trois fois plus de femmes que les ateliers classiques de formation. Bien que la formation classique ait été biaisée par la sélection des participants, les intérêts pour le paiement des per diems et le monopole de la classe d'élite, la vidéo, elle, a permis de surmonter les structures locales de pouvoir et a réduit les conflits au niveau des communautés. Les femmes qui ont regardé la vidéo ont renforcé leur créativité et adapté l'apprentissage à leur environnement, en développant des technologies appropriées. Elles ont amélioré l'étuvage du riz, obtenant ainsi du riz de meilleure qualité. En plus d'amener les ONG locales à améliorer leur méthodologie de formation, la vidéo d'agriculteurs s'adressant à d'autres agriculteurs a également renforcé les relations des ONG avec les communautés rurales et les rapports entre les femmes transformatrices de riz et les marchés d'intrants et d'extrants.

## *Introduction*

Le système de formation et de visite (F&V) a été la principale approche de vulgarisation agricole adoptée au Bénin de 1985 à 1999. Cette approche était basée sur la production de grandes quantités d'avis purement techniques, l'utilisation de calendriers normalisés, détaillés et rigoureusement suivis de visites de contact avec les agriculteurs et de sessions de formation du personnel. Le système F&V s'est considérablement appuyé sur l'adoption et la diffusion d'innovations (Leeuwis, 2004). Toutefois, les agriculteurs n'ont pas été satisfaits de ces activités de vulgarisation, parce que leurs besoins réels n'ont pas été pris en compte (Moumouni, 2005) et des appels ont été lancés pour le changement des systèmes classiques de vulgarisation auprès du public, qui étaient perçus comme démodés, s'appliquant du haut vers le bas, à caractère paternaliste, peu souples, bureaucratiques et inefficaces et, en conséquence, moins à même de répondre aux demandes dynamiques d'une agriculture moderne (Rivera et Zijp, 2002).

1. Centre du riz pour l'Afrique (AfricaRice) / ULg, Gembloux Agro-Bio Tech, 01 BP 2031, Cotonou, Bénin.

Le succès de tout programme de développement durable est en grande partie déterminé par le niveau de participation des agriculteurs (Axinn, 1997). Étant donné que les systèmes de vulgarisation sont de plus en plus décentralisés et fragmentés, les organisations non gouvernementales (ONG) et le secteur privé sont en train de redéfinir leurs rôles pour occuper certains créneaux. Pour renforcer l'apprentissage en milieu rural et soutenir la multitude de prestataires de services existants et émergents, le Centre du riz pour l'Afrique (AfricaRice) a confectionné une série de vidéos d'agriculteurs s'adressant à d'autres agriculteurs selon la méthode zoom avant/zoom arrière (ZIZO)<sup>2</sup> qui permet d'obtenir des vidéos appropriées au niveau local et pertinentes au niveau régional (Van Mele, 2006). La vidéo intitulée « Cashing In with Parboiled Rice » a été confectionnée selon l'approche ZIZO, en collaboration avec les femmes transformatrices de riz au Bénin, qui ont principalement été impliquées dans une mise au point participative de technologies axées sur l'étuvage.

À partir de 2005, quatre ONG locales ont utilisé une méthodologie conventionnelle consistant en des ateliers communautaires d'une durée de deux jours, au cours desquels des experts ont fait des démonstrations du processus d'étuvage amélioré devant des femmes. En plus des ateliers, avec le soutien technique et financier d'AfricaRice, des ONG ont organisé dans la région centrale du Bénin des projections publiques de la vidéo sur l'étuvage, suivies de discussions en groupe sous la conduite d'animateurs dans 80 villages, vers la fin de l'année 2006.

Dans le présent article, nous comparons l'efficacité de la formation classique et de la vidéo comme approche d'apprentissage en milieu rural et examinons les écueils auxquels se heurtent de telles vidéos dans la création de changements technologiques et institutionnels chez les prestataires de services et les entrepreneurs ruraux.

## Matériels et méthodes

Des enquêtes sur le terrain ont été menées de novembre 2007 à mai 2008 dans cinq municipalités du Département des collines, au Bénin, où des ONG locales (Castor, LDLD, Rabemar et Un Monde) interviennent pour renforcer le secteur du riz. Les enquêtes ont porté sur 16 villages où la vidéo a été projetée vers la fin de l'année 2006 et où la formation classique a été conduite une fois, de 2005 à 2007, plus quatre villages de contrôle où n'a été effectuée aucune intervention. Au total, 200 femmes étuveuses de riz (10 par village) et 17 groupes de femmes ont été interviewés. Les villages et les femmes ont été sélectionnés de manière aléatoire. Des artisans locaux ont été formés à la fabrication d'étuveuses et des agents d'ONG ont également été interviewés.

On a utilisé aussi bien des méthodologies qualitatives que quantitatives. Les données qualitatives ont été recueillies à travers des discussions en groupe (pour se faire une idée du rôle de l'étuvage au niveau villageois) ; l'observation des participants (pour analyser la manière dont les femmes appliquaient dans la pratique les enseignements tirés de la vidéo) ; la photographie (pour illustrer les innovations technologiques et en discuter) ; les entretiens semi-structurés (pour comprendre, par exemple, diverses dimensions sociales influençant l'étuvage en tant qu'entreprise rurale).

- 
2. ZIZO est une méthode vidéo qui est axée sur cinq principes directeurs : i) identifier un thème générique d'intérêt régional ; ii) se renseigner sur la diversité contextuelle à travers une recherche participative ; iii) faire des vidéos avec des acteurs locaux ; iv) tester les vidéos dans des contextes variés et les adapter à ces contextes ; v) les mettre à l'échelle et les faire évoluer.

Quant aux données quantitatives, elles ont été recueillies au moyen de questionnaires structurés s'adressant à 200 femmes. La motivation des femmes pour l'étuvage du riz a été évaluée, tant par une mesure subjective de l'intérêt avec lequel les femmes se sont exprimées à propos du riz étuvé que par un auto-classement organisé par les femmes pour se classer elles-mêmes en fonction de leur degré de motivation à pratiquer l'étuvage du riz. Les changements de comportements à l'égard de l'étuvage ont été évalués au ratio de riz étuvé par rapport au paddy produit ou acheté par saison de récolte par chaque femme, afin de nous faire une idée de l'état d'esprit entrepreneurial des femmes.

Pour comprendre la manière dont la cohésion sociale a été bâtie et renforcée, certains indicateurs (tels que le niveau de participation des femmes au travail de groupe, ainsi que le niveau de collaboration entre les femmes, les ONG, les institutions formelles et informelles de crédit et les commerçants intervenant dans la filière du riz étuvé) ont été évalués à travers des observations régulières d'activités de femmes, des groupes de discussion et des entretiens.

Les données quantitatives ont été analysées à l'aide de l'analyse de variances (ANOVA), des modèles de régression logistique binomiale, des tests de Wilcoxon et du chi-carré. Trois mois après ces travaux de recherche initiaux, les résultats ont été évalués lors d'un atelier au Centre du Riz pour l'Afrique (AfricaRice), avec le personnel de terrain des ONG et des collègues scientifiques. Ceci a permis de faire des rétroactions additionnelles et de stimuler l'apprentissage entre partenaires.

## Résultats

### Efficacité de la formation classique et de la vidéo

La formation classique a impliqué des agents de terrain d'ONG, qui ont directement formé un nombre restreint de femmes sélectionnées (26 % des femmes enquêtées) dans un village central et espéraient que celles-ci partageraient ce qu'elles avaient appris avec d'autres femmes à leur retour dans leur village. La participation a été affectée par le paiement d'un per diem et le fait que les dirigeants des groupes d'agriculteurs existants choisissaient en général leurs amies ou parentes pour participer à la formation, laissant de côté le groupe de femmes véritablement ciblé. La plupart des femmes qui ont participé aux ateliers de formation étaient principalement intéressées par le versement d'un per diem (80 %). Étant donné que la sélection de femmes pour participer à la formation n'était pas basée sur la motivation à promouvoir l'étuvage du riz dans leur localité, près de deux tiers des femmes enquêtées ne savaient même pas que des ateliers de formation classique avaient eu lieu.

L'apprentissage par le biais de la vidéo a permis de surmonter le biais lié à la sélection des participants à travers les structures locales de pouvoir et a réduit les conflits au niveau des communautés. Toutefois, d'autres facteurs peuvent avoir influencé la participation éventuelle ou non des femmes aux projections vidéos. En conséquence, nous avons introduit certains facteurs socioéconomiques (groupe ethnique, âge, nombre de personnes à charge dans le ménage, niveau d'éducation des femmes, importance de l'activité d'étuvage du riz, expérience, religion, appartenance à une organisation d'agriculteurs, connaissance de l'importance de l'étuvage du riz et leur motivation pour l'activité) dans un modèle de régression logistique binomiale (Tableau 1) afin de mieux apprécier les facteurs qui pourraient avoir une incidence sur la participation à la projection publique de la vidéo au niveau du village. L'analyse a démontré qu'aucun de ces facteurs n'a influencé le fait de regarder la vidéo ( $P > 0,1$ ).

Les femmes des villages ont eu une chance égale de regarder la vidéo, confirmant le caractère démocratique de l'apprentissage à base communautaire et par le biais de la vidéo. La vidéo a atteint 74 % des femmes enquêtées et a été fort bien appréciée, aussi bien par les ONG que par les populations cibles, comme bon moyen de diffuser la technologie à large échelle et de divertir les communautés rurales.

Tableau 1. Facteurs socioéconomiques considérés comme susceptibles d'influencer le fait de regarder la vidéo dans les villages\*

Variable	Paramètres estimés	Erreur-type	Probabilité
Groupe ethnique	-0,049	0,054	0,362
Âge	-0,003	0,024	0,903
Nombre de personnes à charge dans le ménage	-0,009	0,099	0,926
Niveau d'éducation des femmes	0,139	0,104	0,181
Importance de l'activité d'étuvage du riz	-0,172	0,251	0,493
Expérience	0,042	0,039	0,279
Religion	-0,084	0,218	0,702
Appartenance à une organisation d'agriculteurs	0,303	0,404	0,453
Connaissances de l'importance de l'activité d'étuvage du riz	0,303	1,108	0,235
Motivation des femmes	0,315	1,098	0,774

\*Tel que déterminé par le modèle de régression logistique binomiale

### Innovations technologiques suscitées par la vidéo

Dans les villages où la vidéo n'avait pas été projetée, l'étuveuse améliorée n'a pas été utilisée non plus. Dans ceux où les ONG locales étaient intervenues et avaient facilité l'accès à l'étuveuse améliorée, 58 % des femmes ont commencé à utiliser l'équipement amélioré, individuellement (24 %) et en groupe (56 % ; autrement dit 22 % ont utilisé l'équipement, aussi bien individuellement qu'en groupe). Certaines parmi les 72 % qui avaient regardé la vidéo mais n'avaient pas eu accès à l'équipement ont fait montre d'une innovation créative en utilisant les ressources locales, comparativement au 19 % qui avaient tiré des enseignements de la formation. Le fait de regarder la vidéo a également encouragé les femmes à faire attention à la réduction de la perte de vapeur et à utiliser les ressources locales de façon créatrice pour conserver l'énergie lors de l'étuvage (Encadré 1). Les recherches futures devront se pencher sur l'aspect pratique de l'observation de la technologie sur vidéo sans la pratiquer si les intermédiaires ne peuvent faciliter l'accès à la technologie.

Hormis le renforcement de la créativité des femmes, la vidéo sur l'étuvage a influencé le comportement des femmes pour les amener à fournir du riz de bonne qualité en améliorant les pratiques d'étuvage du riz (avant et après l'étuvage du riz).

Encadré 1. Innovations technologiques faites par les femmes pour l'étuvage du riz (n = 160)\*

Innovations basées sur le principe de l'étuvage du paddy à la vapeur			
1	2	3	4
Les femmes ont adapté une base perforée à leurs casseroles pour précuire le paddy à la vapeur (17,5 %)	Les femmes qui préparent le couscous local à la vapeur ont commencé à utiliser le même équipement pour étuver leur riz (2,5 %)	Les femmes ont mis des bâtons en bois dans des pots et les ont recouverts d'un sac avant d'y mettre le paddy pour l'étuvage (10 %)	Les femmes ont mis des fibres d'igname entre les bâtons en bois et le sac avant d'y mettre le paddy (1,2%)
5	6	7	8
Les femmes ont posé un bol à l'envers dans un pot avec peu d'eau et placé un sac au-dessus du bol avant d'ajouter le paddy (10 %)	Les femmes ont déposé le paddy dans un tamis vendu sur place, placé au-dessus du pot contenant de l'eau (2,5 %)	Les femmes ont utilisé un panier adapté au pot de sorte que le panier ne touchait pas l'eau au fond du pot (13,7 %)	Les femmes ont placé un câble au fond du pot contenant un peu d'eau ; un sac a été posé sur le câble avant que le riz n'y soit ajouté (1,2 %)



Innovations pour sceller le joint entre le pot et l'étuveuse en vue de la conservation de la vapeur				
1	2	3	4	5
Un mélange de farine de manioc et d'eau appliqué au joint (11,9 %)	Un mélange de farine de maïs cuit à l'eau ou akassa (mets local) (26,2 %)	Un mélange d'eau et de cendres de bois de chauffe (3,1 %)	Un mélange d'argile et d'eau (6,2 %)	Utilisation d'étoffes pour fermer le joint (58,1 %)
* Certaines femmes ont combiné les innovations.				

## État d'esprit entrepreneurial suscité par la vidéo

La vidéo sur l'étuvage a influencé la prise de conscience par les femmes de l'importance de l'étuvage amélioré du riz pour fournir du riz de qualité. En conséquence, les femmes sont devenues plus motivées et de plus en plus intéressées à s'impliquer dans la production et l'étuvage du riz (Tableau 2).

Certaines femmes ont abandonné leurs premières activités pour s'adonner à la production et à l'étuvage du riz qui étaient considérées comme plus rentables, comme en atteste l'histoire de Mme T. Prisca du village d'Awaya, dans la région de Dassa. Bien que couturière au départ, après les projections de la vidéo, elle a quitté son activité et a commencé à pratiquer l'étuvage du riz. Elle est devenue la présidente du groupe de femmes étuveuses de riz dans son village. Elle a déclaré que le revenu généré par l'étuvage du riz lui a permis de s'acquitter des frais de scolarité de ses enfants.

Tableau 2. Motivation et changement de comportement (%) en faveur de l'étuvage du riz après avoir regardé la vidéo\*

Changements		Avant d'avoir vu la vidéo	Après avoir vu la vidéo
Femme motivée pour étuver le riz †	Faible	32,8 a	0,0 b
	Moyen	66,4 a	27,7 b
	Élevé	0,8 a	72,3 b
Niveau d'étuvage du riz ‡	Moins de la moitié du riz étuvé	33,6 a	0,0 b
	Plus de la moitié du riz étuvé	64,7 a	30,3 b
	Tout le riz étuvé	1,7 a	69,7 b

\*n = 119 : Nombre de femmes qui ont regardé la vidéo dans les villages où elle a été projetée.

† Les valeurs dans les colonnes ayant des notes différentes sont sensiblement différentes à un niveau de 1% selon le test de Wilcoxon. Z = -10 490 ; importance asymptotique bilatérale = 0,000.

‡ Les valeurs dans les colonnes ayant des notes différentes sont sensiblement différentes à un niveau de 1% selon le test de Wilcoxon. Z = -10 490 ; importance asymptotique bilatérale = 0,000.

Davantage de femmes qui ont regardé la vidéo étuvaient le riz pour le vendre (88,2 %) qu'elles ne le faisaient pour la consommation exclusive du ménage (11,8 %). Par la suite, des quantités plus importantes de riz étuvé ont pu être trouvées sur les marchés locaux, de meilleure qualité et rapportant un prix de 35 % supérieur au riz étuvé de façon traditionnelle.

## Changements comportementaux et institutionnels suscités par la vidéo

La vidéo a motivé les femmes à commencer l'étuvage en groupe (Tableau 3) et à formuler des requêtes de crédit et de formation de groupe pour la mise au point de fourneaux améliorés, par exemple. La plupart des femmes enquêtées (88 %) ont amélioré leur collaboration avec le personnel des ONG en les rencontrant au moins une fois par mois pour discuter de la transformation du riz. Impressionnées par l'esprit entrepreneurial des femmes et la qualité améliorée du riz, les ONG ont aidé des femmes à établir des liens avec les marchés d'intrants et d'extrants.

Tableau 3. Pourcentage de femmes qui étuvaient le riz individuellement ou en groupe dans les villages où la vidéo a été projetée

Activité d'étuvage	Femmes qui n'ont pas regardé la vidéo (n = 41)	Femmes qui ont regardé la vidéo (n = 119)
Individuel	48,8 a	19,3 b
De groupe	51,2 a	80,7 b

Chi-carré de Pearson = 11,544 ; dl = 1 ; P = 0,001.

À mesure que les femmes acquéraient de l'expérience et renforçaient la confiance en elles, elles ont commencé à vendre leurs services d'étuvage aux ONG et aux commerçants qui ont commencé à promouvoir leur riz étuvé dans les zones urbaines. Suite aux requêtes des femmes après la projection de la vidéo, les facilitateurs des ONG ont aidé à renforcer leur capacité de commercialisation (transformation, conditionnement, étiquetage et commercialisation).

Les ONG locales ont commencé à faciliter l'accès des femmes aux institutions de micro-finance et aux prestataires informels de services de crédit, qui se sont avérés plus sensibles du fait de la confiance créée. Les producteurs de riz qui ont assisté aux projections de la vidéo se sont montrés plus que disposés à vendre le riz à crédit aux femmes.

Renforçant son rôle en tant que facilitateur, le personnel des ONG ont également soutenu les femmes pour qu'elles s'organisent mieux. L'expérience de la vidéo les a amenées à prendre conscience du pouvoir des images et donc à modifier leur formation classique en y intégrant des vidéos, des images et des diagrammes.

## Discussion et conclusion

L'apprentissage par vidéo a permis une large diffusion de la technologie, les images ayant véritablement capté l'attention des groupes cibles. Fait significatif, un plus grand nombre de femmes qui ont regardé la vidéo ont utilisé la technologie, confirmant une étude de Gandhi *et al.* (2008) selon laquelle la vidéo a accru l'adoption de certaines pratiques sept fois plus qu'une approche de formation classique.

Les innovations paysannes sont souvent influencées par la limitation des capitaux et elles s'appuient principalement sur les ressources disponibles au niveau local, ressources au nombre desquelles les connaissances jouent un rôle majeur. L'agriculture durable doit prendre en compte la capacité créative des agriculteurs à adapter les principes de base des nouvelles technologies aux réalités locales. Les vidéos d'agriculteurs s'adressant à d'autres agriculteurs sont de manière idéale appropriées pour illustrer ces principes, exposer les populations rurales aux nouvelles idées et pratiques et les encourager à créer leurs propres innovations.

Dans de nombreux cadres ruraux, les interventions de développement sont biaisées en faveur des hommes parce que les femmes agricultrices sont limitées par les normes sociales dans la communication avec les hommes en dehors de leurs familles (Katungi *et al.*, 2008). La projection publique de la vidéo a permis de surmonter ce biais, parce qu'elle donne une égalité de chance d'apprendre à tous les membres de la communauté, hommes et femmes confondus. Un autre avantage de la vidéo est de diluer la négativité qui peut être associée à l'appropriation de l'information, parce que l'ensemble de la communauté peut recevoir l'information concomitamment dans les villages.

Par ailleurs, l'apprentissage par support vidéo a renforcé le capital social entre les groupes de femmes et amélioré la confiance entre les acteurs dans la chaîne de valeur du riz – faiblesse capitale des marchés en Afrique (Fafchamps, 2004). De nombreux changements organisationnels et institutionnels se sont produits entre les femmes et les intermédiaires et ont conduit à une collaboration améliorée entre elles et les marchés d'intrants et d'extrants. Des vidéos bien conçues, de grande qualité, montrant les technologies fonctionnelles et leurs principes sous-jacents, peuvent aider une bonne partie du public à adopter ces technologies et à s'y adapter bien plus facilement et probablement à un coût moindre que la vulgarisation face-à-face.

« Les systèmes novateurs d'information des paysans constituent un processus d'apprentissage mixte dans lequel l'échange direct, l'apprentissage par l'action, l'apprentissage par évaluation et expérience, la recherche participative, etc. convertissent l'information générique en connaissances spécifiques aux milieux, puis autonomisent ses membres par le transfert horizontal des connaissances » (Gakuru *et al.*, 2009). L'apprentissage par vidéo d'agriculteurs s'adressant à d'autres agriculteurs constitue un excellent moyen de renforcer la vulgarisation rurale dans les pays en voie de développement.

Les résultats de cette recherche ont déjà fait l'objet de trois publications : Zossou *et al.* (2009a, 2009b, 2010).

## Remerciements

Je remercie l'ensemble du personnel des ONG (VECO, LDLD, Rabemar, Un Monde et Castor) pour leur soutien lors de la recherche sur le terrain ; Paul Van Mele, Simplicie D. Vodouhe, Jonas Wanvoeke, Savitri Mohapatra et Philippe Lebailly pour leurs contributions et commentaires sur la première version de cet article. Le gouvernement japonais a aimablement soutenu la recherche post-récolte du Centre du Riz pour l'Afrique (AfricaRice) et l'approche d'apprentissage rural intégré.

Le rôle des outils et stratégies de communication utilisés par divers intermédiaires de connaissances et l'impact sur les moyens de subsistance et les marchés ruraux fait partie intégrante de mon programme d'étude doctorale en cours.

## Références

- Axinn, H.G. 1997. 'Challenges to agricultural extension in the twenty first century'. In Scarborough, V., Killough, S., Johnson, D.A. et Farrington, J. (eds) *Farmer-led Extension: Concepts and Practices*. Intermediate Technology Publications, Londres, Royaume-Uni.
- Fafchamps, M. 2004. 'Social capital and development', Department of Economics Discussion Paper Series No. 214. Université d'Oxford, Oxford, R-U.
- Gakuru, M., Winters, K. et Stepman, F. 2009. *Inventory of Innovative Farmer Advisory Services using ICTs*. Forum pour la recherche agricole en Afrique (FARA), Accra, Ghana.
- Gandhi, R., Veeraraghavan, R., Toyama, K. et Ramprasad, V. 2008. *Digital Vert: Participatory Video and Mediated Instruction for Agricultural Extension*. USC Annenberg School for Communication, Los Angeles, États-Unis.
- Katungi, E., Edmeades, S. et Smale, M. 2008. 'Gender, social capital and information exchange in rural Uganda'. *Journal of International Development* 20 (1): 35–52.
- Leeuwis, C. 2004. *Communication for Rural Innovation. Rethinking Agriculture Extension* (3rd edn). Blackwell, Oxford, Royaume-Uni.
- Moumouni, M.I. 2005. 'Analysing the integration of the village level participatory approach into the extension system in Benin'. In Tielkes, E., Hülsebusch, C., Häuser, I., Deininger, A. et Becker, K. (eds) *The Global Food & Production Chain – Dynamics, Innovations, Conflicts, Strategies: International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development*. Book of Summary, Tropentag 2005, Université de Hohenheim, Stuttgart, 11–13 octobre. Centre for Agriculture in the Tropics, Stuttgart, Allemagne.
- Rivera, W.M. et Zijp, W. 2002. *Contracting for Agricultural Extension. International Case Studies and Emerging Practices*. CABI Publishing, Wallingford, Royaume-Uni.

- Van Mele, P. 2006. 'Zooming-in, zooming-out: a novel method to scale up local innovations and sustainable technologies'. *International Journal of Agricultural Sustainability* 4 (2): 131–142.
- Zossou, E., Van Mele, P., Vodouhe, S.D. et Wanvoeke, J. 2009a. 'The power of video to trigger innovation: rice processing in central Benin'. *International Journal of Agricultural Sustainability* 7 (2): 119–129.
- Zossou, E., Van Mele, P., Vodouhe, S.D. et Wanvoeke, J. 2009b. 'Comparing farmer-to-farmer video with workshops to train rural women in improved rice parboiling in central Benin'. *Journal of Agricultural Education and Extension* 15 (4): 329–339.
- Zossou, E., Van Mele, P., Vodouhe, S.D. et Wanvoeke, J. 2010. 'Women groups formed in response to public video screenings on rice processing in Benin'. *International Journal of Agricultural Sustainability* 8 (4): 270–277.

### Résumé

La jachère améliorée par des légumineuses constitue une alternative à la culture sur brûlis. La présente étude a été menée dans le but d'évaluer le potentiel des herbes et arbustes légumineux polyvalents dans une zone écologique de forêt humide. Ces légumineuses abritant des insectes, leur statut entomologique a fait l'objet de recherches. Les légumineuses sélectionnées sont le *Cajanus cajan*, le *Centrosema pubescens*, le *Mucuna pruriens* var. *utilis*, le *Pueraria phaseoloides* et le *Tephrosia candida*. L'étude visait à entreprendre une collecte d'insectes, à vérifier la relative abondance des ordres d'insectes, à identifier les nuisibles réels et potentiels et à évaluer les dégâts sur les légumineuses. L'ensemble des cinq légumineuses a été attaqué par les insectes. Des insectes de neuf ordres ont été recueillis. Des foreurs de cosse ont été trouvés sur les cosses de *C. cajan*. De nombreux aphidés trouvés sur le *C. pubescens* étaient associés aux fourmis. Les larves myrmécomorphes ont foré et sucé de façon considérable la sève des feuilles de *M. pruriens*. De nombreux orthoptères, tels que les *Zonocerus variegatus*, ont mâché les feuilles de *P. phaseoloides*. Les foreurs de cosses et les espèces *Anoplocnemis* ont été trouvés sur le *T. candida*. En termes de dommages, des tunnels étaient visibles sur la cosse de *C. cajan* ; 80 à 100 % des feuilles de *C. pubescens* étaient ratatinées du fait probablement d'un virus transmis par les aphidés. Des thrips ont été trouvés sur les plantes en floraison. La plupart des espèces d'insectes trouvés sur ces légumineuses sont également des nuisibles de légumineuses cultivées, telles que le soja, l'haricot commun et le dolique. Ces connaissances peuvent être précieuses pour la rotation des cultures, dans le cadre d'un système de gestion des jachères.

### Introduction

L'agriculture sur brûlis, pratiquée dans les régions forestières humides, exige de longues périodes de jachère (pouvant aller jusqu'à 25 ans) pour restaurer la fertilité du sol (Russell, 1993). Toutefois, avec l'accroissement rapide de la population, les pressions sur les terres arables s'accroissent également et ce système de culture n'est plus praticable (Slaats, 1992) parce que les agriculteurs reviennent rapidement sur les terres laissées en jachère (Young, 1987). Une période de cinq ans est la moyenne actuelle de jachère dans les zones de forêt humide (Duguma *et al.*, 1998). Dans la zone de référence de l'Institut international d'agriculture tropicale (IITA), les jachères sont plus longues dans les zones à faible pression démographique, au sud de la zone (une moyenne de 7,5 ans à Ebolowa). La durée de la jachère est plus courte à Yaoundé (3,9 ans) et elle est d'une durée intermédiaire à Mbalmayo (5,4 ans), où la pression démographique est moyenne (Tiki Manga et Weise, 1995). Ces périodes réduites de jachère sont en train de causer un grave problème d'appauvrissement des sols. Du fait de l'accroissement démographique et du raccourcissement des durées de jachère, de nouvelles méthodes de culture sont les seules perspectives pour maintenir la fertilité des sols. Pour faire face à ce besoin, l'IITA et d'autres parties prenantes ont proposé une technologie de jachère améliorée (Young, 1987 ; Abegbehin et Igboanugo, 1990 ; Balasubramanian et Sekayange, 1992).

1. Institut de recherche agricole pour le développement, Station de Dschang, B.P. 44 Dschang, Cameroun.
2. Université de Douala, Cameroun.
3. Université de Dschang, Département de la protection des plantes, B.P. 222 Dschang, Cameroun.
4. Institut de recherche agricole pour le développement, Station de Garoua, Cameroun.

La jachère améliorée permet de restaurer rapidement la fertilité des sols et de lutter contre les mauvaises herbes. Elle utilise des plantes de couverture ou des plantes arbustives à multiple usage, qui sont principalement des légumineuses. L'IITA s'est donc engagée dans une évaluation à large échelle, notamment le *Cajanus cajan*, *Centrosema pubescens*, *Mucana pruriens* var. *utilis*, *Pueraria phaseoloides* et le *Tephrosia candida*, dans le but de les introduire dans des jachères. Ces légumineuses n'ont pas été intégrées dans une quelconque activité préalable de recherche sur des jachères, or elles peuvent abriter aussi bien des parasites d'insectes que des populations de nuisibles. En conséquence, le présent travail vise à montrer le statut entomologique de ces légumineuses. L'étude a impliqué une collecte d'insectes ; une évaluation de la relative abondance des ordres d'insectes abrités par les légumineuses ; une identification des espèces d'insectes responsables de la défoliation et de la perte de cosse ; une évaluation des dommages causés par ces insectes.

## Matériels et méthodes

L'étude a été entreprise à Mbalmayo, au Cameroun, situé à 30°30' à 30°31' N, 11°29' à 11°31' E, 600 à 700 m au-dessus du niveau de la mer (Santoir, 1995). La précipitation moyenne annuelle varie de 1600 à 1700 mm. Les températures minimales et maximales sont, respectivement, de 18 et 27°C pour Yaoundé et de 19 et 28°C pour Ebolowa (Suchel et Tsalefac, 1995).

La superficie totale de culture de *C. cajan* était de 25,5 m<sup>2</sup> avec 47 arbrisseaux ; de 11 m<sup>2</sup> pour le *T. candida* avec 18 arbrisseaux ; d'une superficie totale de 24 m<sup>2</sup> pour le *P. phaseoloides* ; de 510 m<sup>2</sup> pour le *M. pruriens* et de 4010 m<sup>2</sup> pour le *C. pubescens*. Le *Cajanus cajan*, le *T. candida*, le *P. phaseoloides* et le *M. pruriens* ont été cultivés sur trois parcelles répétées, chacune couvrant un tiers de la superficie totale pour l'espèce de légumineuse concernée. La superficie totale des parcelles de ces quatre espèces a été examinée lors de chaque visite d'enregistrement de données. Pour le *C. pubescens*, 1 m dans la ligne verticale centrale a été examiné pour des rangées d'une longueur de 100 m, pour quatre rangées à chaque visite, ce qui donne ainsi une superficie de 400 m<sup>2</sup> examinée à chaque visite.

Au début des observations, le *C. cajan*, le *T. candida*, le *P. phaseoloides* et le *C. pubescens* avaient fleuri et étaient recouverts de cosses, tandis que le *M. pruriens* était à un stade végétatif (et n'avait pas fleuri tout au long de la période d'observation). Toutes les parties des plantes au-dessus du sol ont été examinées. La capture des insectes s'est faite aussi bien de façon visuelle que non visuelle. La capture non visuelle a été effectuée à l'aide d'un filet fauchoir d'insectes. Les surfaces des feuilles ont été rapidement examinées et raclées à l'aide du filet. Tous les insectes, excepté les papillons, ont été recueillis dans des tubes à moitié remplis d'alcool. Les insectes ont été extraits par la suite, séchés et collés dans des boîtes de collecte. Les papillons ont été tués par pincement de leur thorax puis placés dans des enveloppes. Chaque semaine, les insectes étaient triés en laboratoire et classifiés.

Pour identifier les insectes, les clés d'identification d'insectes de Delvare et Aberlenc (1989) ont été utilisées. En plus des caractères morphologiques, l'écologie et l'alimentation ont également servi à l'identification sur la base des descriptions contenues dans la COPR (1981).

La relative abondance des ordres d'insectes sur toutes les plantes a été évaluée au regard des insectes capturés sur les parcelles tout au long de la période de l'étude, en termes de nombre d'individus capturés d'un ordre par rapport au nombre total d'individus capturés. Les dommages causés sur les parties de plantes (organes) ont été évalués à vue d'œil (feuilles perforées, feuilles ratatinées, cosses perforées). Les dommages ont été enregistrés sous forme d'indice de proportion d'organes endommagés par parcelle : 0 = aucun dommage ; 1 = 1 à 20 % de dommages ; 2 = 20 à 40 % de dommages ; 3 = 40 à 60 % de dommages ; 4 = 60 à 80 % de dommages ; 5 = 80 à 100 % de dommages.

Le statut de monophage (ne se nourrissant que d'une seule espèce de plante), d'opioophage (se nourrissant de deux ou davantage d'espèces de plantes de la même famille) ou de polyphage (se nourrissant de nombreuses plantes de familles différentes) des insectes a été déterminé.

Le test de chi-carré ( $\chi^2$ ) a été utilisé pour l'analyse statistique.

## Résultats

L'ensemble des cinq légumineuses a été attaqué par les insectes échantillonnés. La collection d'insectes est conservée à l'insectarium de l'IITA au Centre éco-régional de forêt humide, à la station de Yaoundé-Nkolbisson.

Neuf ordres d'insectes ont été identifiés – par ordre décroissant d'abondance : les hyménoptères, les diptères, les hémiptères, les orthoptères, les coléoptères, les thysanoptères, les lépidoptères, les dictyoptères, les odonates (Fig. 1).

Il y avait une grande différence ( $P < 0,05$ ,  $\chi^2_{\text{cat}} = 85.10 > \chi^2_{\text{th}}$ ) entre les proportions d'abondance d'ordres d'insectes.

Les foreurs de cosses ont été trouvés sur les cosses de *C. cajan*. De nombreux aphidés ont été vus sur le *C. pubescens* et sont associés aux fourmis (hyménoptères : formicidés). Les insectes appartenant à la famille des alydidés (hémiptères) ont été vus forant et suçant activement la sève des feuilles de *M. pruriens*. De nombreux orthoptères, y compris les *Zonocerus variegatus*, ont été trouvés en train de mâcher les feuilles de *P. phaseoloides* (Tableau 1). Les foreurs de cosse et des espèces d'*Anoplocnemis* ont été trouvés sur les *T. candida*.

Figure 1. Abondance relative des ordres d'insectes

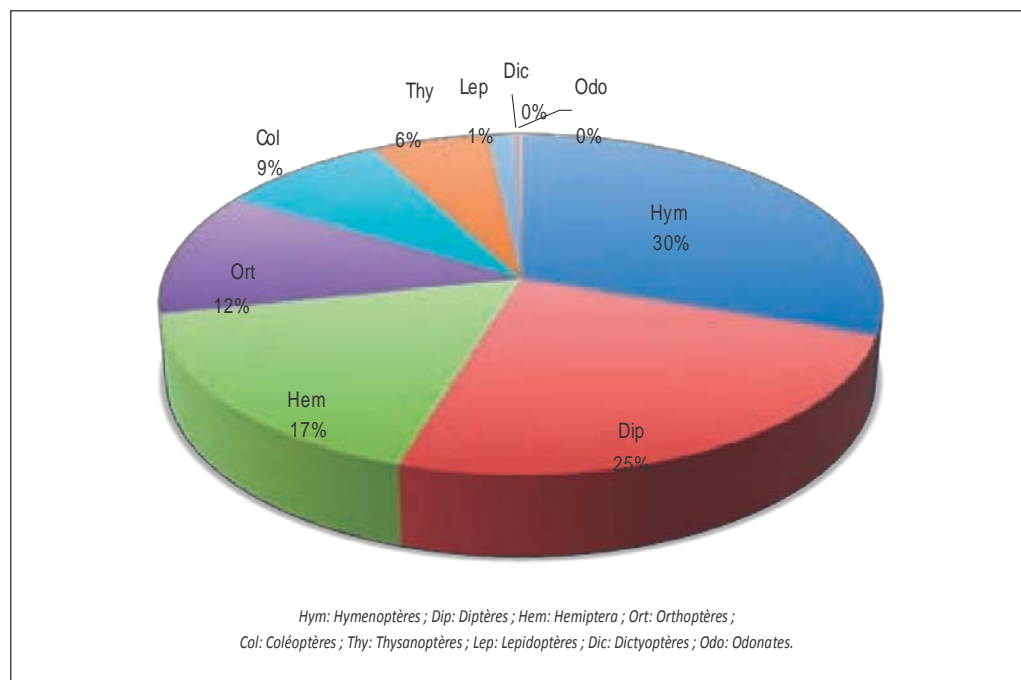




Tableau 1. Principaux insectes capturés, identifiés échantillonnés

Nom scientifique	Famille	Ordre*	Plante*	Domage
<i>Riptortus dentipes</i>	Alydidae	Hem	Cc Cp Pp Tc	Fore et suce la sève des cosses
UID†	Alydidae	Hem	Mu	Fore et suce la sève des feuilles
<i>Anoplocnemis curvipes</i>	Coreidae	Hem	Cc Tc	Fore et suce la sève des feuilles
<i>Acanthomia tomentosicollis</i>	Coreidae	Hem	Cc Tc	Fore et suce la sève
<i>Esp. Clavigralla</i>	Coreidae	Hem	Cc Tc	Fore et suce la sève
<i>Nezara viridula</i>	Pentatomidae	Hem	Cc Cp Mu Tc	Ne fait que passer (?)‡
UID	Aphididae	Hem	Cp	Ratatine les feuilles
<i>Zonocerus variegatus</i>	Pyrgomorphidae	Ort	Cc Cp Mu Pp Tc	Mâche les feuilles
UID	Grillidae	Ort	Cc Cp Mu Pp	Coupe des parties, les plantes (?)

\*Hem: Hémiptères ; Ort: Orthoptères ; Cc: *C. cajan* ; Cp: *C. pubescens* ; Mu: *M. pruriens* ; Pp: *P. phaseoloides* ; Tc: *T. candida*.

†UID : Espèces non identifiées.

‡(?) : Question posée

Tableau 2. Dommages sur les légumineuses \*

Symptômes	C. cajan	C. pubescens	M. pruriens	P. phaseoloides	T. candida
Feuilles consommées	0	0	2	4	0
Feuilles ratatinées	0	5	0	0	0
Cosses perforées	1	0	0	0	1

\*En pourcentage des organes de plantes par parcelle indiquant des dommages : 0 = pas de dommages ; 1 = 1 à 20 % de dommages ; 2 = 20 à 40 % de dommages ; 3 = 40 à 60 % de dommages ; 4 = 60 à 80 % de dommages ; 5 = 80 à 100 % de dommages

En termes de dommages causés par ces insectes, des tunnels ont été aperçus sur les cosses de *C. cajan* ; 80 à 100 % des feuilles de *C. pubescens* étaient ratatinées, du fait probablement d'un virus transmis par les aphidés. Moins de 20 % des feuilles de *M. pruriens* ont été consommées, tandis que la défoliation était grave sur les *P. phaseoloides* (60 à 80 %) (Tableau 2). Les Thrips ont été trouvés sur les plantes en floraison.

## Discussion et conclusion

Le *Centre for Overseas Pest Research* indique que les foreurs de cosse, les thrips et les diptères appartenant à la famille des Agromizidae sont les principaux insectes des légumineuses (COPR, 1981). Les thrips ont été trouvés sur les plantes en floraison dans cette étude. Les symptômes identifiés sur le *C. pubescens* sont ceux d'une maladie virale. Le *Centrosema pubescens* est très sensible aux maladies virales, en particulier au virus de la mosaïque de dolique (Comovirus), au potexvirus de la mosaïque de *Centrosema* et au virus de la lignification du fruit de la passion (Potyvirus) (Koizumi, 1995 ; ICTVdB, 2006). Les vecteurs de ces virus sont l'*Aphis gossypii* et le *Mysus persicae* (Hemiptera: Aphididae). Tindo (2001) s'est aperçu que les Coreidae (hémiptères) tels que l'espèce *Cletus* se nourrissent de la base des fleurs du *T. candida* et pouvaient entraîner la stérilité de la semence.

On s'est aperçu que les espèces d'aphidés (espèces *Aphis*) étaient monophages (ne se nourrissaient que d'une seule espèce de plante). Les autres espèces identifiées étaient oligophages (se nourrissaient de différentes plantes de la même famille – ceci est particulièrement vrai pour le *leguminosae*). Le *Riptortus dentipes* était l'espèce le plus oligophage d'entre les espèces d'hémiptères, se nourrissant de l'ensemble des quatre espèces de légumineuses ayant donné des fleurs lors de cette expérience.

Le *Riptortus dentipes*, l'*Anoplocnemis curvipes*, l'*Acanthomia tomentosicollis* et l'espèce *Clavigralla* sont les principaux nuisibles du niébé (*Vigna unguiculata*), du haricot commun et du soja (COPR, 1981 ; Koon et al., 2001). Le *Nezara viridula* est un grand nuisible du soja. Les thrips font partie des principaux nuisibles du niébé (Bottenberg et al., 1997). Le *Zonocerus variegatus* est à la fois phytophage et polyphage (Foahom, 2002). La plupart des insectes identifiés sur les cinq légumineuses sont de grands nuisibles des légumineuses cultivées (haricot commun, soja et niébé). Il serait donc mieux d'éviter de planter ces cultures légumineuses immédiatement après une jachère améliorée, en utilisant des légumineuses à multiple usage. Cette connaissance doit être intégrée et doit guider les systèmes de gestion des jachères, de rotation des cultures et de cultures successives.

La technologie de jachère améliorée utilisant des légumineuses offre à l'agriculture sur brûlis une option de rechange prometteuse. Cette innovation va contribuer à redynamiser l'agriculture au Cameroun et dans d'autres pays présentant des agro-écologies similaires. L'introduction d'herbes et d'arbustes légumineux de jachère polyvalente résout la principale préoccupation concernant la restauration de la fertilité des sols, qui est fondamentale dans la production agricole. Cette innovation constitue également une importante méthode de protection environnementale. Cette utilisation des légumineuses permet d'accroître significativement non seulement les rendements des champs, mais également le revenu des agriculteurs. Les résultats de cette recherche permettront donc de réduire les pertes de récoltes et la pauvreté.

## Remerciements

Cette étude a été financée par l'Institut international d'agriculture tropicale.

## Références

- Abegbehin, J.O. et Igboanugo, A.B.I. 1990. 'Agroforestry practices in Nigeria'. *Agroforestry Systems* 10:1–22.
- Balasubramanian, V. et Sekayange, L. 1992. 'Five years of research on improved fallow in the semi-arid high lands of Rwanda'. In Mulongoy, K., Nguéye, M. et Spencer, D.S.C. (eds) *Biological Nitrogen Fixation and Sustainability of Tropical Agriculture*. Proceedings of the Fourth International Conference of the African Association of Biological Nitrogen Fixation (AABNF), International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria, 24–28 septembre 1990. John Wiley & Sons, Chichester, Royaume-Uni ; Sayce Publishing, Londres, Royaume-Uni; IITA et AABNF, Ibadan, Nigeria.
- Bottenberg, H., Tamò, M., Arodokoun, D., Jackai, L.E.N., Sing, B.B. et Youm, O. 1997. 'Population dynamics et migration of cowpea pests in northern Nigeria: implications for integrated pest management'. In Singh, B.B., Mohan Raj, D.R., Dashiell, K.E. et Jackai, L.E.N. (eds) *Advances in Cowpea Research*. IITA, Ibadan, Nigeria et JIRCAS, Tsukuba, Japon.
- COPR. 1981. *Pest Control in Tropical Grain Legumes*. Centre for Overseas Pest Research, Londres, Royaume-Uni. Delvare, G. et Aberlenc, H.P. 1989. *Les Insectes d'Afrique et d'Amérique Tropicale : Clés pour la reconnaissance des familles*. CIRAD-PRIFAS, Montpellier, France.
- Duguma, B., Kanmegne, B., Rayomock, A. et Rayomock, J. 1998. 'Short-rotation planted shrub fallow for soil management in humid lowlands of southern Cameroon'. In Duguma, B. et Mallet, B. (eds) *Proceedings of Regional Symposium on Agroforestry Research et Development in Humid Lowlands of West et Central Africa, Yaoundé, Cameroun, 4–7 décembre 1995*. CIRAD, Montpellier, France.
- Foahom, B. 2002. 'Insect pest incidence on timber tree species in natural forest in south Cameroon'. Tropenbos Cameroon Documents no. 12. Tropenbos International, Wageningen, Pays-Bas.

- ICTVdB. 2006. 'Passion fruit woodiness virus'. In Buchen-Osmond, C. (ed.) *ICTVdB The Universal Virus database of the International Committee on Taxonomy of Viruses*, version 4. Columbia University, New York, États-Unis. [www.ICTVdb.org/ictv/index.htm](http://www.ICTVdb.org/ictv/index.htm)
- Koizumi, M. 1995. 'Problems of insect-borne virus disease of fruit trees in Asia'. Fruit Tree Research Station, Ministry of Agriculture and Fisheries, Tsukuba, Japon.
- Koona, P., Osinanya, E.O., Jackai, L.E.N., Tamò, M., Tonye, J. et Ngeve, J.M. 2001. 'Interaction between pod age and position on damage to cowpea *Vigna unguiculata* by hemipteran pod-sucking bugs'. *Bulletin of Entomological Research* 91: 453–459.
- Russell, D. 1993. 'Resource et crop management systems of Cameroon's forest zone: foundation et new horizon'. IITA Resource et Crop Management Division, Ibadan, Nigeria.
- Santoir, C. 1995. 'Oro-hydrographie'. In Santoir, C. et Bopda, A. (eds) *Atlas régional Sud-Cameroun*. Editions ORSTOM, Montpellier, France.
- Slaats, J.J.P. 1992. 'Transformation des systèmes de culture itinérante en systèmes de cultures permanents'. In *Compte-rendu du séminaire sur l'aménagement intégré des forêts denses humides et des zones agricoles périphériques*. Fondation Tropenbos, Wageningen, Pays-Bas.
- Suchel, J.B. et Tsalefac, M. 1995. 'Climatologie'. In Santoir, C. et Bopda, A. (eds) *Atlas régional Sud-Cameroun*. Editions ORSTOM, Montpellier, France.
- Tiki Manga, T. et Weise, S.F. 1995. Alternative to slash et burn (A.S.B.) project, Cameroon Benchmark site. Final report. IRA-IITA, Yaoundé, Cameroun.
- Tindo, M. 2001. 'Survey of insects associated with selected legume cover crops in the forest zone of southern Cameroon'. *CIEPA Newsletter* 7: 5–6. (Centre for Cover Crops Information et Seed Exchange in Africa, Cotonou, Bénin.)
- Young, A. 1987. 'Soil productivity, soil conservation et land evaluation'. *Agroforestry Systems* 5: 277–292.

# Étude de la diversité génétique des variétés d'acacia senegal produisant de la gomme arabique au Kenya à l'aide de répétition de séquences inter-simples (ISSR) et de marqueurs de répétition de séquences simples chloroplastiques (cpSSR)

Eunice W. Githae<sup>1</sup>, C.K.K. Gachene<sup>1</sup>, J.T. Njoka<sup>1</sup>, D.W. Odee<sup>2</sup> et S.F. Omondi<sup>2</sup>

Mots clés : conservation, flux génétique, marqueurs moléculaires, variation

## Résumé

L'*Acacia senegal* est une essence résistante à la sécheresse et à usage multiple, hautement prisée pour la production de gomme arabique et de plus en plus utilisée dans l'agroforesterie en Afrique subsaharienne. Bien qu'il soit utilisé depuis bien longtemps, il n'y a pas eu d'évaluation génétique exhaustive de la base de ressource génétique existante de l'*A. senegal* au Kenya en vue d'une amélioration génétique de l'essence. Les marqueurs de répétition de séquences inter-simples (ISSR) et de microsatellite chloroplastique (cpSSR) ont été utilisés pour étudier la diversité génétique chez sept populations kényanes de l'*A. senegal* comprenant trois variétés putatives, à savoir : le *kerensis*, le *leiorhachis* et le *senegal*. Les deux types de marqueurs identifiés présentaient des niveaux similaires de diversité génétique de Nei ( $H_{ISSR} = 0,211$ ,  $H_{cpSSR} = 0,212$ ) au sein des populations de *A. senegal*. L'*Acacia senegal* var. *kerensis* présentait la plus forte diversité, si on utilise les marqueurs ISSR ( $H_{ISSR} = 0,248$ ), suivi des variétés de *leiorhachis* ( $H_{ISSR} = 0,218$ ) et du *senegal* ( $H_{ISSR} = 0,151$ ). L'analyse de variance moléculaire (AMOVA) a identifié des variations génétiques significatives au sein et entre les populations ( $P < 0,001$  et  $P < 0,01$  pour l'ISSR et le cpSSR, respectivement). Sur la base d'un dendrogramme reposant sur la méthode de paire-groupe non pondérée avec la moyenne arithmétique (UPGMA) de sept populations, deux régions ont été différenciées (le Nord et le Sud). Les deux marqueurs ont montré leur potentiel pour la délimitation de la structure des populations aux niveaux local et régional et au niveau des relations infra-spécifiques au sein de l'essence, d'où leur potentiel comme outil pour la conservation, les programmes d'amélioration et l'exploitation durable de l'essence. La présente étude fournit des informations génétiques de référence pour la domestication des variétés d'*A. senegal* au Kenya.

## Introduction

L'*Acacia senegal* (L.) Willd. (Mimosodeae) est un arbre/arbrisseau légumineux résistant à la sécheresse et à utilisation multiple qui est largement répandu sur les terres arides de l'Afrique subsaharienne, s'étendant jusqu'à la péninsule arabe, au Pakistan et en Inde. L'essence est connue pour son exsudat appelé « gomme arabique » utilisé et vendu au niveau mondial pour les industries alimentaires et médicales. L'essence est également réputée pour présenter une forte variabilité en termes de forme de croissance (Brenan, 1983). Trois variétés sont actuellement reconnues au Kenya : l'*A. senegal* var. *senegal* Schweinf., var. *kerensis* Schweinf. et var. *leiorhachis* Brenan (Fagg et Allison, 2004). Elles sont différenciées aux plans de la distribution naturelle et des caractéristiques morphologiques. Si cette variation est une bonne chose en termes d'adaptabilité et de potentiel d'amélioration génétique, sa gestion et l'exploitation durable de l'*A. senegal* au Kenya sont limitées, entre autres facteurs, par la faible délimitation des variétés (Brenan, 1983 ; Maundu et Tengnäs, 2005), l'inconstance dans la production et la faible qualité de la gomme arabique (Chretien et al., 2008).

1. Département pour la gestion des ressources foncières et pour la technologie agricole, Faculté d'agriculture, Université de Nairobi, B.P. 29053-00625, Nairobi, Kenya.
2. Institut kényan de recherche en foresterie, B.P. 20412-00200, Nairobi, Kenya.

Bien qu'elle soit utilisée depuis longtemps, il n'y a pas eu d'évaluation génétique exhaustive de la base de ressources génétiques existantes de l'*A. senegal* au Kenya en vue d'une amélioration de l'essence. Plusieurs études ont été menées à l'aide d'iso-enzymes (Fagg et Allison, 2004) et de différents marqueurs moléculaires (Chiveu *et al.*, 2008 ; Assoumane *et al.*, 2009 ; Omondi *et al.*, 2009). Toutefois, la plupart de ces études ont utilisé de petites populations et peu nombreuses sont celles qui décrivent les variétés utilisées. Les efforts pour conserver le matériel génétique de l'*A. senegal* seraient utiles pour une utilisation efficace des ressources et pour améliorer la production et la qualité de gomme. La présente étude a été entreprise dans le but d'évaluer la diversité génétique des populations de variétés de *A. senegal* au Kenya, en utilisant des marqueurs de répétition de séquences inter-simples (ISSR) et de microsatellites chloroplastiques (cpSSR), qui seront cruciaux pour l'élaboration de stratégies appropriées pour l'amélioration, l'exploitation durable et la conservation des ressources génétiques.

## Matériels et méthodes

Sept populations ont été sélectionnées pour représenter les populations kényanes en termes de variété putative, de production potentielle de gomme et d'altitude (Fig. 1). Trente échantillons par population ont été sélectionnés pour l'ISSR et huit échantillons par population pour le cpSSR, ce qui donne, au total, respectivement 210 et 56 arbres individuels. L'AND génomique total a été isolé à l'aide d'une méthode modifiée de bromure de cétyltriméthylammonium (CTAB) telle que décrite par Fernández *et al.* (2000).

Quinze amorces d'ISSR ont été sélectionnées au départ et les sept meilleures amorces polymorphiques ont été retenues. Des réactions ont été effectuées dans un volume de 25 µl composé d'environ 20 ng d'ADN et de 10 µM d'apprêt d'amorce dans des perles PCR de *puReTaq prêt à l'emploi* (GE Healthcare, Buckinghamshire, Royaume-Uni). Des amplifications ont été effectuées à l'aide d'un thermocycleur *TECHNE TC-412* (Bibby Scientific Ltd, Staffordshire, Royaume-Uni) dans les conditions suivantes : à 94°C pendant 5 min, à 94°C pendant 30 s, à 52°C pendant 45 s, à 72°C pendant 2 min (42 cycles), avec une extension finale à 72°C pendant 10 min. L'électrophorèse a été effectuée sur 2 % de gels d'agarose en utilisant un tampon d'acide édétique (EDTA) (0,5x). Les gels ont été photographiés à l'aide du système d'imagerie *Gel LOGIC 200* (Kodak MI SE, Rochester, New York, États-Unis) et les fragments ont été estimés par rapport à une échelle d'ADN de 100 bp.

Des loci de microsatellites chloroplastiques mis au point par Weising et Gardner (1999) ont été utilisés pour identifier les génotypes des populations. Après l'examen initial avec plusieurs paires d'amorce, seules deux paires d'amorces universelles ont produit les amplicons clairs des tailles escomptées dans les populations. Les amplifications ont été exécutées dans un volume de 13 µl contenant 0,3 µM de chaque amorce, 1 polymérase d'ADN *U Taq* (Gibco, Invitrogène), 200 µM de chaque dNTP, 1 x tampon de réaction, 3,25 µg d'albumine de sérum bovin et 10 ng d'ADN matrice. Les amplifications ont été effectuées à l'aide d'un thermocycleur *TECHNE TC-412* (Bibby) dans les conditions suivantes : à 96°C pendant 2 min, à 94°C pendant 1 min, à 56°C pendant 1 min, à 72°C pendant 1 min (30 cycles), avec une extension finale à 72°C pendant 30 min. L'électrophorèse a été effectuée sur 8 % de gel polyacrylamide non dénaturant dans une unité d'électrophorèse *Hoefer SE600* (Leicestershire, Royaume-Uni) en utilisant un tampon d'acide *Tris-Borate-EDTA* (1x). Tous les individus ont été caractérisés pour déterminer l'haplotype de cpDNA aux deux loci par rapport à une norme de 1 kb (*Microzone*, Buckinghamshire, Royaume-Uni).

Les bandes ont été utilisées pour assigner des loci pour chaque amorce et notées comme étant présentes (1) ou absentes (0). Les paramètres génétiques pour chaque population ont été dérivés à l'aide du logiciel *Pogpene 3.2* (Yeh *et al.*, 1999) en présumant un équilibre de Hardy-Weinberg. La matrice de distance génétique a été utilisée pour produire la diversité des arbres à l'aide d'une méthode de paire-groupe non pondérée avec la moyenne arithmétique (UPGMA) (Yeh *et al.*, 1999). L'analyse de variance moléculaire (AMOVA) a été exécutée à l'aide de *GenALEx* version 6 (Peakall et Smouse, 2006).

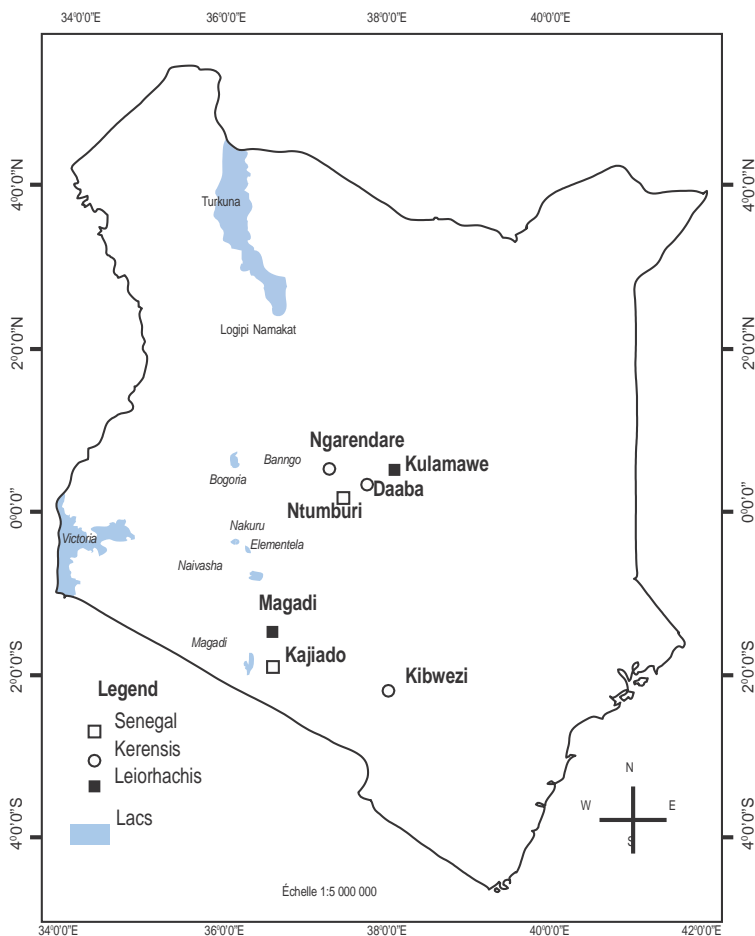


Figure 1. Situation géographique des sept sites d'étude représentant les variétés de *A. senegal* au Kenya

## Résultats

Les sept amorces d'ISSR ont produit un total de 203 fragments notables, de 200 à 1450 bp, dont 56,53 % étaient polymorphiques chez tous les 210 arbres. La diversité génétique moyenne de Nei ( $H$ ) (Nei, 1973) pour toutes les populations, déterminée à partir de l'ISSR, était de 0,211, avec un polymorphisme de pourcentage moyen de 70,80 % (Tableau 1). La plus forte diversité génétique et le nombre le plus élevé de loci polymorphes ont été identifiés chez les populations de Ngarendare, de Kibwezi et de Daaba – représentant toutes des variétés de *kerensis*, tandis que la plus faible diversité a été identifiée chez les populations de Ntumburi et de Kajiado, représentant toutes deux la variété *senegal*.

Les deux amorces cpSSR ont relevé un polymorphisme intra-spécifique à l'analyse phylo-géographique. La diversité génétique moyenne de Nei pour toutes les populations, si on utilise le cpSSR, était de 0,212 (Tableau 1). La plus forte diversité génétique a été mise au jour chez les populations de Magadi et de Kajido, représentant respectivement les variétés de *leiorhachis* et de *senegal*. Ces deux populations sont généralement proches l'une de l'autre. Les populations de Daaba et de Kulamawe sont géographiquement proches l'une de l'autre et n'ont toutes deux montré aucune diversité identifiable.

L'AMOVA a mis au jour d'importantes variations génétiques au sein et entre les populations pour les deux types de marqueurs (Tableau 2). Le marqueur ISSR a révélé une plus forte diversité génétique, tant au sein qu'entre les populations, tandis que le marqueur cpSSR a révélé une plus forte diversité entre les populations qu'au sein de celles-ci. La distance génétique la plus courte a été observée entre les populations de Ngarendare et de Daaba, toutes deux représentant la variété *kerensis*, tandis que les populations les plus distantes étaient celles de Kajido et de Kulamawe, représentant respectivement les variétés *senegal* et *leiorhachis* (Tableau 3). L'analyse typologique basée sur l'UPGMA a regroupé les populations en deux régions : le Nord et le Sud (Fig. 2). Les populations de Ngarendare et de Daaba ont été regroupées selon une analyse en composante principale (ACP), confirmant les résultats obtenus par l'analyse par paires (Fig. 3).

Tableau 1. Valeur génétique des sept populations de variété de *A. senegal* au regard des marqueurs d'ISSR et de cpSSR

Population	Variété	ISSR*				cpSSR	
		N <sub>p</sub>	% N <sub>p</sub>	A	H	Haplotype (énumération)	H
Kibwezi	<i>kerensis</i>	173	85,22	1,852	0,250	8 (6), 11 (1), 12 (1)	0,203
Ngarendare	<i>kerensis</i>	172	84,73	1,847	0,255	4 (6), 5 (1), 7 (1)	0,219
Daaba	<i>kerensis</i>	160	78,82	1,788	0,238	4 (8)	0,000
Magadi	<i>leiorhachis</i>	149	73,40	1,734	0,218	6 (3), 7 (2), 9 (2), 10 (1)	0,469
Kulamawe	<i>leiorhachis</i>	133	65,52	1,655	0,218	3 (8)	0,000
Kajido	<i>senegal</i>	107	52,72	1,527	0,155	10 (4), 9 (3), 7 (1)	0,344
Ntumburi	<i>senegal</i>	112	55,17	1,552	0,146	4 (4), 4 (4)	0,250
Mean		144	70,80	1,708	0,211		0,212

\*N = Nombre de loci polymorphes ; % N = Pourcentage de loci polymorphes ; A = Nombre moyenne d'allèles ; H = Diversité génétique de Nei.

Tableau 2 : AMOVA des sept populations de *A. senegal* au regard des marqueurs d'ISSR et de cpSSR

Source de variation	ISSR*				cpSSR*			
	dl	MS	%V	P	dl	MS	%V	P
Entre régions	1	1162,033	16	<0,001	1	8,086	21	<0,01
Entre populations	5	450,814	33	<0,001	5	3,454	49	<0,01
Au sein des populations	203	22,175	51	<0,001	49	0,242	30	<0,01
Total	209	1635,022	100		55	11,783	100	

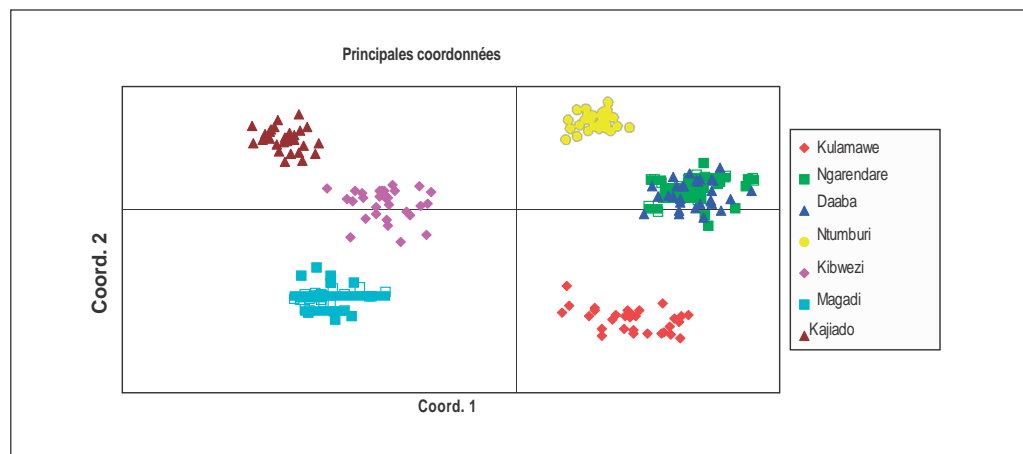
\*dl = degré de liberté ; MS = Somme moyenne des carrés ; % V = Pourcentage d'écart.



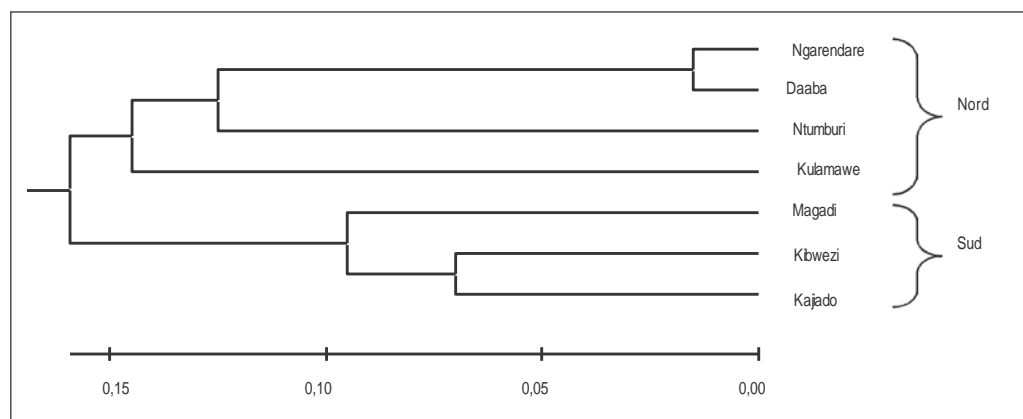
**Tableau 3.** Matrice de population par paires de la distance génétique (D) non biaisée de Nei des sept populations de *A. senegal* au Kenya établie à l'aide des marqueurs d'ISSR

	Kulamawe	Ngarendare	Daaba	Ntumburi	Kibwezi	Magadi	Kajiado
Kulamawe	0,000						
Ngarendare	0,286	0,000					
Daaba	0,261	0,030	0,000				
Ntumburi	0,321	0,261	0,242	0,000			
Kibwezi	0,357	0,204	0,181	0,319	0,000		
Magadi	0,245	0,355	0,333	0,425	0,139	0,000	
Kajiado	0,464	0,345	0,343	0,249	0,143	0,237	0,000

**Figure 2.** Dendrogramme UPGMA des populations de *A. senegal*



**Figure 3.** Analyse typologique des sept populations de *A. senegal* établie à l'aide de l'Analyse en composante principale



## Discussion

Sept populations d'*Acacia senegal* ont montré une forte diversité génétique ( $H_{SSR} = 0,211$ ,  $H_{cpSSR} = 0,212$ ). Cette diversité est supérieure à celle signalée pour les marqueurs d'iso-enzyme des populations de *A. senegal* de sept pays, qui variait de 0,17 à 0,175 (Fagg et Allison, 2004). Le niveau élevé de diversité génétique observé dans la présente étude est conforme à la vaste distribution géographique de l'essence au Kenya. Toutefois, la diversité est plus faible que signalée par Chiveu *et al.* (2008) : diversité moyenne de 0,283, mais sans discrimination des variétés utilisées.

Bien que les différences courantes entre les variétés de *A. senegal* soient basées sur un écart dans la distribution naturelle et les caractéristiques morphologiques (Fagg et Allison, 2004), la variété de *kerensis* a montré une forte diversité génétique, comparée aux deux autres variétés étudiées. Ceci est en phase avec une étude récente menée par Omondi *et al.* (2009). Cette variété est la principale source de gomme arabique commerciale au Kenya et sa gomme montre également une forte variabilité des propriétés physico-chimiques (Chikamai et Banks, 1993). L'*Acacia senegal* var. *leiorhachis* avait la plus grande distance génétique avec le plus grand nombre d'allèles privés. Ceci indique un isolement génétique de cette variété qui devrait être pris en compte dans cette conservation. Le manque de diversité chloroplastique entre les populations de Daaba et de Ngarendare (toutes deux représentant la variété *kerensis*) laisse penser qu'ils peuvent provenir d'un seul lignage.

L'AMOVA a mis en évidence les différences notables au sein et entre la population. La plus grande diversité génétique s'est faite jour au sein plutôt qu'entre les populations et est caractéristique d'une essence d'arbres à grande longévité et à forte distribution géographique. Ceci peut être dû à des systèmes de pollinisation croisée exclusifs qui ne permettent pas à l'essence de s'auto-polliniser. Les études ont démontré que le *A. senegal* est une essence à croisement distant exclusif présentant des caractéristiques d'auto-incompatibilité ; la forte diversité au sein de la population peut être due au flux génétique efficient et efficace entre les populations par le transfert de pollen (Omondi *et al.*, 2009). Le dendrogramme UPGMA des sept populations a montré deux groupes de populations : celle des régions du Nord et celle du Sud du Kenya. Ceci était en phase avec la distribution géographique de l'essence, avec des populations proches au plan géographique, séparées par une courte distance génétique. Cette donne indique un flux génétique entre les populations qui sont à des endroits géographiques proches.

La présente étude montre qu'il existe une diversité et une variation géographique entre et au sein des trois variétés indigènes de *A. senegal* au Kenya. Toutefois, la domestication de ces variétés peut s'avérer efficace dans l'identification de leur adaptation environnementale. Ceci devrait être orienté par l'évaluation des meilleures provenances de meilleures performances qui ont une bonne production de gomme arabique, ainsi qu'un potentiel pour la réhabilitation des terres dégradées. L'étude montre également la capacité des marqueurs ISSR et cpSSR à délimiter la structure de population et les relations intra-spécifiques entre les populations kényanes de *A. senegal*. Cette étude fournit des informations génétiques de référence pour la domestication des variétés de *A. senegal* au Kenya et peut s'avérer vitale pour la conservation et l'utilisation durable des espèces dans la région.

## Remerciements

Cette étude a été financée par Bioversity International. Nous remercions l'Institut kényan de recherche sur la foresterie et l'Université de Nairobi pour leur assistance technique.

## Références

- Assoumane, A.Z., Vaillant, A., Mayaki, A.Z. et Verhaegen, D. 2009. 'Isolation and characterization of microsatellite markers for *Acacia senegal* (L.) Willd., a multipurpose arid and semi-arid tree'. *Molecular Ecology Resources* 9: 1380–1383.
- Brenan, J.P.M. 1983. *Manual on Taxonomy of Acacia Species: Present Taxonomy of Four Species of Acacia* (*A. albida*, *A. senegal*, *A. nilotica*, *A. tortilis*). Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie.
- Chikamai, B.N. et Banks, W.B. 1993. 'Gum arabic from *Acacia senegal* (L.) Willd. in Kenya'. *Food Hydrocolloids* 7: 521–534.
- Chiveu, J.C., Dangasuk, G.O., Omutyin, M.E. et Wachira, F.N. 2008. 'Genetic diversity in Kenyan populations of *Acacia senegal* (L.) Willd. revealed by combined RAPD and ISSR markers'. *African Journal of Biotechnology* 7: 2333–2340.
- Chretien, M., Chikamai, B., Loktari, P.E., Ngichili, J., Loupa, N., Odee, D. et Lesueur, D. 2008. 'The current situation et prospects for gum arabic in Kenya: a promising sector for pastoralists living in arid lands'. *International Forestry Review* 10 (1): 14–22.
- Fagg, C.W. et Allison, G.E. 2004. *Acacia senegal and the Gum Arabic Trade. Monograph et Annotated Bibliography*. Tropical Forestry Papers No. 42. Oxford Forestry Institute, Oxford, UK.
- Fernández, J.F., Sork, V.L., Gallego, G., López, J., Bohorques, A. et Tohme, J. 2000. 'Cross-amplification of microsatellite loci in a neotropical *Quercus* species et standardization of DNA extraction from mature leaves dried in silica gel'. *Plant Molecular Biology* 18: 397–397.
- Maundu, P. et Tengnäs, B. 2005. *Useful Trees et Shrubs for Kenya*. World Agroforestry Centre, Eastern and Central Africa Regional Programme (ICRAF-CEA), Nairobi, Kenya.
- Nei, M. 1973. 'Analysis of gene diversity in subdivided populations'. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 70: 3321–3323.
- Omondi, S.F., Kireger, E., Dangasuk, O.G., Chikamai, B., Odee, D.W., Cavers, S. et Khasa, D.P. 2009. 'Genetic diversity and population structure of *Acacia senegal* (L.) Willd. in Kenya'. *Tropical Plant Biology* 3: 59–70.
- Peakall, R. et Smouse, P.E. 2006. 'GENALEX 6: Genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research'. *Molecular Ecology Notes* 6: 288–295.
- Weising, K. et Gardner, R.C. 1999. 'A set of conserved PCR primers for the analysis of simple sequence repeat polymorphisms in chloroplast genome of dicotyledonous angiosperms'. *Genome* 42:9–19.
- Yeh, F.C., Yang, R.C., Boyle, T.B.J., Ye, Z.H. et Mao, J.X. 1999. *POPGENE 3.2, The User-friendly Shareware for Population Genetics Analysis*. Molecular Biology and Biotechnology Centre, Université d'Alberta, Edmonton, Canada.

### Résumé

Le projet dénommé Cassava : Adding Value for Africa (C:AVA) explore les besoins stratégiques et pratiques des grands acteurs de la chaîne de valeur du manioc au Nigeria, analyse les rôles des hommes et des femmes, examine l'accès aux ressources et le contrôle de celles-ci et influence les facteurs de relations sociales (comme, par exemple, l'inversion du rôle des genres) le long de la chaîne de valeur. Les données ont été analysées au plan qualitatif en sessions de brainstorming, à l'aide de statistiques descriptives et de discussions au sein d'un groupe pluridisciplinaire. La participation des femmes au projet s'est accrue d'au moins 10 % (des exploitantes agricoles et transformatrices) au départ à plus de 85 % à tous les niveaux de la chaîne de valeur. La capacité des hommes et des femmes à accéder aux ressources dans la chaîne de valeur du manioc diffère en bien des endroits. Les possibilités et les avantages financiers découlant de la production et de la transformation du manioc contribuent aux changements des rôles et responsabilités des hommes et des femmes, avec une augmentation financière de plus de 50 livres (60 euros) par mois, aussi bien pour les femmes que pour les hommes, grâce au renforcement des capacités par C:AVA. L'étude a conclu que, pour une intervention réussie du projet et la transformation des petits agriculteurs et de leurs ménages, les interventions doivent intégrer le genre, parce que les contraintes sexospécifiques affectent la structure et les relations des chaînes de valeur. Le projet aide donc les groupes vulnérables à hiérarchiser par priorité les opportunités pour les femmes les plus âgées qui sont dans les liens de mariage polygamique, ainsi que les ménages dirigés par des femmes, les veuves, les jeunes et les hommes impliqués dans les activités du projet.

### Introduction

Le projet Cassava: Adding Value for Africa (C:AVA), financé par la Fondation Bill et Melinda Gates, a démarré au Nigeria en mai 2008 et se poursuivra jusqu'en 2012. Il vise à développer les chaînes de valeur pour une farine de manioc de grande qualité (HQCF) pour fournir d'amples opportunités d'interconnectivité de l'accès au marché, pour les hommes et les femmes et les entreprises agricoles de petits planteurs dans les micro, petites et moyennes entreprises. C:AVA se focalise sur trois points clés d'intervention dans la chaîne de valeur : 1) garantir un approvisionnement constant en matières premières ; 2) développer des intermédiaires viables faisant office de transformateurs secondaires ou d'agents grossistes dans la chaîne de valeur ; 3) susciter la demande par le marché et renforcer les parts de marché (dans l'industrie de boulangerie et les composantes d'aliments traditionnels ou d'applications de contreplaqués/de cartons, par exemple). Les stratégies de C:AVA identifient la participation des petits planteurs comme étant un élément déterminant du développement, du succès et de la durabilité agricoles, en reconnaissant que les femmes constituent la vaste majorité des petits planteurs et des producteurs de vivriers, vu leurs doubles responsabilités/rôles dans la reproduction et la production dans les ménages ruraux, lesquels ne sont pas formellement reconnus ou admis (Kabeer et Subrahmanian, 1999).

---

1. Institut des ressources naturelles, Université de Greenwich, Chatham, ME4 4TB, Kent, Royaume-Uni.

C:AVA croit également que pour réaliser des améliorations radicales et durables dans l'existence et le bien-être des petits agriculteurs, elle doit proposer des approches novatrices et transformatives aux défis de développement qui impliquent, investissent et autonomisent durablement les femmes et les populations défavorisées, en particulier là où le contrôle, le droit de propriété et la gestion des ressources sont définis selon les rôles des hommes et des femmes spécifiques à la culture et au contexte (Fondation Bill et Melinda Gates, 2008).

L'étude a été menée par des spécialistes issus de Natural Resources Institute, de l'Université de Greenwich, au Royaume-Uni, en collaboration avec l'Université d'agriculture d'Abeokuta, au Nigeria, et de l'Institut international d'agriculture tropicale (IITA).

## Matériels et méthodes

À la phase de conceptualisation, l'équipe pluridisciplinaire (comprenant un expert en développement social, des économistes de l'agriculture, des experts en chaîne de valeur, des chercheurs en alimentation, des agronomes, des agents de vulgarisation agricole et un spécialiste du genre) a décidé d'intégrer l'étude du genre conjointement à l'analyse de la chaîne de valeur et aux études cadrage pour exploiter pleinement les interactions naturelles le long de la chaîne de valeur et reconnaître les complexités inhérentes au système. Les composantes genre et diversité de l'analyse de la chaîne de valeur ont débuté entre le 19 juin et le 4 juillet 2008 et ont été menées dans le cadre de l'étude de cadrage du 17 au 31 août 2008. Quant à l'audit du genre, il a lieu en 2009 tandis que l'étude de référence était, elle, en cours au moment de la rédaction du présent article (août 2010).

Des données primaires ont été recueillies sur les besoins les stratégiques et pratiques des enquêtés liés au genre, le rôle des hommes et des femmes, l'accès aux ressources et au contrôle de celles-ci, et les relations sociales le long de la chaîne de valeur. Les méthodes de collecte utilisées ont été les évaluations rurales participatives et l'évaluation rapide du marché, les discussions en groupe, les entretiens en tête à tête avec les informateurs clés dans la filière du manioc et les questionnaires d'auto-évaluation assortis d'un guide d'entretien. L'étude a porté sur trois principaux États transformateurs du manioc au sud-ouest du Nigeria, à savoir les États d'Ogun, d'Oyo et d'Ondo.

Dans chaque État, les zones de collectivité locale enregistrant le plus haut niveau d'implication dans la chaîne de valeur du manioc ont été identifiées en collaboration avec les partenaires locaux. Par la suite, les villages et les centres de marchés où l'essentiel de la transformation et de la commercialisation du manioc se faisait ont été identifiés avec l'assistance d'agents locaux de vulgarisation et d'agents des organisations non gouvernementales (ONG) pertinentes. Dans chaque site couvert par l'étude, des entretiens ont été menés avec l'ensemble des petites et moyennes entreprises (PME) disponibles, les transformateurs, des groupes d'hommes et de femmes, des prestataires de services, des micro-transformateurs (qui sont toutes des femmes), des unités villageoises de transformation (UVT – qui sont principalement des hommes qui exploitent des râpes et d'autres équipements mécaniques de transformation dans le village), les associations d'agriculteurs et d'agricultrices et les responsables locaux.

S'agissant des agriculteurs et transformateurs de sexe masculin et de sexe féminin, les entretiens ont été menés par groupes de 10 à 20 personnes. Les données ont ensuite été analysées à l'aide d'une analyse descriptive et qualitative, en ayant recours à des sessions de brainstorming au sein du groupe multidisciplinaire qui a conduit l'étude.

## Résultats et discussion

### Besoins stratégiques et pratiques des agriculteurs et transformateurs liés au genre

Les principales parties prenantes dans la chaîne de valeur du manioc sont les agriculteurs, les transformateurs, les PME propriétaires de séchoirs HQCF, les transformateurs, les UVT et les différents niveaux du leadership local (Tableau 1). Le manioc est pour l'ensemble des petits agriculteurs (hommes et femmes) une culture prioritaire pour la sécurité alimentaire et la génération de revenus dans les États sélectionnés. La forte densité de la culture du manioc est une réponse à la forte demande de produits du manioc tels que le *gaari*, le *fufu*, le *lafun* et le *pupuru* et, plus récemment, à la demande forte et régulière des usines existantes et nouvelles d'amidon, d'éthanol et de HQCF.

Tableau 1. Principales catégories de parties prenantes, rôles et situation géographique

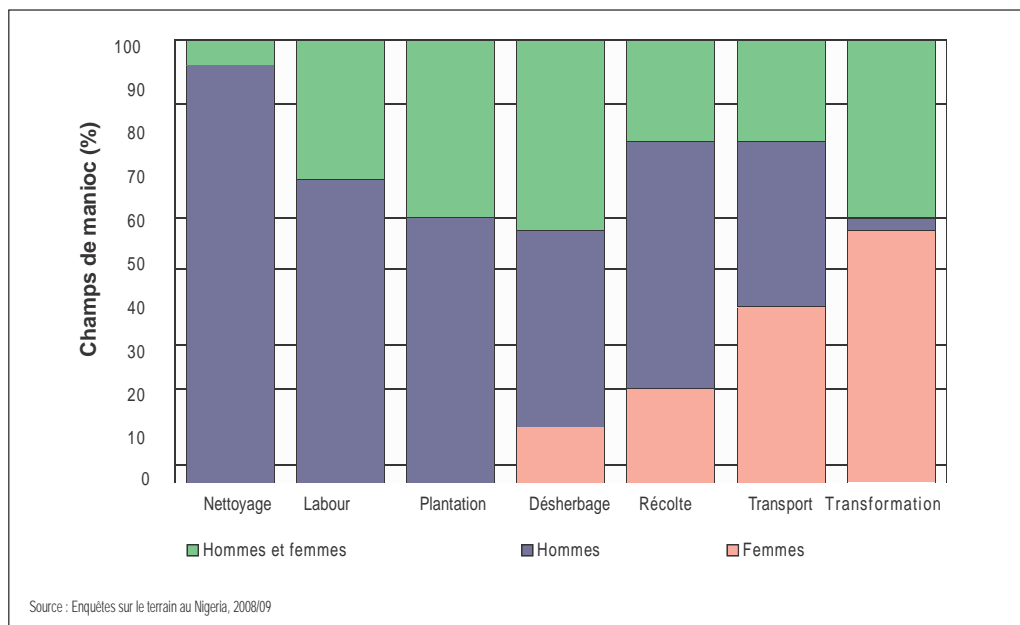
Catégorie de parties prenantes	Nombre d'enquêtés			
	Ogun	Ondo	Oyo	Total
PME (propriétaires de séchoirs)	2	2	1	5
Groupe d'agriculteurs hommes	9	14	1	24
Groupe d'agriculteurs femmes	8	5	1	14
Prestataires de services	8	4	0	12
Micro-transformateurs (femmes)	8	6	1	13
UVT	1	2	1	4
Associations paysannes	0	1	2	3
Jeunes des deux sexes	0	1	0	1
Dirigeants locaux	2	1	0	3

Les agriculteurs ont classé le manioc au premier rang parmi les cultures vivrières et de rente au sein des communautés qui ont aisément accès aux marchés de *gaari* et dans les zones présentant une faible fertilité du sol. Les seules exceptions ont été les villages d'Ita Ogbolu et d'Elere Adubi, où le manioc a été classé au deuxième rang après l'igname. Il a été classé au deuxième rang dans la ceinture forestière et de transition forestière, où le cacao et l'igname sont les principaux générateurs de revenu.

De façon générale, il existe des barrières économiques (relevées par 95 % des participants), culturelles (70 %) et sociales (70 %) à la participation des femmes et des pauvres dans les activités d'ajout de valeur au manioc. Les principales contraintes sont financières (85 %), de disponibilité de temps (80 %, en particulier pour les femmes ayant de jeunes enfants, qui sont limitées au négoce sur les marchés locaux pour leurs produits, plutôt que de les commercialiser dans les plus grands centres urbains), les technologies d'utilisation peu commode (90 %, par exemple, des torréfacteurs traditionnels de *gaari*), la limitation de capitaux pour acheter les matières premières (92 %) et un manque de facilité de crédit pour investir dans l'équipement amélioré (85 %). La plupart des femmes qui ont participé à l'étude avaient de très faibles niveaux d'éducation formelle. Un autre facteur tient au fait que les innovations ayant le potentiel de générer des flux substantiels d'argent liquide attirent les élites locales qui sont souvent dominées par les hommes (les hommes avaient accès à des facilités formelles de crédit parce qu'ils disposaient de garanties telles que des propriétés foncières, et pouvaient facilement trouver des avals pour les prêts). La force du système actuel repose sur le fait que les transformatrices au niveau des villages sont relativement autonomes, qu'elles peuvent intégrer la production et la transformation, travailler à leur propre rythme et garder le revenu généré par la vente de leurs produits. Du fait d'une variété de facteurs contradictoires, les jeunes partent pour les grandes cités et villes à la quête de meilleures opportunités. Ceci accentue la vulnérabilité des hommes et femmes du troisième âge.

### Rôles des hommes et des femmes en fonction des rôles de production, de reproduction, sociaux/communautaires

La chaîne de valeur du manioc recèle différents rôles sexospécifiques pour les femmes et les hommes dans les activités de production et de transformation. Du fait de leur position sur le marché du travail, on trouve généralement les femmes dans les emplois à faible statut et au bas de l'échelle de la chaîne de valeur. Les femmes sont responsables de l'essentiel des activités de récolte, de transformation et de transport du manioc, tandis que les hommes sont souvent associés à la culture (Fig. 1). Le rôle des femmes dans la transformation du manioc se résume en une activité à haute intensité de main-d'œuvre et en grande partie non mécanisée. Toutefois, l'implication des femmes s'accroît à mesure que la transformation devient davantage mécanisée et commercialisée.



**Figure 1 :** Division du travail selon les sexes dans la production et la transformation du manioc, exprimée en pourcentage

Les opportunités et avantages financiers résultant de la production et de la transformation du manioc contribuent au changement dans les rôles et responsabilités des hommes et des femmes. Les femmes sont davantage autonomisées au plan financier et elles font de nombreuses choses qui étaient de façon traditionnelle perçues comme étant des responsabilités pour hommes – par exemple, elles ont davantage d'argent disponible pour les besoins du ménage et prêtent même de l'argent à leurs époux. Une plus grande négociation se fait autour de l'attribution des responsabilités concernant les activités ménagères telles la fourniture de soins aux enfants par les hommes lorsque les femmes sont engagées dans la transformation (bien que ceci ne soit pas fréquent).

Une grande préoccupation qui se pose chez les femmes tient au fait que leurs époux vont dépenser tout accroissement de leur revenu dans le mariage d'une autre femme, avec pour conséquence la réduction du soutien financier à la cellule familiale établie ou l'abandon de la première épouse. Une augmentation du revenu réel des hommes pourrait survenir soit par l'accès des hommes aux revenus des femmes ou, de façon plus courante, par la substitution des gains des femmes tirés de la transformation du manioc pour les dépenses des hommes consacrées aux besoins du ménage et à l'éducation des enfants.

« Les femmes sont sous l'autorité de leur mari et des membres de la famille de ce dernier. Ils [les membres de la famille élargie du mari] la perçoivent comme «leur» femme autant que celle de leur mari et elle doit les respecter. Nous avons, de façon adroite, essayé de leur dire que nous sommes tous égaux, en particulier en ce qui concerne l'amélioration de la qualité de la vie et qu'ils ne devraient pas être surpris que les femmes puissent exceller. Il y a une discrimination sexuelle, mais au moins les femmes disent à présent qu'elles peuvent faire des choses pour elles-mêmes » (agent de vulgarisation de sexe masculin).



Les aspects de la vulnérabilité n'intègrent pas seulement les facteurs liés au genre et à l'âge, tels que décrits ci-dessus, mais également la pauvreté, le handicap et la mauvaise santé aussi bien pour les femmes que pour les hommes. Les hommes et les femmes âgés sont également vulnérables lorsqu'ils ne peuvent plus travailler. La différenciation par rapport à la pauvreté n'a pas été immédiatement apparente dans les villages visités. Lorsqu'on a demandé ce qui caractérise les membres les plus démunis du village, les femmes ont répondu : « une personne pauvre ne peut en général venir le déclarer ; on peut la distinguer par ses vêtements et par son état de santé. Ces personnes sont également socialement retirées – si on n'a pas d'argent, on ne peut pas être à la hauteur de ses amis au niveau social ».

Toutefois, les femmes ont attribué les causes de la pauvreté à la réticence ou à l'incapacité de travailler ou encore au gaspillage d'argent :

« Il n'y a pas d'autre façon de sortir de la pauvreté que de travailler. Étant donné que votre mari travaille, vous devez en faire autant et répondre aux exigences de la société. C'est comme cela que vous serez respectée ».

### Différence entre les genres dans l'accès aux ressources et au contrôle de celles-ci et facteurs influençant les relations sociales

L'accès et le contrôle de la terre, de l'information, des technologies, des ressources humaines, du capital social et des ressources financières sont déterminants pour le succès de toute entreprise commerciale. La capacité des hommes et des femmes à accéder à ces ressources dans la chaîne de valeur du manioc diffère dans de nombreux endroits. Des exemples spécifiques sont expliqués ci-dessous.

- La terre a largement été considérée comme physiquement disponible dans toutes les communautés visitées. Toutefois, certaines variations ont été enregistrées tant au niveau étatique qu'individuel. Dans l'État d'Ogun par exemple, la capacité des hommes à accéder à la terre était très forte, comparativement à celle des femmes, qui sont dépendantes de leurs époux pour accéder à la terre ou louer la terre auprès d'hommes, à un coût qui peut ne pas être abordable. Dans l'État d'Ondo et à Akufo dans l'État d'Oyo, de nombreux agriculteurs louaient la terre à des fins agricoles et il a été noté une fracture moindre entre les capacités des hommes et celles des femmes à accéder à la terre.
- Les téléphones mobiles, les postes de radio et les téléviseurs offrent des opportunités d'accès à l'information provenant de l'extérieur des communautés d'agriculteurs. La possession d'un poste de radio était très répandue, tandis que les téléviseurs étaient bien moins disponibles, mais on en trouvait dans certaines communautés visitées. Les téléphones mobiles devenaient de plus en plus courants : environ 70 % des participants (hommes) en possédaient. Les hommes avaient davantage accès à l'information que les femmes, parce qu'ils étaient plus socialement mobiles que les femmes.
- La pénurie de jeunes et le coût élevé de la main-d'œuvre étaient courants pour la plupart des communautés visitées, sinon pour l'ensemble d'entre elles. Les femmes recrutaient la main-d'œuvre, mais s'impliquaient elles-mêmes dans la production de manioc comme les hommes, tandis que les hommes engageaient la main-d'œuvre de leurs épouses et de leurs enfants.
- Les hommes avaient plus accès à la technologie que les femmes, parce qu'en termes de manipulation, la plupart des technologies disponibles n'étaient pas d'usage facile pour les femmes.
- Les connaissances et la capacité de prise de décisions semblaient différer entre les femmes et les hommes et leurs compétences analytiques étaient exploitées de façon différente, ce qui conduit à des différences de motivations et d'actions. Une préoccupation majeure de la plupart des femmes consultées tenait à la nécessité de gagner suffisamment d'argent pour s'occuper de leur famille. Les femmes du village d'Owe, à Abeokuta, ont tenu le propos suivant : « nous ne pouvons évaluer notre revenu total, mais lorsque nous vendons le *fufu*, le *gaari* et le *lafun*, nous avons tendance à satisfaire les besoins de notre famille et nous ne pouvons jamais être pauvres ». Bien qu'il y ait des discussions et des négociations sur les questions liées aux moyens de subsistance entre les époux et leurs femmes, les hommes prenaient souvent les décisions finales sur les questions concernant la santé, la production, la transformation et les recettes de ventes.

- Les femmes et également les hommes sont souvent hautement organisés et impliqués dans la formation de groupe pour satisfaire leurs besoins sociaux et ceux de leur groupe. Toutefois, ces compétences en matière de formation de groupe ne semblent pas être très fréquemment appliquées dans la production, la transformation ou la commercialisation du manioc, à cause du rôle des intermédiaires.
- La capacité d'accéder au capital financier (crédit formel et informel, par exemple) était très limitée. Les hommes semblaient avoir davantage accès au crédit formel que les femmes, parce qu'ils étaient détenteurs de garanties. Par ailleurs, l'accès au crédit informel était équilibré pour les hommes et les femmes, dans la mesure où la valeur d'un prêt de groupe est fonction du montant que chaque membre du groupe a apporté à la bourse commune.

Les impacts du projet C:AVA se ressentaient des États d'Ogun et d'Ondo aux États voisins d'Ekiti et d'Oyo. Environ 5000 agriculteurs individuels en bénéficiaient (dès août 2010) et l'effet multiplicateur de cette propagation devenait plus évident entre et au sein des ménages (l'ensemble des parties prenantes). Les agriculteurs et les agriculteurs-transformateurs ont bénéficié d'un appui dans les activités de production et de transformation primaire, ainsi que de renforcement des capacités. Les activités des ménages de petits agriculteurs s'étaient accrues de façon substantielle de 50 livres (soit 60 euros par mois) (gains additionnels réalisés grâce à l'ajout de valeur) et la participation des femmes au projet s'est accrue de façon exponentielle, passant de moins de 10 % au début du projet à plus de 85 % à tous les niveaux de la chaîne de valeur. Les avantages additionnels de l'intervention du C:AVA comprenaient l'emploi des jeunes au niveau villageois et intermédiaire, la réduction des coûts des matières premières pour les utilisateurs finaux, la réduction de la nécessité d'importer du blé (fait particulièrement important avec la hausse des prix), le développement de la capacité pour moderniser d'autres chaînes de valeur d'ingrédients alimentaires similaires et, là où il existait un avantage comparatif, la possibilité d'exporter le HQCF et la législation pour intégrer 10 % de HQCF dans le blé, afin d'obtenir une farine composite. Le projet a également accru le rendement agricole grâce à la dissémination de tiges de manioc à haut rendement et résistantes aux maladies et a renforcé les opportunités pour les nouveaux entrants dans la transformation du manioc grâce à l'utilisation d'équipements pratiques pour les utilisateurs et les femmes. Les moyens de subsistance ruraux ont été garantis, grâce à l'accès à des marchés durables, pour les matières premières de HQCF (avantage pour les producteurs), les pâtes humides de manioc, les chips secs et les fournisseurs de HQCF (avantage pour les transformateurs).

Le concept de genre a été perçu en termes plus pratiques, en lieu et place de l'approche plus stratégique qui met l'accent sur la remise en cause des rôles des hommes et des femmes et la réduction des inégalités structurelles entre hommes et femmes. Une *divergence commune* a été la ligne de séparation entre les activités de production pour hommes et les activités de transformation pour femmes. Toutefois, ceci ne tient pas compte des autres rôles que les femmes jouent dans l'agriculture, tels que la plantation, le désherbage et la récolte. De plus, parce que les femmes ont généralement le contrôle d'autres activités sur leur propre parcelle, il est également plus censé de les exposer dans la production agricole aux activités autres que la transformation et de renforcer leur capacité le long de toute la chaîne de valeur du manioc.

## Conclusion

Le projet C:AVA au Nigeria a enregistré des succès parce qu'il a intégré dans son programme un système de développement plus équitable en termes de genre, en reconnaissant que la question du genre ne concerne pas uniquement les femmes, mais consiste à reconnaître les rôles et besoins sexospécifiques dans l'efficacité des programmes.

Vu que la production de manioc va de la production vivrière aux activités de génération de revenu, il est important de reconnaître le rôle spécifique des femmes et des hommes dans sa chaîne de valeur. Le projet aide donc les groupes vulnérables à hiérarchiser les opportunités, à inclure les femmes plus âgées dans les liens de mariages polygamiques et à intégrer les ménages dirigés par des femmes, les veuves, les jeunes et les hommes dans les activités du projet.

## Remerciements

La contribution financière de la Fondation Bill & Melinda Gates à Natural Resources Institute, à l'Université de Greenwich, au Royaume-Uni dans le cadre du projet Cassava : Adding Value for Africa (C:AVA) est hautement appréciée.

## Références

- Fondation Bill & Melinda Gates. 2008. *Gender Impact Strategy for Agricultural Development*. Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA, États-Unis.
- Kabeer, N. et Subrahmanian, R. (eds). 1999. *Institutions, Relations and Outcomes: A Framework and Case Studies for Gender-aware Planning*. Kali for Women, New Delhi, Inde.

## Mise au point d'un outil d'aide à la décision à Endiisa pour l'alimentation améliorée du cheptel laitier en Ouganda

Sarah L. Mubiru<sup>1</sup>, Peter Wakholi<sup>2</sup>, Annuciate Nakiganda<sup>3</sup>,  
Harriet Ndagire Sempebwa<sup>4</sup>, Agnes Namagembe<sup>3</sup>, Jimmy Semakula<sup>5</sup>,  
Ali Lule<sup>6</sup> et Peter Kazibwe<sup>7</sup>

*Mots clés : protéine brute (PB), combinaisons d'aliments, énergie métabolisable (EM), production laitière, besoins nutritionnels*

### Résumé

D'énormes progrès ont été enregistrés dans l'identification des ressources alimentaires et nutritives pour le bétail, dans le cadre des efforts visant à améliorer l'alimentation du bétail en Ouganda. Ces ressources d'alimentation intègrent les herbes de pâturage et les légumineuses, les arbrisseaux légumineux et les arbres à multiple usage, les résidus de cultures et les sous-produits agro-industriels. En dépit de ces connaissances et, dans certains cas, de l'utilisation de ressources d'alimentation appropriées, la production laitière dans les fermes laitières est restée faible, se situant dans la fourchette de 2 à 5 litres par vache par jour. Cette faible performance est révélatrice d'une faiblesse dans les connaissances diffusées aux agriculteurs au sujet de l'alimentation du bétail. L'une des principales faiblesses en matière de connaissances en Ouganda était que les agriculteurs ne savaient pas quelle quantité d'aliments couvrirait de façon suffisante les besoins nutritionnels de leurs animaux. En conséquence, les agriculteurs ne fournissaient que 59 et 36 %, respectivement, de l'énergie métabolisable et des protéines brutes requises à leurs animaux. Ainsi a-t-il été nécessaire de mettre au point un mécanisme par lequel les agriculteurs pourraient définir les quantités d'aliments nutritionnels suffisantes pour leur cheptel, même lorsqu'ils combinent une variété d'aliments. Un moyen pratique d'y parvenir a été l'utilisation d'un outil d'appui à la décision (OAD), qui a été l'un des principaux résultats de la présente recherche. En conclusion, l'étude a fourni des informations sur le faible niveau de l'alimentation du cheptel laitier dans la partie centre du pays. L'OAD qui a été élaboré et testé a permis l'amélioration de l'alimentation du bétail et a accru la production laitière de 24 %. Disponible sur le site Web de l'Organisation nationale de recherche agricole (NARO-Ouganda), l'outil devrait être recommandé pour être utilisé par les agriculteurs, les chercheurs, les formateurs et les décideurs. Un mécanisme devrait être mis en place pour une actualisation régulière de l'OAD, afin d'y inclure les nouvelles ressources d'alimentation et d'y intégrer les informations qui se font jour.

1. L'Institut national de recherche sur les ressources animales (NaLIRRI), PO 96, Tororo, Uganda (adresse actuelle : Association pour le renforcement de la recherche agricole en Afrique de l'Est et du Centre [ASARECA], PO Box 765, Entebbe, Ouganda).
2. Faculté d'informatique et de technologies de l'information (CIT), Université de Makerere, PO Box 7062, Kampala, Ouganda.
3. NaLIRRI, PO 96, Tororo, Ouganda.
4. Fondation caritative de Kulika, Ouganda.
5. Centre zonal de recherche agricole et de développement de Mukono (MuZARDI), Ouganda.
6. Coordinateur des Services consultatifs agricoles nationaux (NAADS), collectivité locale du district de Kayunga, Ouganda.
7. Coordinateur des NAADS, collectivité locale du district de Luwero, Ouganda.

## Introduction

La production laitière apporte une importante contribution au revenu, à la nutrition et aux moyens de subsistance généraux d'un grand nombre de ménages en Ouganda. Elle contribue à hauteur de 54 à 98 % des revenus des ménages pour les fermes agro-laitières mixtes dans le croissant du Lac Victoria (Mubiru *et al.*, 2007). Toutefois, on s'est aperçu que la production laitière était très faible – avoisinant 2400 kg par vache par lactation, pour les vaches de race croisée (croisées Holstein Friesian avec petits zébus d'Afrique orientale), ce qui représente environ 50 % de leur potentiel de production laitière. Les études précédentes ont montré que les fermiers ne fournissaient respectivement que 59 et 36 % de l'exigence minimum d'énergie métabolisable (EM) et de protéines brutes (PB), à leurs vaches laitières (Mubiru *et al.*, 2003). La mauvaise alimentation du bétail résultant d'une alimentation insuffisante constituait un grand facteur contributif du faible niveau de production laitière. Une réunion des parties prenantes, qui a vu la participation des fermiers a identifié la principale source du problème de sous-alimentation comme étant un manque d'informations claires sur la manière d'alimenter le cheptel laitier. Les fermiers ont fait état de connaissances de ressources d'alimentation du bétail à forte valeur. Toutefois, ils n'avaient aucune connaissance des quantités d'aliments à fournir. L'intervention principale, jugée appropriée pour faire face à ce problème, a été l'élaboration d'un mécanisme qui permettrait aux fermiers de connaître les quantités appropriées d'aliments à fournir à leurs vaches afin de satisfaire au moins leurs besoins nutritionnels minimums.

## Matériels et méthodes

Par un processus de brainstorming, une équipe de scientifiques (quatre hommes et quatre femmes) issue de l'Institut national de recherche sur les ressources animales (NaLIRRI), de l'Université de Makerere, de Kulika Charitable Trust – Ouganda, du Centre zonal de recherche agricole et de développement de Mukono (MuZARDI) et des Services consultatifs agricoles nationaux (NAADS) a convenu que la solution prudente serait de mettre au point un outil informatisé d'appui d'aide à la décision (OAD). L'équipe a également convenu que l'OAD devrait avoir la capacité de générer des combinaisons d'aliments aux coûts les plus faibles pour les fermiers, sur la base de ressources en aliments disponibles, pour permettre une maximisation des bénéfices. L'OAD serait bénéfique aux fermiers producteurs de lait de trois manières principales :

- les fermiers qui avaient accès à des ordinateurs ou avaient des connaissances en informatique assureraient une bonne planification de l'alimentation de leurs vaches laitières à l'aide de l'OAD – ceci constituerait une option, non seulement pour les fermiers disposant d'ordinateurs personnels, mais également pour ceux vivant à proximité des centres de ressources des fermiers, dont les nombres sont en hausse en Ouganda ;
- les conseillers en vulgarisation (gouvernements et ONG) recevraient des informations des fermiers sur leurs types de cheptel et les ressources en alimentation disponibles et exploiteraient cette information dans l'OAD, afin d'établir pour les fermiers des calendriers d'alimentation du bétail ;
- les chercheurs pourraient intégrer toutes les nouvelles ressources et stratégies d'alimentation dans l'OAD, afin d'évaluer les mécanismes d'utilisation.

L'équipe s'est engagée dans un processus dans deux districts de production laitière d'Ouganda, à savoir : Kayunga et Luwero. Le processus en quatre étapes a impliqué : i) une étude de référence ; ii) la mise au point de l'OAD ; iii) l'essai de l'OAD ; iv) le téléchargement de l'OAD sur le site Web du NARO et la collecte des réactions des parties prenantes. L'étude de référence a porté sur 106 représentants de fermes de production laitière et a utilisé un questionnaire structuré pour recueillir des données sur les caractéristiques des ménages et les intrants et extrants de production, en mettant un grand accent sur la production laitière.

Sur les ménages couverts par l'étude, 84 % étaient dirigés par des hommes et comprenaient un mari et une femme, le reste était des ménages dirigés par des femmes. Les données recueillies à partir de l'étude de référence ont été analysées à l'aide de GenStat (Discovery Edition, version 3) pour déterminer la proportion de fermiers fournissant à leurs vaches laitières les quantités en-deçà de l'EM et de la PB requises. En outre, des tests-t ont été utilisés pour étudier les différences dans la production laitière, là où l'alimentation était adéquate, comparativement aux situations où l'alimentation ne l'était pas. Une régression linéaire simple a été utilisée pour étudier les effets de l'EM et de la PB séparément sur la production laitière. Dans ce cas, la production laitière (nombre de litres par vache par jour) était la variable dépendante et les proportions (%) de besoins journaliers d'EM et de PB fournies constituaient les variables indépendantes.

Les données tirées de l'enquête de référence ont également en partie été utilisées pour mettre au point l'OAD. Ceci a intégré les informations sur les ressources en aliments utilisés dans la zone couverte par l'étude. Les besoins d'aliments du bétail et les valeurs nutritionnelles des aliments, en termes d'EM et de PB, ont été obtenus à partir des informations produites par les travaux de recherche précédents menés en Ouganda. L'OAD a été chargé sur le site Web du NARO-Ouganda avant la phase d'essai. Cela a été fait dans l'optique d'obtenir des idées pour l'amélioration de l'OAD avant sa présentation au grand public. L'essai de l'OAD a été effectué sur six fermes sélectionnées parmi celles où les données ont été recueillies pendant l'étude de référence. L'objectif était d'évaluer les combinaisons d'aliments sélectionnés, générées à partir de l'OAD : la capacité des vaches à consommer tous les aliments, l'effet sur la production laitière. Les données sur la production laitière ont été recueillies avant et après l'application du régime d'alimentation mis au point à partir de l'OAD et testé à l'aide des tests-t couplés dans Genstat. Après la phase d'essai, l'OAD a été révisé et deux ateliers de rétroaction des parties prenantes ont été organisés, l'un dans le district de Kayunga et l'autre dans le district de Luwero. Les ateliers – qui ont enregistré une forte participation des fermiers, des conseillers en vulgarisation et des décideurs – visaient la dissémination de l'OAD, expliquant son mode d'utilisation, décrivant les avantages qui pourraient être obtenus à partir de son utilisation et la collecte des points de vue des parties prenantes à ce sujet.

## Résultats

### Enquête

L'enquête de référence a montré que seuls 24 et 28 % des fermes de la zone couverte par l'étude fournissaient aux vaches laitières le besoin minimal quotidien d'EM et de PB, respectivement. Là où la nutrition ne répondait pas aux normes, seuls 49 % du besoin minimum d'EM et 52 % du besoin minimum de PB, en moyenne, étaient fournis aux vaches laitières. La production laitière était de 26 % supérieure là où les aliments fournis satisfaisaient le besoin nutritionnel minimum comparativement aux fermes où ce n'était pas le cas. L'analyse de régression a montré que les effets de l'EM et de la PB sur la production laitière étaient positifs, présentant des niveaux étroitement liés (Tableau 1). L'énergie métabolisable et la PB représentaient chacune environ 14 % ( $P < 0,1$ ) de la variation de la production laitière dans les fermes.

Tableau 1. Effets des quantités d'EM et de PB fournies aux vaches dans la production laitière dans les districts de Kayunga et de Luwero, en Ouganda\*

Variable	Coefficient de régression	R <sup>2</sup>	F
Proportion de besoins journaliers d'EM	0,51	14	0,07
Proportion de besoins journaliers de PB	0,54	14	0,07

\*EM = Énergie métabolisable ; PB = Protéines brutes.

## Outil d'aide à la décision (OAD)

Un OAD a été mis au point avec la capacité de générer des combinaisons d'alimentation à partir de 22 types de ressources d'aliments couramment utilisés par les fermiers producteurs de lait. Les combinaisons d'alimentation et leurs coûts pourraient être générés pour des vaches en lactation d'un poids de 350 kg et plus. L'OAD, qui a été nommé « Endiisa » par l'équipe de recherche, génère des combinaisons d'aliments sur la base d'exigences spécifiques de PB et d'EM pour les vaches et les teneurs de PB et d'EM des ressources en aliments. Le mot « *endiisa* » signifie « alimentation » en luganda, langue la plus couramment parlée en Ouganda. On peut avoir accès à l'OAD et l'utiliser via Internet (Mubiru *et al.*, nd).

Deux des combinaisons d'aliments générées à partir de l'OAD et fournies comme aliments pour les vaches de test sont indiquées dans le Tableau 2. Elles ont été mises au point pour une ration journalière de vache en lactation de 4 à 6 lactations dans les premières phases de lactation (1 à 3 mois) et pesant 450 kg.

**Tableau 2.** Combinaisons d'aliments générées à partir de l'outil d'appui à la décision pour les vaches de 4 à 6 lactations pesant 450 kg dans la toute première phase (1 à 3 mois du cycle de lactation)

Échantillon d'aliments option 1	Quantité de composante d'aliments	Échantillon d'aliments option 2	Quantité de composante d'aliments
Herbes à éléphant (kg)	53,3	Herbes à éléphant (kg)	53,5
Son de maïs (kg)	2,5	Peau de banane (kg)	23,5
Dolique (kg)	23	Dolique (kg)	23
Total (kg)	79	Total (kg)	00
Coût de formulation (en shillings ougandais)	1515	Coût de formulation (en shillings ougandais)	1000

La quantité totale de la combinaison d'aliments calculée par l'OAD fournie aux races de vaches croisées (Zébus × Friesian) dans la toute première période (1 à 3 mois) de lactation, qui comprend quatre à six lactations, a accru la production laitière quotidienne de 3,6 l par vache (24 % d'augmentation ;  $P < 0,05$ ).

## Atelier des parties prenantes

L'atelier de rétroaction des parties prenantes, organisé dans les deux districts, a enregistré 120 participants. Au nombre de ceux-ci figuraient des fermiers, des conseillers en vulgarisation, des ONG, des chercheurs et des décideurs. Au cours de ces ateliers, des présentations ont été faites sur les résultats de la recherche et la description de l'OAD Endiisa, des commentaires et des questions de participants ont été recueillis et, si possible, des réponses y ont été apportées.

## Diffusion

Pour une plus grande diffusion de l'OAD, les activités suivantes ont été entreprises :

- un article a été publié dans la presse écrite ougandaise – le quotidien *The New Vision* (Nyapendi, 2009) ;
- un dépliant sur Endiisa a été produit ;
- un petit ouvrage résumant la recherche a été produit et les résultats, y compris l'utilisation d'Endiisa, ont également été diffusés ;
- l'OAD a été enregistré sur supports de stockage informatique (clés USB), qui ont été distribués dans les grands districts producteurs de lait où l'accès à Internet demeure difficile.



## Discussion et conclusions

L'essentiel de l'alimentation des vaches laitières dans la partie centrale de l'Ouganda est inapproprié, la plupart des fermiers fournissant des aliments garantissant en deçà de l'exigence nutritionnelle minimale pour les vaches laitières. Il s'ensuit que la production laitière est faible. L'énergie métabolisable constitue une source critique d'énergie pour l'entretien et la production et la PB contribue considérablement à la production laitière. L'énergie métabolisable et la PB représentent chacune environ 14 % de l'écart observé dans la production laitière. L'écart restant, selon ce qu'on appréhende, est imputable à d'autres facteurs tels que la race des vaches, leur âge, leur stade de lactation et d'autres composantes nutritionnelles. Si les ressources en alimentation sont acquises et fournies en quantité appropriée, la PB et l'EM requises peuvent être fournies aux vaches laitières et ceci entraînera une augmentation de la production laitière.

L'OAD Endiisa, mis au point comme un extrait de ce projet, constitue un outil pour le développement des formulations/combinaisons d'aliments qui fournissent la nutrition requise pour les vaches laitières à moindre coût en Ouganda et dans d'autres zones agro-écologiques similaires, en particulier dans les régions orientales et centrales de l'Afrique. L'Endiisa est un outil précieux pour l'élaboration de politiques relatives à l'alimentation des vaches laitières. Actuellement, l'Endiisa ne peut être utilisé que pour les vaches en lactation ayant un poids égal ou supérieur à 350 kg. L'outil sera amélioré au fil du temps pour gérer davantage l'application, en utilisant les intrants fournis par les utilisateurs qui prennent le temps de publier leurs commentaires sur le site Web.

L'outil va également :

- réduire les pertes de temps liées à l'incertitude quant aux quantités d'aliments à préparer pour les vaches laitières ;
- permettre la conservation des aliments lorsque les ressources en aliments sont en quantité excédentaire, pour une utilisation en période de saison sèche ;
- permettre le développement de plans et de programmes d'alimentation à long terme ;
- contrôler les troubles de l'alimentation tels que les ballonnements résultant de la fourniture de protéines en quantité excédentaire.

Étant basé sur l'informatique, l'Endiisa sera particulièrement attrayant pour la jeune génération de fermiers et offrira une incitation aux fermiers plus âgés, pour acquérir des compétences informatiques. En outre, l'outil offre des perspectives d'intégration dans un mécanisme de téléphonie mobile (cellulaire) au moyen duquel les fermiers peuvent recevoir des réactions concernant les options d'alimentation à moindre coût basées sur l'information qu'ils envoient au centre de ressources pour fermiers ou au personnel de vulgarisation sur les types d'aliments disponibles et les caractéristiques du cheptel. Ce système utilisant les services de messagerie brève (SMS) accroîtrait l'accès à l'OAD, dans la mesure où la plupart des fermiers disposent de téléphones mobiles.

## Remerciements

Nous voudrions remercier les personnes et entités suivantes, pour leur contribution à la mise au point et au test de l'OAD et pour leur soutien : les fermiers des districts de Kayunga et de Luwero, le personnel de vulgarisation des districts et l'ensemble des collectivités locales de Kayunga et de Luwero, NARO, NaLIRRI, MuZARDI, Kulika Charitable Trust – Ouganda, l'Université de Makerere (Faculté de technologie informatique et de l'information), NAADS, le gouvernement ougandais et la Banque mondiale.

## Références

- Mubiru, S.L., Wakholi, P., Nakiganda, A., Sempebwa, H.N., Ssemakula, J., Lule, A. et Kazibwe, P. nd. 'Endiisa: decision support tool for dairy farmers'. [www.naro.go.ug/endiisa](http://www.naro.go.ug/endiisa)
- Mubiru, L.S., Rubaire-Akiiki, C., Kabirizi, J., Odur, A.G., Nakiganda, A., Ndyababo, W., Bareeba, F.B., Halberg, N., Namagembe, A., Kayiwa, S. et Kigongo, J. 2003. 'Introduction of improved techniques of feed resource utilization on smallholder dairy farms in Uganda'. *Uganda Journal of Agricultural Sciences* 8 (10): 383–394.
- Mubiru, S.L., Tenywa, J.S., Halberg, N., Romney, D., Nanyeenya, W., Baltenweck, I. et Staal, S. 2007. Categorisation of dairy production systems: a strategy for targeting meaningful development of the systems in Uganda. *Livestock Research for Rural Development* 19: Article #100. [www.lrrd.org/lrrd19/7/mubi19100.html](http://www.lrrd.org/lrrd19/7/mubi19100.html)
- Nyapendi, M. 2009. 'Cows get computerised feeding'. *The New Vision* 6 octobre. <http://newvisionuganda.info/PA/9/37/696956>

# Contribution des chaînes de valeur rizicole et maraîchère à la sécurité alimentaire et aux revenus dans les bas-fonds dans les régions Sud du Bénin et du Mali : perceptions des agriculteurs

A. Sounkoura<sup>1</sup>, C. Ousmane<sup>1</sup>, S. Eric<sup>1</sup>, D. Urbain<sup>2</sup>, A. Soule<sup>3</sup>, P. Sonia<sup>1</sup> et H. Joel<sup>4</sup>

Mots clés : Bénin, systèmes de culture, rentabilité financière, Mali, rendement, riz-cultures maraîchères, chaînes de valeur

## Résumé

L'intensification et la diversification des systèmes de culture rizicole et maraîchère dans les bas-fonds contribuent à la sécurité alimentaire et à la génération de revenus substantiels. Les principaux problèmes de l'utilisation durable des bas-fonds sont liés à la dégradation des ressources naturelles et à la pollution accrue associée à la croissance démographique, aux parasites et aux maladies des végétaux, ainsi qu'au faible accès au marché des intrants et des produits pour l'intensification. L'intensification des systèmes d'exploitation agricole dans les bas-fonds nécessitera la promotion d'un système de chaînes de produits à forte valeur, comprenant notamment le riz et les cultures maraîchères, à productivité accrue et à faible coût unitaire de production et des ressources naturelles. Le Projet du Centre du riz pour l'Afrique mentionné ici s'inscrit parfaitement dans le présent cadre de promotion des chaînes de valeur rizicole et maraîchère, tout en assurant la protection des ressources naturelles. La présente étude a identifié des systèmes de production, évalué leurs limites et analysé la rentabilité des meilleurs systèmes de culture du riz et des cultures maraîchères. Un échantillon de 235 producteurs a été sélectionné au Bénin et au Mali, en fonction de l'utilisation d'intrants et de l'accès aux marchés des produits. Quatre principaux acteurs de la chaîne des valeurs interviennent dans les bas-fonds : les producteurs, les transformateurs, les commerçants et les consommateurs. La présente étude met l'accent sur les producteurs. Les principales contraintes signalées par les planteurs sont des attaques d'insectes et d'oiseaux, le faible accès aux marchés des produits et la non disponibilité des principaux facteurs de production (semences, pesticides, petit matériel) dans les deux pays. D'autres contraintes sont liées aux coûts élevés du transport, aux pertes post-récolte et à la mauvaise conservation des cultures maraîchères et des tubercules frais. Les systèmes les plus rentables dans les bas-fonds sont ceux basés sur le riz et une culture maraîchère (*gboma*, une espèce du *Solanum*) utilisant des semences améliorées, suivis du système comportant le riz et le *gboma* utilisant des variétés améliorées de riz telles que le NERICA, plus des engrais chimiques et des herbicides. Le riz associé à des variétés améliorées de pommes de terre et des engrais chimiques était plus rentable au Mali. La monoculture du riz n'est pas rentable au Bénin, surtout à Vovokanmey. Les femmes pratiquent davantage la monoculture du riz au Mali.

1. Institut international d'agriculture tropicale, Cotonou, Bénin.
2. Institut d'économie rurale, Sikasso, Mali.
3. Institut national des recherches agricoles, Bénin, Programme Analyse de la politique agricole, Porto-Novo, Bénin.
4. Centre du riz pour l'Afrique, Cotonou, Bénin.

## Introduction

### Contexte et justification

En Afrique subsaharienne, les bas-fonds représentent un volume important du capital de terres pour le développement et l'intensification de la production agricole. Toutefois, l'insécurité alimentaire et nutritionnelle, ainsi que la pauvreté en zone rurale s'accroissent, aggravées par la baisse de fertilité des sols liée à la dégradation des ressources naturelles dans les bas-fonds. En outre, la croissance démographique rapide, en l'absence de technologies agricoles de soutien, a accru la pression sur les terres arables. Ceci a entraîné le raccourcissement des cycles de jachère et l'exploitation de terres à faible rendement, en particulier dans les régions à forte densité (Adégbola, 1997). Les efforts des instituts de recherche au Bénin et au Mali pour régler ce problème par la recherche et la diffusion d'un grand nombre de technologies de gestion de la fertilité des sols n'ont pas eu d'effet. Moins de 10 % des bas-fonds et des plaines d'inondation sont actuellement exploités (Adégbola *et al.*, 2006).

Le développement des bas-fonds par le biais de l'intensification et de la diversification accroît la productivité des systèmes rizicoles et maraîchers et contribue à la sécurité alimentaire et nutritionnelle, ainsi qu'à des accroissements substantiels des revenus agricoles et non agricoles. Les études de cas des bas-fonds au Bénin et au Mali révèlent la disponibilité potentielle de terres arables estimées respectivement à 205 000 et 300 000 hectares. Au Bénin, depuis les années 90, la dégradation des terres de cultures pluviales et la pression démographique sur les terres ont poussé à la diversification et à l'intensification des bas-fonds. La culture rizicole et la culture maraîchère représentent des options attrayantes de revenus pour les petits exploitants agricoles, car ces cultures peuvent être intégrées et complémentaires dans les bas-fonds, selon les conditions climatiques et les signaux du marché (FAFA, 2009). Au Sud du Mali, les bas-fonds représentent 11 % de la production nationale de riz paddy, une importante proportion de la production fruitière (mangues, agrumes et bananes), de cultures maraîchères et de tubercules (patate douce et manioc) et pratiquement toute la production annuelle régionale de pomme de terre, soit 50 000 tonnes. Pendant la saison sèche, le bétail utilise de plus en plus les bas-fonds pour paître et s'abreuver (Ahmadi et Teme, 1996 ; Dacko *et al.*, 2006). Des études antérieures indiquent que 16 % et 6 % de terres disponibles sont cultivées, respectivement, au Bénin et au Mali (Adégbola *et al.*, 2006 ; Dacko *et al.*, 2006). La production rizicole et les cultures maraîchères sont des activités génératrices de revenus pour les producteurs, en particulier les femmes, dans les communautés urbaines et rurales du Sud du Mali.

### Objectifs

L'objectif global de la présente étude était de promouvoir les chaînes de valeur basées sur les systèmes de cultures les plus rentables et à faible coût environnemental dans les régions Sud du Bénin et du Mali.

Les objectifs spécifiques de la présente étude étaient les suivants :

- identifier et classer les différentes personnes intervenant dans les chaînes de valeur (existantes et potentielles) du riz et des cultures maraîchères ;
- identifier les principaux systèmes de culture dans les bas-fonds ;
- identifier les contraintes et les opportunités liées à l'intensification des systèmes et à la promotion de l'innovation dans les bas-fonds ;
- évaluer la rentabilité financière des systèmes de culture du riz et des cultures maraîchères.

## Méthodologie

Cette étude a été effectuée au Bénin et au Mali, où les bas-fonds représentent un potentiel important pour l'intensification et la diversification de la culture (culture rizicole, culture maraîchère, culture du coton et pisciculture). L'échantillon de personnes intervenant dans les chaînes de valeur représentait quatre catégories : les producteurs, les transformateurs du riz, les commerçants et les consommateurs de produits des bas-fonds dans les régions Sud du Bénin et du Mali. Deux cent trente-cinq personnes ont été retenues, dont 17 transformateurs de riz, 37 commerçants et 134 consommateurs. Les chaînes de valeur ont été analysées en vue de déterminer le potentiel d'ajout de valeur dans chaque segment de la chaîne (pour les systèmes de production du riz, de la pomme de terre et des cultures maraîchères) pour renforcer la contribution des chaînes à l'amélioration de la sécurité alimentaire et nutritionnelle et à la réduction de la pauvreté (par la génération de revenus, tout en préservant les ressources naturelles). Des méthodes statistiques descriptives ont été utilisées (fréquence, moyennes et écarts types), notamment l'analyse économique. L'analyse descriptive a permis de caractériser les systèmes de culture. L'analyse économique a révélé les niveaux actuels de rentabilité des systèmes de culture. Les coûts de production et quelques indices économiques (production brute, valeur ajoutée et résultats opérationnels) ont été calculés.

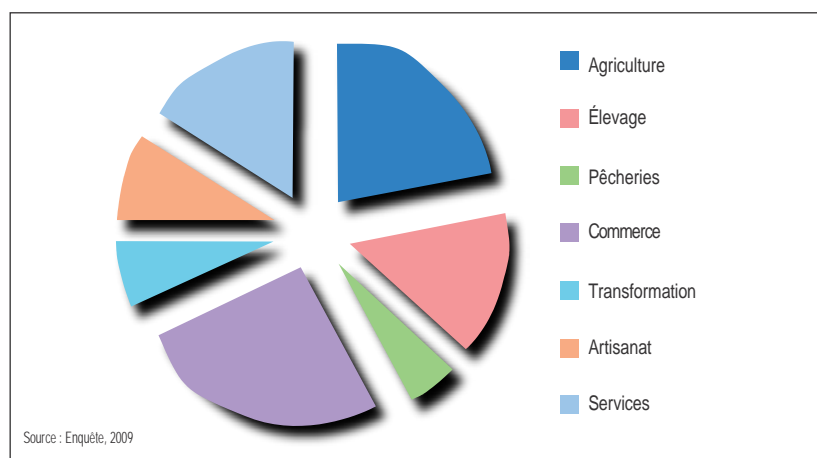
## Résultats et discussion

### Caractéristiques socioéconomiques

Les résultats montrent cinq groupes de personnes qui jouent un rôle clé dans les chaînes de valeur : les fournisseurs d'intrants (semences, pesticides, engrais, etc.), les producteurs, les entreprises de transformation, les commerçants et les consommateurs (Fig. 1).

Les principaux producteurs sont les cultivateurs de riz, de pommes de terre et les maraîchers, les pêcheurs, les éleveurs et les sylviculteurs. Les activités de transformation sont assurées par les hommes, les femmes, les personnes âgées et les jeunes au Mali (Sidibé, 2008). On trouve dans chaque pays peu de commerçants dans les systèmes de production des bas-fonds, ce qui démontre le rôle limité du secteur privé qui a besoin d'être renforcé en vue de la promotion des chaînes de valeur par l'intensification. Quatre types de commerçants ont été identifiés dans les bas-fonds : les grossistes, les détaillants, les collecteurs primaires et les collecteurs secondaires.

Figure 1. Activités menées dans les bas-fonds au Bénin et au Mali



## Rentabilité financière des systèmes de culture dans les bas-fonds au Bénin et au Mali

Parmi les systèmes identifiés (Tableau 1), au Mali, le système basé sur la monoculture du riz, suivi du système basé sur le riz et la pomme de terre, en utilisant des engrais chimiques (composte à 150 kg/ha<sup>1</sup>), puis d'un système basé sur le riz et la pomme de terre combinés, ont été les plus rentables dans les bas-fonds. Au Bénin, le système riz-cultures maraîchères (*gboma*, espèce *Solanum*) utilisant des semences améliorées, suivi du système basé sur le riz et le *gboma* utilisant des variétés de riz amélioré de type NERICA<sup>5</sup> (plus des engrais chimiques et des herbicides pour le riz) ont été les systèmes les plus rentables. Le système de monoculture du riz utilisant des engrais chimiques et des herbicides a été le moins rentable au Bénin, étant donné qu'une plus grande quantité du riz produit est vendue sans transformation, eu égard aux problèmes de trésorerie. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par Chalabi (1994) pour les unités de production de Faranah dans les bas-fonds en Guinée.

La production est achetée par un commerçant qui, à son tour, fournit un crédit saisonnier aux producteurs. Les femmes pratiquent la culture du riz pendant la saison des pluies et les cultures maraîchères pendant la basse saison. Au Bénin, les systèmes les plus couramment utilisés sont : le système de culture riz-cultures maraîchères utilisant des variétés du riz amélioré NERICA, une variété améliorée de *gboma*, des engrais et des herbicides ; le riz et le *gboma* (variété non améliorée de *gboma*), utilisant des variétés améliorées de NERICA avec des engrais chimiques et des herbicides pour le riz. En revanche, la monoculture du riz (enregistrée sur une saison seulement) a été financièrement moins rentable pour les producteurs sur les sites du Bénin.

Tableau 1. Rentabilité financière des systèmes de cultures rizicole et maraîchères au Bénin et au Mali

Pays	(Base du) système de culture	Marge nette
Bénin	Riz- <i>gboma</i> (variété améliorée de <i>gboma</i> + NERICA + engrais + herbicides)	642 640
	Riz et <i>gboma</i>	617 028
	Riz- <i>gboma</i> (variété locale)	211 433
	<i>Crinclin</i> et riz	182 286
	Monoculture du riz	-134 025
Mali	Monoculture du riz	428 971
	Riz-pomme de terre (variété améliorée de pomme de terre + engrais chimiques)	425 886
	Riz et pomme de terre	414 174
	Riz et pomme de terre, associés à la patate douce	352 648
	Riz et pomme de terre, associés à l'aubergine	18 563

Source: Enquête, 2009.

## Contraintes et opportunités liées à la culture dans les bas-fonds

Les principales contraintes mentionnées par les producteurs dans les bas-fonds au Bénin et au Mali étaient la pénibilité des activités agricoles, les attaques des oiseaux sur le riz et les pommes de terre et des parasites sur les cultures maraîchères, la difficulté de stockage du riz et des pommes de terre, le faible accès au crédit agricole pour l'achat d'intrants et le paiement des salaires des travailleurs agricoles, ainsi que l'absence de débouchés pour les produits de bas-fonds (Fig. 2). Mais la fréquence de ces contraintes était différente selon les pays : la pénibilité du travail agricole était de loin la contrainte la plus répandue au Bénin, suivie par le manque de points de vente pour les produits et les attaques de rongeurs (surtout les souris).

5. NERICA – « Nouveau riz pour l'Afrique »: descendance interspécifique des deux espèces de riz domestique (*Oryza sativa* et *O. glaberrima*), initialement développées par le Centre du riz pour l'Afrique.

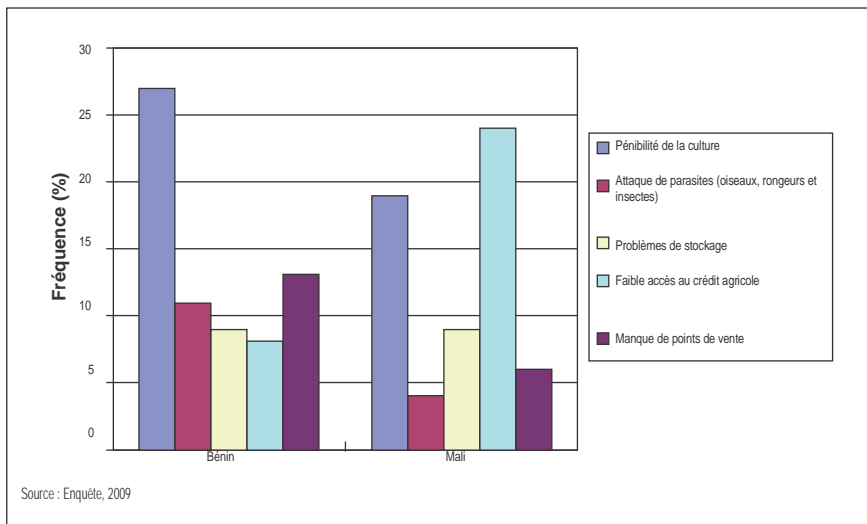


Figure 2. Contraintes rencontrées par les producteurs au Bénin et au Mali

Le faible accès aux facilités de crédit a été souligné par les producteurs au Mali. Les difficultés de stockage, qui sont les mêmes dans les deux pays, résultent de l'inadéquation des structures de séchage et de la période inutilement longue de séchage, choses qui entraînent la moisissure des produits ou leur contamination par des champignons. Il a été noté que le suivi technique et le renforcement des capacités sont très faibles chez les producteurs de cultures maraîchères sur les lieux de l'étude.

## Conclusion

Les quatre catégories de personnes intervenant dans les chaînes de valeur dans les bas-fonds des deux pays sont : les producteurs, les entreprises de transformation, les commerçants et les consommateurs.

Les analyses économiques des différents systèmes de culture ont montré qu'au Bénin, les systèmes de culture axés sur la production du riz et du *Solanum* étaient les plus rentables et que l'utilisation d'intrants (pesticides, herbicides) renforçait la rentabilité de ces systèmes. Au Mali, le système de monoculture du riz est le plus rentable, suivi du système cultural riz – pomme de terre utilisant des engrais chimiques. Le système de monoculture du riz est le plus rentable au Bénin, surtout à Vovokanmey. Au Mali, la monoculture du riz est pratiquée uniquement par les femmes pendant les périodes d'inondation. Au Bénin, les femmes disposent de ressources limitées et d'une capacité limitée d'accès aux intrants et au crédit. Des solutions doivent être recherchées pour lever ces contraintes, en proposant des innovations pour les producteurs grâce à la recherche pour le développement et au renforcement des capacités. Ceci pourrait également se faire par le biais de mécanismes de diffusion de l'information et des connaissances, grâce aux technologies de l'information et de la communication (TIC) et par le biais d'espaces de démonstration d'innovations technologiques et organisationnelles pour les agriculteurs.

## Remerciements

Nous remercions tous ceux qui, de près et de loin, ont contribué à cette étude et, en particulier, l'Union européenne pour sa contribution financière.

## Références

- Adégbola, P. 1997. 'PAPA (Programme analyse des politiques agricoles) : Impact de l'importation du riz sur la compétitivité et la rentabilité de la production nationale au Bénin'. Rapport. INRAB, Porto-Novo, Benin.
- Adégbola, P., Arinloye, D. et Azontonde, R. 2006. 'Évaluation des perceptions des consommateurs sur l'utilisation des bio-pesticides dans la production de légumes : cas des communes de Cotonou et de Porto Novo'. PAPA/INRAB, Benin.
- Ahmadi, N. et Teme, B. 1996. 'Aménagement et mise en valeur des bas-fonds au Mali ; Bilan et perspectives nationales, intérêt pour la zone de savane ouest-africaine'. Actes du séminaire du 21 au 25 octobre 1996, IER, Sikasso, Mali.
- Chalabi, N. 1994. 'Évolution économique des unités de production de Faranah (Guinée Conakry) suite à l'aménagement de leurs bas-fonds'. CNEARC-ESAT/ISARA/AFVP. CNEARC, Montpellier, France.
- Dacko, R.M., Sanogo, D., Coulibaly, G. et Sagara, D. 2006. 'Problématique d'accès des genres aux ressources des bas-fonds au Mali : Capitalisation d'expériences, eau, terre et communautés'. Rapport. IER, Bamako, Mali.
- FAFA. 2009. 'Les premiers pas de la FAFA: faciliter la vente du crin crin'. <http://blogcooperation.be/2009/04/29/les-premiers-pas-de-la-fafa-faciliter-la-vente-du-crin-crin/>
- Sidibé, S. 2008. 'Présentation de l'Office du Niger'. Communication faite au Salon International de l'Eau (SIDEAU) au Mali, du 1<sup>er</sup> au 5 mars 2008, Bamako, Mali.



# Amélioration du matériel génétique pour la résistance à la maladie de la striure brune du manioc dans la région côtière du Kenya

T.L. Mungoa<sup>1</sup>

Mots clés : associer les capacités, le greffage, l'inoculation

## Résumé

La productivité du manioc (*Manihot esculenta* Crantz sous-espèce *esculenta*) dans les régions côtières du Kenya est faible, en partie à cause de la vulnérabilité des variétés populaires à la maladie de la striure brune du manioc (CBSD). La résistance de l'hôte est la méthode de lutte la plus rentable contre la CBSD. Toutefois, la sélection de variétés acceptables, à bon rendement et résistantes à la CBSD est entravée par l'insuffisance d'informations sur les préférences des agriculteurs en matière de variétés de manioc et l'absence d'une technique d'inoculation efficace du virus de la maladie de la striure brune du manioc (CBSV). On manque également d'informations sur le patrimoine de résistance à la CBSD, le rendement des racines, le pourcentage de matière sèche (% MS), ainsi que le cyanure des racines. Les résultats d'une enquête menée dans trois districts des régions côtières du Kenya ont indiqué qu'une maturité précoce suivie par une teneur élevée en matière sèche et un rendement élevé étaient les caractéristiques préférées par les agriculteurs. L'évaluation de cinq techniques d'inoculation du CBSV a montré que les plants inoculés avec le CBSV par la greffe de scions infectés obtenaient le pourcentage le plus élevé de plants présentant des symptômes de feuilles touchées par la CBSD et le temps (nombre de jours) d'apparition des symptômes le plus court. Une analyse de la descendance  $F_1$  des croisements diallèles  $9 \times 9$  a démontré des effets de faculté de combinaison générale (GCA) et spécifiques (SCA) très importants pour l'incidence de la CBSD et le rendement des racines au stade de semis. Les effets GCA et SCA étaient importants pour tous les traits évalués au stade clonal, mais les effets additifs étaient plus importants que les effets non additifs (sauf pour le pourcentage de matière sèche). Les parents Kaleso suivis par Gushe ont eu les effets de GCA les plus importants et les plus négatifs pour la résistance à la CBSD. Kibiriti-mweusi a obtenu l'effet GCA le plus positif et le plus important pour le rendement des racines. Trente semences hybrides résistantes à la CBSD ayant un rendement de plus de 40 t/ha<sup>1</sup> ont été identifiées. Trente-six scientifiques issus de huit pays ont été formés à l'implantation de greffes de scions infectés sur les plants de manioc.

## Introduction

### Énoncé du problème

Le manioc est la deuxième culture vivrière la plus importante et une source de revenus pour les communautés rurales de la région côtière du Kenya. Cette culture joue également un rôle important dans l'atténuation de l'insécurité alimentaire. Le faible rendement, de 5 à 9 tonnes/ha<sup>1</sup> réalisé dans la région, est en partie dû au faible potentiel de rendement des variétés locales de manioc et à leur vulnérabilité à la maladie de la striure brune du manioc (CBSD). La maladie provoque une nécrose des racines, rendant celles-ci impropres à la consommation humaine ou à celle du bétail. Une perte de rendement allant jusqu'à 74 % a été associée à la maladie (Muhana *et al.*, 2004).

1. KARI Mtwapa, B.P. 16, Mtwapa-80109, Kenya.

Pour améliorer le rendement et renforcer le rôle du manioc comme culture permettant d'assurer la sécurité alimentaire, des variétés résistantes à la CBSD et à rendement élevé combinant les caractéristiques préférées des agriculteurs sont nécessaires. Néanmoins, l'absence d'informations sur les préférences des agriculteurs en matière de variétés de manioc, sur les techniques d'inoculation efficaces pour le *virus de la maladie de la striure brune du manioc* (CBSV) et le patrimoine de résistance à la CBSD, le rendement des racines, le pourcentage de matière sèche (% MS) des racines et la teneur en cyanure des racines entravent la sélection de variétés améliorées acceptables.

## Revue documentaire

La maladie de la striure brune du manioc peut être éliminée par l'épuration, la sélection de matériel végétal sain et une récolte précoce (Hillocks, 2003), mais la résistance de la plante hôte est la méthode de lutte la plus efficace et la plus réaliste, car elle permet au manioc de rester dans le champ pour obtenir un potentiel de rendement maximal et une récolte graduelle. L'amélioration génétique afin de renforcer la résistance de la plante hôte dans les régions côtières du Kenya a surtout porté sur la sélection en vue du rendement et de la résistance aux maladies et aux parasites, si bien qu'on note une faible adoption de variétés résistantes à la CBSD comme la 46016/27, car elle a un temps de maturation long et un goût peu apprécié. Les variétés douces sont souvent préférées, car le manioc est alors utilisé sans avoir à être traité (Nweke, 2005) pour éviter un empoisonnement, la saveur douce étant associée à un faible niveau de cyanure au niveau des racines. Dans les zones semi-arides du Ghana, du Nigeria et du Tchad, les variétés douces et résistantes à la sécheresse, à maturation précoce et à rendement élevé sont préférées (Kormawa et al., 2003). Ces rapports laissent entendre que les agriculteurs prennent en compte un certain nombre de caractéristiques qui doivent être incorporées dans les nouvelles variétés améliorées, si on entend en renforcer l'adoption.

La sélection en vue de la résistance à la CBSD s'est appuyée sur la propagation naturelle, qui est variable et dépend de la variété et de la population de mouches blanches (Hillocks et al., 2001 ; Maruthi et al., 2005). Certaines plantes peuvent échapper à l'infection, entraînant une fausse résistance sur le terrain. Le frottement de la sève infectée, le greffage (Storey, 1936) et la mouche blanche (Maruthi et al., 2005) transmettent le CBSV, mais les taux d'infection sont faibles et la procédure de greffage n'est pas bien définie. Toutefois, une transmission de 100 % du *virus de la panachure jaune* dans les plants de poivre vert (*Piper nigrum*) par un greffage en couronne des scions a été signalée au Sri Lanka (Silva et al., 2002). L'identification d'une technique d'inoculation efficace du CBSV est donc cruciale pour améliorer l'efficacité de la sélection en vue de la résistance à la CBSD.

La sélection des parents dans le cadre de l'amélioration du matériel génétique aux fins de la résistance à la CBSD est basée sur leurs performances – de nombreuses descendances ont été évaluées sur plusieurs générations avant l'identification de quelques variétés désirées – ce qui revient cher. La sélection des parents dans un bloc de croisement, sur la base de leur faculté de combinaison pour la résistance à la CBSD, accroîtrait la probabilité d'identifier des variétés aux traits souhaitables (Ceballos et al., 2004). Mais, cela n'est pas possible à cause des informations limitées et contradictoires dont on dispose sur le patrimoine de la CBSD. Kanju et al. (2003) estiment que le patrimoine de la CBSD est contrôlé par quelques gènes récessifs liés aux gènes qui contrôlent la configuration de la tige en zigzag. Mais, Hillocks et Jennings (2003) suggèrent que les facteurs génétiques additifs sont impliqués dans le patrimoine de la CBSD, en raison de la variation continue observée dans l'expression de la maladie sur plusieurs variétés. La compréhension du patrimoine de la CBSD permettra donc de concevoir le schéma de sélection des variétés résistantes à la CBSD et acceptables.

## Portée et objet de la recherche

Une enquête a été réalisée en 2005 dans trois grandes zones de culture du manioc dans les districts de Kilifi, de Kwale et de Malindi, en vue d'identifier les préférences des agriculteurs en matière de nouvelles variétés résistantes à la CBSD. En 2006, cinq techniques d'inoculation du CBSV ont été évaluées pour leur efficacité à transmettre le CBSV au cultivar (cv.) du manioc KME.

La descendance de première génération ( $F_1$ ) des croisements diallèles  $9 \times 9$  a été évaluée dans des tests sur les semis et les clones à la ferme Mtwapa de l'Institut de recherche du Kenya (KARI), entre mars 2006 et août 2007. Cette étude visait à déterminer la faculté de combinaison générale (GCA) et spécifique (SCA) pour la résistance à la CBSD, le pourcentage de matière sèche et le cyanure racinaire et a identifié les parents et les semences hybrides présentant une résistance à la CBSD, un rendement élevé au niveau des racines et un fort pourcentage de matière sèche, ainsi qu'un faible niveau de cyanure racinaire.

## Matériels et méthodes

### Préférences des planteurs en matière de caractéristiques de variétés de manioc dans les régions côtières du Kenya

Une enquête a été effectuée dans les divisions de Chonyi, de Kaloleni et de Kikambala (district de Kilifi) ; de Kubo, de Lungalunga et de Msambweni (district de Kwale) ; de Magarini, de Malindi et de Marafa (district de Malindi). Une technique d'échantillonnage dirigé a été utilisée pour la sélection des districts et des divisions. Au total, 90 champs de manioc, 10 dans chaque division, le long des grandes routes, ont été sélectionnés en respectant un intervalle de 10 km, sur la base d'une technique d'échantillonnage systématique. S'il n'y avait pas de manioc dans un intervalle de 10 km, le champ suivant était retenu comme échantillon. Les données sur les caractéristiques préférées de nouvelles variétés résistantes à la CBSD ont été listées et classées par ordre d'importance pendant les entretiens individuels avec les agriculteurs.

### Évaluation des techniques d'inoculation du CBSV

Cinq techniques d'inoculation ont été évaluées pour leur capacité à transmettre le CBSV au manioc c.v. KME. Les techniques consistaient à tremper de petits morceaux de manioc dans de la sève infectée pendant 12 heures d'affilée, de greffer des scions infectés et d'introduire de la sève infectée par le CBSV par nappage et pulvérisation, injection et frottement, deux mois après les avoir plantés (MAP). Un contrôle consistant à tremper les morceaux de manioc dans l'eau pendant 12 heures d'affilée avant de les planter a été inclus. On a fait pousser cinquante plants par technique d'inoculation dans un abri grillagé. Deux mois après l'inoculation, des données ont été enregistrées sur le pourcentage de plants présentant une chlorose des feuilles ou une décoloration des nervures ; le temps (nombre de jours) d'apparition des premiers symptômes a également été noté. Les données collectées ont été analysées à l'aide de la version 11.1 de Genstat.

### Analyse des croisements diallèles pour la résistance à la CBSD et composantes du rendement

Neuf parents (Kibandameno, Ambari, Gushe, Kibiriti-mweusi, Kaleso, Guzo, Mshelisheli, KME et Kalulu) ont été sélectionnés sur la base de leur niveau de résistance à la CBSD, à d'autres maladies et nuisibles, ainsi que sur la base du pourcentage de matière sèche, du potentiel cyanogénétique (HCN), de la teneur en fibres, du rendement et de la capacité de floraison. Les parents ont été croisés en utilisant le système de reproduction de demi-diallèle. Un total de 36 familles (traitements) a été constitué. Trente descendance  $F_1$  de chaque famille dans une réplication ont été évaluées par un test d'évaluation au niveau des semis, en utilisant une analyse en bloc incomplet avec trois parcelles identiques et testées pour leur résistance à la CBSD dans le cadre d'une propagation naturelle du CBSV à partir des rangées de dispersion. Chaque bloc comprenait neuf familles. Pendant l'essai clonal, 40 descendance de chaque famille, sélectionnées sur la base de leur capacité à produire au moins six morceaux de manioc ont été évaluées dans un système d'alpha-plans de  $9 \times 4$  dans le cadre d'une analyse en blocs incomplets avec deux parcelles identiques. Chacune des 40 descendance était représentée par trois plants dans une réplication. Les plants asymptomatiques ont reçu une inoculation de CBSV par un greffage en couronne des scions infectés de cv. Guzo pendant le test clonal. L'incidence (ICBSD) et la sévérité (SCBSD) de la CBSD ont été respectivement notées selon les méthodes de Hillocks *et al.* (1996) et Anon. (2003). Les éléments  $I_{\text{CBSD}}$  et  $S_{\text{CBSD}}$  ont été notés à 4 et 5 MAP pendant le test des semis et par mois, du 5<sup>ème</sup> au 10<sup>ème</sup> MAP, pendant le test clonal, sur le plan le plus touché de chaque descendance. Le rendement, l'incidence et la gravité de la nécrose racinaire ( $I_{\text{RN}}$ ,  $S_{\text{RN}}$ ), le rendement au niveau des racines et la teneur en cyanure racinaire ont été évalués à 6 et 12 MAP, respectivement, pour les tests au niveau des semis et des clones, tandis que le pourcentage de matière sèche a été déterminé au moment de la récolte, uniquement pendant le test clonal.

Un système de lignes et de colonnes a été superposé sur le système originel de bloc incomplet, en vue d'assurer l'hétérogénéité des parcelles dans deux dimensions, à la fois pour le stade des semis et par celui des clones. Les données au niveau des familles, tant au stade des semis qu'au stade des clones, ont été analysées en utilisant la procédure de l'analyse spatiale REML dans la version 11.1 de GENSTAT pour l'étude de facteurs  $I_{\text{CBSD}}$ ,  $S_{\text{CBSD}}$ ,  $I_{\text{RN}}$  et  $S_{\text{RN}}$ . Les tendances linéaires entre les lignes, les colonnes et les familles ont été déclarées fixes, tandis que les lignes, les colonnes et leurs interactions ont été considérées comme aléatoires. Lorsqu'il y avait des valeurs manquantes au niveau des familles, le REML a calculé la probabilité chi-carré ( $\chi^2$ ), tandis que la probabilité  $F$  a été calculée lorsqu'il n'y avait pas de valeurs manquantes. L'analyse diallele selon la méthode IV de Griffing (1956) pour le modèle fixe a été adaptée pour les analyses de GCA et SCA portant sur les données collectées.

## Résultats

### Caractéristiques préférées du manioc dans les nouvelles variétés résistantes à la CBSD

La première caractéristique préférée par les agriculteurs dans les nouvelles variétés de CBSD, à travers tous les districts, était la maturité précoce, suivie par un rendement élevé et une saveur douce (Tableau 1). D'autres caractéristiques, par ordre d'importance décroissant, étaient la résistance à la sécheresse, la faible teneur en fibres, la facilité de préparation, la vendabilité et la résistance aux nuisibles et maladies.

Tableau 1. Fréquence des préférences des agriculteurs pour les variétés résistantes à la CBSD dans les districts de Kilifi, Kwale et Malindi

Caractéristiques	Proportion d'agriculteurs (%)			
	Kilifi	Kwale	Malindi	Moyenne
Maturité précoce	10,4	43,6	62,3	38,8
Haut rendement	26,7	23,3	27,5	25,8
Saveur douce (faible potentiel cyanogénétique)	16,6	13,4	3,4	11,1
Tolérance à la sécheresse	13,3	3,3	3,4	6,7
Faible teneur en fibres	10,1	0,0	0,0	3,4
Facilité de préparation	6,5	3,3	0,0	3,3
Racines grosses et longues	6,5	0,0	0,0	2,2
Vendabilité	0,0	6,5	0,0	2,2
Résistance aux nuisibles et aux maladies	3,3	3,3	0,0	2,2
Autres	6,6	3,3	3,4	4,4

### Technique d'inoculation efficace de la maladie de la striure brune du manioc

Toutes les techniques d'inoculation ont transmis le CBSV, sauf le contrôle. Les plantes inoculées au CBSV par le greffage en couronne de scions infectés ont eu, de manière très nette, la plus forte incidence de plantes présentant des signes de CBSD et la période d'apparition des symptômes de CBSD la plus courte.

### Effets génétiques contrôlant la CBSD, les caractéristiques de rendement et de qualité

Au stade des semis, la variation au niveau des familles était significative ( $P \leq 0,05$ ) uniquement pour l'élément  $I_{\text{CBSD}}$ , tandis qu'au stade clonal, elle était très significative ( $P \leq 0,001$ ) à la fois pour  $I_{\text{CBSD}}$  et  $S_{\text{CBSD}}$  (Tableau 2). En outre, la moyenne des  $I_{\text{CBSD}}$  et  $S_{\text{CBSD}}$  était plus élevée au stade clonal qu'au stade des semis. Les différences en  $I_{\text{RN}}$  et  $S_{\text{RN}}$  entre les familles étaient uniquement très significatives ( $P \leq 0,001$ ) au stade clonal (Tableau 3). Des effets significatifs GCA et SCA ont été observés pour l'élément  $I_{\text{CBSD}}$  et le rendement au niveau des racines pendant les tests de semis et de clones (Tableaux 4 et 5).

Les effets GCA et SCA pour SCBSD, IRN, SRN, le pourcentage de matière sèche et le score de picrate (pour le niveau de cyanure) n'ont été significatifs que pendant le test clonal. Les effets GCA étaient plus importants que les effets SCA pour la plupart des traits, sauf pour le pourcentage de matière sèche. Kaleso, suivi par Gushe, a présenté les effets GCA les plus négatifs et les plus importants pour la résistance à la CBSD, tandis que Kibiriti-mweusi affichait les effets GCA les plus élevés et les plus significatifs par rendement de racines. Trente descendances présentant une résistance à la nécrose des racines, des rendements de plus de 40 t/ha<sup>-1</sup> et des caractéristiques acceptables par les planteurs ont été identifiées.

## Diffusion de la recherche

J'ai formé 36 sélectionneurs et techniciens du Burundi, de la République démocratique du Congo, d'Éthiopie, du Kenya, de Madagascar, du Malawi, de Mozambique et de Tanzanie en greffage en couronne des scions infectés, pendant deux ateliers organisés par le Réseau de recherche d'Afrique australe sur les tubercules et le Programme national de recherche sur les tubercules de Tanzanie. Les résultats de ces études ont été présentés lors d'ateliers et de conférences.

**Tableau 2.** Test de Wald pour l'estimation du maximum de vraisemblance au niveau des résidus pour l'incidence et la sévérité des symptômes de CBSD dans les parties aériennes des familles au stade des semis et de clones

Variable	dl			c <sup>2</sup>			Moyenne	ET
	Lin_R	Lin_C	Familles	Lin_R	Lin_C	Familles		
$I_{\text{CBSD}}$ Semis	1	1	35	1,31	0,09	1,96*	39,8	±0,94
$I_{\text{CBSD}}$ Clone	1	1	35	1,88**	5,57	22,06***	72,1	±1,50
$S_{\text{CBSD}}$ Semis	1	1	35	2,67	0,03	1,45	2,1	±0,39
$S_{\text{CBSD}}$ Clone	1	1	35	9,06**	26,48***	55,09***	3,2	±0,01

Lin\_R, tendance linéaire à travers les lignes ; Lin\_C, tendance linéaire à travers les colonnes.

\*, \*\*, \*\*\* significatif à  $P < 0,05$ ,  $< 0,01$  et  $< 0,001$  (c<sup>2</sup>), respectivement ; ET, Erreur type de la moyenne.

**Tableau 3.** Test de Wald pour l'estimation du maximum de vraisemblance au niveau des résidus pour l'incidence et la sévérité de la nécrose des racines des familles aux stades des semis et des clones

Variable	dl			c <sup>2</sup>		
	Lin_R	Lin_C	Familles	Lin_R	Lin_C	Familles
$I_{\text{RN}}$ semis	1	1	35	16,95*	0,00	1,10
$I_{\text{RN}}$ clone	1	1	35	46,24***	1,96	8,29***
$S_{\text{RN}}$ semis	1	1	35	15,15*	0,29	1,30
$S_{\text{RN}}$ clone	1	1	35	8610,13***	1200,30***	405,56***

Notes : Voir Tableau 2.

**Tableau 4.** Valeurs quadratiques moyennes de la faculté de combinaison pour les symptômes de CBSD dans les parties aériennes et souterraines pour les tests de semis et de clones

Source	dl	Test de semis		Test de clone		
		$I_{\text{CBSD}}$	$I_{\text{CBSD}}$	$S_{\text{CBSD}}$	$I_{\text{RN}}$	$S_{\text{RN}}$
Famille	35	0,014*	306,472*	0,839*	0,141*	0,017*
GCA	8	0,018**	876,746*	2,289**	0,453*	0,055**
SCA	27	0,013**	137,502*	0,202*	0,049*	0,006*

dl, degré de liberté ; \*, \*\* significatif à  $P \leq 0,05$  et  $\leq 0,01$ , respectivement.

Tableau 5. Valeurs quadratiques moyennes de GCA et de SCA pour le rendement au niveau des racines et les composantes de rendement pour les tests de semis (valeurs en caractère non gras) et de clones (valeurs en caractère gras)

Source	dl	Rendement des racines (Kg/plant)		% MS	SP
Familles	35	0,177*	0,009*	1,169*	0,427*
GCA	8	0,642**	0,030**	0,929*	1,068**
SCA	27	0,039**	0,002*	1,240*	0,237**

\*, \*\*, significatif à  $P \leq 0,05$  et  $\leq 0,01$  ; dl, degrés de liberté ; SP, score de picrate.

## Discussion et conclusions

Les agriculteurs ont préféré une série de caractéristiques dans les variétés résistantes à la CBSD à développer. La maturité précoce était la caractéristique la plus importante, car la culture du manioc se fait de manière continue dans les zones côtières du Kenya, ce qui favorise l'obtention de variétés qui parviennent à maturité en 12 mois. La saveur douce est associée à de faibles niveaux de cyanure racinaire, ce qui réduit le risque d'empoisonnement. Ainsi donc, les nouvelles variétés résistantes à la CBSD devraient vite parvenir à maturité et avoir un faible niveau de cyanure pour en renforcer l'adoption. Le greffage a été la technique d'inoculation la plus efficace et devrait être utilisé aux stades avancés du développement des variétés, afin d'améliorer l'efficacité de la sélection pour la résistance à la CBSD. Les effets GCA et SCA significatifs dans le patrimoine de la CBSD, le rendement des racines, le pourcentage de matière sèche et le cyanure racinaire ont indiqué que des effets additifs et non additifs intervenaient dans l'héritage de ces traits. En outre, les effets additifs étaient plus importants que les effets non additifs pour la résistance à la CBSD, le rendement racinaire et le cyanure racinaire. Ainsi donc, la sélection pour la résistance à la CBSD, un rendement élevé des racines et un faible niveau de cyanure racinaires peuvent être obtenus grâce à une sélection et un pyramidage des gènes récurrents. Les variétés ayant les effets GCA les plus négatifs pour la résistance à la CBSD (comme Kaleso et Gushe) devraient être croisées avec des variétés ayant les effets GCA les plus positifs, les plus élevés et les plus significatifs pour les rendements des racines (comme les Kibiriti-mweusi), en vue de cultiver des variétés acceptables. Les 30 variétés résistantes à la CBSD seront évaluées dans les grandes régions productrices de manioc, afin de sélectionner des variétés appropriées aux zones et aux utilisations agro-écologiques spécifiques. On espère que ces variétés (une fois mises à la disposition des agriculteurs et adoptées par eux) permettront une productivité accrue pour le renforcement de la sécurité alimentaire et la génération de revenus.

## Remerciements

Mes remerciements vont au Professeur R. Melis, Dr P. Shanahan et Professeur M. Laing du Centre africain pour l'amélioration des cultures, de l'Université du KwaZulu-Natal pour leur orientation pendant la conduite de la recherche et à la Fondation Rockefeller pour les fonds alloués à la recherche. Je remercie le Directeur de KARI et le Directeur du Centre de KARI-Mtwapa pour leur soutien logistique. Toute ma gratitude va à l'endroit du personnel de vulgarisation du Ministère de l'agriculture dans les districts de Kilifi, de Kwale et de Malindi et aux agriculteurs qui ont participé à cette enquête.

## Références

- Anon. 2003. 'On-farm working group report'. In Legg, J.P. et Hillocks, R.J. (eds) *Cassava Brown Streak Disease: Past, Present et Future*. Actes d'une conférence internationale, Mombasa, Kenya, 27–30 octobre 2002. Natural Resources International, Chatham, Royaume-Uni.
- Ceballos, H., Iglesias, C.A., Perez, J.C. et Dixon, A.G.O. 2004. 'Cassava breeding: opportunities et challenges'. *Plant Molecular Biology* 56: 503–516.

- Griffing, B. 1956. 'Concept of general et specific combining ability in relation to diallel crossing systems'. *Australian Journal of Biological Sciences* 9: 463–493.
- Hillocks, R.J. 2003. 'Cassava brown streak virus disease: summary of present knowledge on distribution, spread, effect on yield et methods of control'. In Legg, J.P. et Hillocks, R.J. (eds) *Cassava Brown Streak Virus Disease: Past, Present et Future*. Actes d'une conférence internationale, Mombasa, Kenya, 27–30 octobre 2002. Natural Resources International, Chatham, Royaume-Uni.
- Hillocks, R.J. et Jennings, D.L. 2003. 'Cassava brown streak disease: a review of present knowledge and research needs'. *International Journal of Pest Management* 49: 225–234.
- Hillocks, R.J., Raya, M. et Thresh, M.J. 1996. 'The association between root necrosis et aboveground symptoms of brown streak virus infection in cassava in southern Tanzania'. *International Journal of Pest Management* 42: 285–289.
- Hillocks, R.J., Raya, M., Mtunda, K. et Kiozia, H. 2001. 'Effects of brown streak virus disease on yield and quality of cassava in Tanzania'. *Journal of Phytopathology* 149: 389–394.
- Kanju, E.E., Mtunda, K.J., Muhanna, M., Raya, M.D. et Mahungu, N.M. 2003. 'Management of Cassava brown streak virus disease in Tanzania'. In Legg, J.P. et Hillocks, R.J. (eds) *Cassava Brown Streak Virus Disease: Past, Present et Future*. Actes d'une conférence internationale, Mombasa, Kenya, 27–30 octobre 2002. Natural Resources International, Chatham, Royaume-Uni.
- Kormawa, P., Tshlunza, M., Dixon, A., Udoh, E. et Okoruwa, V. 2003. 'Varietal characteristics of cassava: farmers' perceptions and preferences in the semi-arid zone of West Africa'. In Akoroda, M.O. (ed.) *Root Crops: The Small Processor et Development of Local Food Industries for Market Economy*. Proceedings of the 8th Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops – Africa Branch, Ibadan, Nigeria, 2001.
- Maruthi, M.N., Hillocks, R.J., Mtunda, K., Raya, M.D., Muhanna, M., Kiozia, H., Rekha, A.R., Colvin, J. et Thresh, J.M. 2005. 'Transmission of Cassava brown streak virus by *Bemisia tabaci* (Gennadius)'. *Journal of Phytopathology* 153: 307–312.
- Muhana, M., Raya, M., Hillocks, R. et Kiozia, H. 2004. 'On farm performance and farmers' evaluation of cassava brown streak tolerant variety "Kiroba" in the eastern zone of Tanzania'. In Résumés of the 9th Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops – Africa Branch (ISTR-AB), du 31 octobre au 5 novembre 2004, Mombasa, Kenya. ISTR-AB, Institut de recherche agricole du Kenya, Nairobi, Kenya.
- Nweke, F.I. 2005. *The Cassava Transformation in Africa: A Review of Cassava in Africa with Country Case Studies on Nigeria, Ghana, the United Republic of Tanzania, Uganda and Benin*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie. [www.fao.org/docrep/009/a0154e/A0154E02.htm](http://www.fao.org/docrep/009/a0154e/A0154E02.htm)
- Silva, D.P.P., Jones, P. et Shaw, M.W. 2002. 'Identification and transmission of *Piper yellow mottle virus* and *Cucumber mosaic virus* infecting black pepper (*Piper nigrum*) in Sri Lanka'. *Plant Pathology* 51: 537–545.
- Storey, H.H. 1936. 'Virus diseases of East Africa plants: VI-A Progress report on studies of the diseases of cassava'. *East African Agricultural Journal* 2: 34–39.

# Une approche durable pour la prise en charge du foreur de cosses de légumineuse, *Maruca vitrata*, sur le haricot à Maurice

L. Unmole<sup>1</sup>

Mots clés : *azadirachtine*, *Bacillus thuringiensis*, *chlorantraniliprole*, *indoxacarbe*, *spinosad*, *trichogramma chilonis*

## Résumé

Le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) est une culture stratégique pratiquée sur environ 360 ha à Maurice. Le *Maruca vitrata* (Fabricius), l'*Etiella zinckenella* (Treitschke) et le *Lampides boeticus* (L.) sont présentés comme étant les principaux foreurs de cosse qui détruisent les parties florales et les cosses du haricot. Mais, d'un point de vue économique, il n'y a eu aucune enquête sur leur importance. Auparavant, on ne procédait à l'analyse des insecticides qu'au niveau des champs pour actualiser les recommandations de lutte. Cependant, les méthodes de lutte chimique n'ont pas toujours été efficaces et les agriculteurs ont utilisé des insecticides à tort et à travers. Ces pratiques ont donné lieu à des inquiétudes d'ordre sanitaire, économique et environnemental. Le but de la présente étude était de développer une stratégie efficace et durable de prise en charge des foreurs de cosses, reposant essentiellement sur des processus de lutte écologique. La recherche sur les foreurs de cosses a suivi plusieurs étapes : 1) une étude de 10 mois pour identifier le principal foreur de cosses et déterminer son abondance sur les haricots et autres légumineuses ; 2) l'élaboration d'une technique peu coûteuse pour élever le *M. vitrata* ; 3) la recherche des ennemis naturels du *M. vitrata* ; 4) la recherche en laboratoire des attributs du parasitoïde des œufs identifié, le *Trichogramma chilonis* Ishii, pour son utilisation éventuelle dans la prise en charge du *M. vitrata* ; 5) le test en laboratoire et sur le terrain du chlorantraniliprole, du spinosad, de l'indoxacarbe, du *Bacillus thuringiensis*, du *Beauveria bassiana* et de l'azadirachtine, comme alternatives aux insecticides à large spectre ; 6) le test de l'attractivité de quatre phéromones pour attirer les mâles du *M. vitrata*, pour leur utilisation éventuelle comme outil de suivi dans les champs de haricot. Le *Maruca vitrata* était le seul foreur de cosses économiquement important, causant jusqu'à 42 % de dégâts aux cosses dans les parcelles de haricot non traitées. Trois espèces de plantes ont été enregistrées comme hôtes du *M. vitrata*, pour la première fois à Maurice : le *Phaseolus lunatus* L., le *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth. et le *Macroptilium atropurpureum* (DC.) Urb. Un taux élevé de survie des larves (87,5 %) et un taux élevé de fécondité des femelles (241,3 ± 54,6 œufs par femelle) cultivées sur des germes de haricot mungo indiquent que ces germes conviennent comme nourriture pour la culture de larves de *M. vitrata*. Trois types d'agents de contrôle biologique (parasitoïde des œufs, champignons entomopathogènes et nématode) ont été détectés sur le *M. vitrata* dans les champs, pour la première fois à Maurice. Le *Trichogramma chilonis* et le nématode entomopathogène non identifié ont été récupérés par la méthode de l'exposition et le champignon pathogène espèce *Metarhizium* a été détecté dans les gènes de larves de *M. vitrata* malades recueillies sur le terrain. Le taux élevé de mortalité des œufs (>77 %), dû à l'alimentation et au parasitisme par une femelle de *T. chilonis*, indique son potentiel comme agent de lutte biologique contre le *M. vitrata*. Le *Bacillus thuringiensis*, l'azadirachtine, le chlorantraniliprole, l'indoxacarbe et le spinosad ont été jugés efficaces contre les larves de *M. vitrata*. Les mâles de *M. vitrata* n'ont réagi à aucun des leurres testés, mais ils ont été attirés par les femelles vierges en cage.

1. Division d'entomologie, Unité de recherche agronomique et de vulgarisation, Réduit, Maurice.



## Introduction

Le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) est une plante stratégique cultivée sur près de 360 ha, par environ 3000 agriculteurs sur de petites exploitations ( $\leq 0,25$  ha), essentiellement dans les zones résidentielles à Maurice (Anon., 2008). Comme pour de nombreuses autres cultures, les planteurs de *P. vulgaris* ont pris l'habitude d'utiliser des insecticides à large spectre pour la lutte contre les principaux nuisibles. Le *Maruca vitrata* (Fabricius), l'*Etiella zinckenella* (Treitschke) et le *Lampides boeticus* (L.) sont signalés comme étant les principaux foreurs de cosses sur le *P. vulgaris* à Maurice (Moutia, 1955). Leur importance économique n'a pas été déterminée et la recherche s'est essentiellement focalisée sur la recherche des insecticides contre ces foreurs dans les champs. Les méthodes de lutte chimiques sont souvent inefficaces car les larves des foreurs de cosses (chenilles) ont des parties florales et des cosses bien protégées, si bien que les agriculteurs ont recours à une pulvérisation d'association d'insecticides à fortes doses et hautes fréquences pour parvenir à une lutte efficace (Fagoonee, 1984 ; Abeeluck *et al.*, 1997). Ces pratiques ont suscité des inquiétudes au sein du grand public au niveau de la santé, de l'économie et de l'environnement et ont souvent compromis les opportunités existantes pour l'exportation de haricots fins vers le marché européen. Le gouvernement mauricien a fourni des mesures d'incitation aux planteurs pour accroître la production de légumineuses grâce à de bonnes pratiques culturales, en mettant un accent particulier sur les stratégies de gestion intégrée des nuisibles (IPM).

Cette étude, qui a duré quatre ans, visait à développer un ensemble de mesures d'IPM pour la gestion des foreurs de cosses grâce : 1) à la détermination des espèces prédominantes de foreurs de cosses sur le haricot ; 2) au développement d'une technique appropriée pour l'élevage des foreurs de cosses en laboratoire pour les tests biologiques et les essais en plein champ ; 3) à l'étude de leur biologie et écologie ; 4) à l'identification d'alternatives aux insecticides à large spectre.

## Matériels et méthodes

### Statut phytosanitaire des foreurs de cosses du haricot

Une enquête de 10 mois a été effectuée dans 27 champs sélectionnés de manière aléatoire ( $< 0,25$  ha) de planteurs qui ont traité leur haricot avec des insecticides dans les trois principales régions de culture du haricot. Au cours de chaque visite de site effectuée tous les quinze jours, des bourgeons et des fleurs (50 de chaque) ont été recueillis dans chaque champ. Des parcelles permanentes de haricot non traitées (9 m<sup>2</sup>) établies toutes les 5 semaines à la station de recherche des cultures de l'Unité de recherche agronomique et de vulgarisation (AREU) de Réduit ont également fait l'objet d'études. Des parties florales et cosses sélectionnées ont été conservées pendant 7 jours en laboratoire dans des récipients individuels en plastique à une température de  $27 \pm 2^\circ\text{C}$  et à un taux d'humidité relative (HR) de  $70 \pm 10\%$ . Les larves recueillies ont été élevées sur des fleurs fraîches et des cosses de haricot. Les papillons qui en sortaient étaient identifiés et leur sexe était déterminé.

### Élevage en laboratoire du *Maruca vitrata* et étude de sa biologie

Vingt paires de papillons ont été nourries avec une solution de saccharose à 10 % dans un récipient en plastique cylindrique (15 cm de large  $\times$  20 cm de long), dont les deux bouts ont été coupés et recouverts de tissu de mousseline blanc comme substrats d'oviposition. Ces substrats étaient retirés chaque jour et recueillis dans des récipients en plastique. Les larves nouvellement écloses étaient considérées comme la génération  $F_1$ . Une série de 200 larves nouvellement écloses  $F_1$  ont été nourries de germes de haricot mungo. Les papillons qui en sont sortis ont été placés dans des cages et les œufs ont été recueillis comme décrit ci-dessus. Les larves écloses étaient considérées comme des larves  $F_2$ . Pour étudier la performance des larves nourries de germes de haricot mungo et de fleurs et de cosses d'haricot et la performance des papillons qui en sortaient, 30 larves  $F_1$  (âgées de 1 jour) ont été placées dans six bols (cinq par bol) et nourries de fleurs et de cosses d'haricot. De même, 30 larves  $F_1$  et 30 larves  $F_2$  ont été placées dans des bols et nourries de germes de haricot mungo. La survie des larves et des nymphes ainsi que l'émergence des adultes ont été enregistrées pour chaque régime alimentaire. Le sexe des papillons issus des différents régimes alimentaires a été déterminé, puis ils ont été placés en paires individuelles dans de petits récipients en plastique ( $n=8$ ) et nourris à une solution de saccharose à 10 %. La durée de vie des papillons et le nombre d'œufs pondus par une femelle au cours de sa vie ont été enregistrés. Les résultats ont été présentés comme moyenne  $\pm$  SE.

## Écologie du *Maruca vitrata*

L'abondance de *M. vitrata* et ses ennemis naturels ont été déterminés sur neuf parcelles de légumineuses mises en place (dans un rayon de 50 m) à la Station de recherche des cultures de Réduit. Chaque semaine, les fleurs étaient recueillies de manière aléatoire sur les parcelles non traitées (40 par culture) de *P. vulgaris*, *Vigna unguiculata*, *Arachis hypogea* et de *Pisum sativum* (depuis le stade de la floraison jusqu'au stade de la fructification), et conservés en laboratoire pendant 7 jours. À chaque récolte, 12 plants étaient sélectionnés de manière aléatoire pour chaque culture (à l'exception du *A. hypogea*), et les cosses endommagées et non endommagées ont été enregistrées. Les cosses contenant des larves ont été envoyées en laboratoire. Des fleurs et des cosses (50 chacune) ont été collectées de manière aléatoire dans des sachets en plastique individuels, à partir d'une parcelle non traitée de pois perdrix (*Cajanus cajan*) et examinées en laboratoire. Des fleurons issus d'inflorescences ( $n = 50$ ) ont été collectés de manière aléatoire sur des parcelles non traitées de *Pueraria phaseoloides*, de *Mucuna pruriens* et de *Macroptilium atropurpureum*. Des cosses ( $n = 50$ ) de chacune des parcelles de *P. phaseoloides* et de *M. pruriens* ont été recueillies dans des sachets en plastique individuels et examinées en laboratoire. Cinquante cosses provenant de chacune des 39 variétés de *Phaseolus lunatus* récemment introduites (parcelles traitées) ont été examinées et les cosses endommagées ont été envoyées en laboratoire. Les larves collectées ont été nourries de germes de haricot mungo jusqu'au stade de papillon adulte, pour confirmer l'espèce.

## Inventaire des ennemis naturels du *Maruca vitrata*

Outre les parasitoïdes des larves existants, une enquête a été menée pour détecter l'occurrence possible d'autres ennemis naturels du *M. vitrata*.

### Parasitoïde des œufs

La méthode d'exposition d'Arodokoun (1996) a été utilisée. Un plant de haricots comportant des œufs fraîchement pondus a été placé dans la parcelle de pois perdrix pendant 48 heures. Les feuilles contenant des œufs ont été excisées, conservées dans un bocal de verre et observées de manière quotidienne en laboratoire. Les œufs parasités ( $n = 32$ ), qui se distinguent par leur coloration noire, ont été conservés dans des flacons en verre individuels. Le sexe des parasitoïdes émergents a été déterminé sous un microscope binoculaire. L'exposition des plants a été répétée quatre fois en utilisant, à chaque fois, un nouveau plant de haricots comportant des œufs.

### L'agent pathogène des larves

Les larves de *M. vitrata* ( $n = 1906$ ) ont été recueillies sur le *P. vulgaris*, le *A. hypogea*, le *P. sativum*, le *C. cajan*, le *V. unguiculata*, le *P. lunatus* et le *P. phaseoloides*. Les larves recueillies ont été individuellement nourries de germes dans des bols en plastique stériles et examinées quotidiennement. Les larves malades ont été isolées et l'organisme pathogène a été identifié en collaboration avec la Division des pathologies des plantes d'AREU.

### Nématode entomopathogène

Cinquante nymphes de *M. vitrata* ont été placées à une profondeur de 3 cm dans le sol, dans un champ de haricots (selon la méthode de Bedding et Akhurst, 1975) et emportées au laboratoire après 7 jours. Elles ont été lavées à l'eau pour en retirer les particules de sol et placées dans des boîtes de Pétri individuelles avec 5 ml d'eau. Chaque lympe a été macérée et examinée au microscope binoculaire. Lorsque des nématodes étaient détectés, le contenu macéré était filtré à l'aide d'un tamis en étamine. Une solution de base a été préparée et utilisée pour effectuer des tests de pouvoir pathogène avec des larves de *M. vitrata* saines (cinquième instar) (selon la méthode de Kaya et Stock, 1997). Les larves étaient observées tous les jours au microscope binoculaire.

## Tests biologiques en laboratoire et essais en plein champ pour tester l'efficacité des produits

Deux formulations commerciales d'insecticides microbiens (*Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* [Bt, Dipel 16,000 UI mg<sup>-1</sup>] et *Beauveria bassiana* [Biofix larvo-guard 2 × 10<sup>9</sup> CFU ml<sup>-1</sup>]), un insecticide végétal (azadirachtin, Bioking 0,15 % EC) et un insecticide compatible avec la gestion intégrée des parasites (spinosad, Tracer 480 SC) ont été testés à différentes vitesses sur des larves de *M. vitrata* de 4 et de 7 jours en laboratoire. Le Bt a été testé à une eau de 1,0, 1,5 et 2,0 g L<sup>-1</sup>; le *B. bassiana* à une eau de 2,0, 3,0 et de 4,0 g L<sup>-1</sup> et le spinosad à une eau de 0,25, 0,3 et 0,5 g L<sup>-1</sup>. La mortalité des larves a été corrigée avec la mortalité dans les groupes témoins en utilisant la formule d'Abbott (1925). Le pourcentage de mortalité a été transformé en arc-sinus et analysé par une analyse de la variance à un facteur (ANOVA) avec des moyennes séparées, selon le test de l'étendue de Student de Tukey (SAS, 2004).

## Test de terrain de l'azadirachtine, du chlorantraniliprole et de l'indoxacarbe

Les expériences de terrain ont été effectuées dans une parcelle d'haricot, selon une méthode prévoyant un bloc aléatoire complet avec quatre parcelles identiques. Le premier essai a porté sur des traitements d'azadirachtine à trois taux (eau à 5,0, 7,5 et 10,0 mL L<sup>-1</sup>) et un témoin (non traité). Le deuxième essai a porté sur des traitements de chlorantraniliprole à 0,25, 0,30 et 0,34 mL L<sup>-1</sup> sans adjuvant et à 0,30 mL L<sup>-1</sup> avec l'adjuvant Trend 90 (0,75 mL L<sup>-1</sup>), l'indoxacarbe à 0,25 g L<sup>-1</sup> avec le même adjuvant et un témoin (non traité). Dans chaque essai, les bourgeons et les fleurs (10 chacun) ont été choisis à partir de cinq plants sélectionnés de manière aléatoire, pour chaque parcelle de traitement. À chaque récolte, les cosses endommagées et non endommagées de cinq plants sélectionnés de manière aléatoire ont été enregistrées. Les échantillons recueillis ont été conservés au laboratoire dans des récipients en plastique pendant 7 jours; puis les larves écloses ont été dénombrées. Le nombre de larves sur les parties florales a été corrigé en proportion des larves observées après le traitement par rapport à celles présentes avant le traitement. Le pourcentage de dégâts sur les cosses a été transformé en arc-sinus et soumis à l'analyse de la variance à un facteur ANOVA au moyen de traitements différents séparés, par le test de la plus petite différence significative (PPDS) (SPSS, 2002).

## Réaction du *Maruca vitrata* mâle aux phéromones

Afin d'établir un seuil pour les actions de lutte basées sur les captures par piège, nous nous sommes procuré quatre mélanges de phéromones auprès du Natural Resources Institute (NRI), au Royaume-Uni. Ils contenaient 0,1 mg de phéromone et étaient imprégnés dans les membranes de caoutchouc. L'un d'entre eux a été efficace au Bénin et au Ghana et un autre au Burkina Faso (Downham, 2006). Deux types de pièges en delta (l'un, transparent, provenant du Plant Resource International [PRI], aux Pays-Bas; et l'autre, jaune, provenant du Pest Control India [PCI], en Inde) et un piège à eau local ont été utilisés pour l'évaluation des phéromones d'attraction. Un ensemble de quatre pièges à phéromones PRI a été placé dans chacun des champs de haricot traités (chacun ≤ 0,1 ha) des trois agriculteurs et dans une parcelle de haricot non traitée (10 × 10 m) à la Station de recherche des cultures de Réduit. Les pièges ont été installés sur des piquets en bois à environ 1 m au-dessus du sol, séparés de 5 m. Les membranes ont été renouvelées tous les quinze jours pendant cinq semaines. Un piège PRI vierge (sans membrane à phéromone) a été installé comme témoin dans chaque champ. Un deuxième essai a été effectué dans une parcelle de haricot non traitée (10 × 10 m) à la Station de recherche sur les cultures de Réduit avec des pièges à eau utilisant la même méthode. Dans un troisième essai, les pièges PCI avec membranes ont été placés dans une parcelle de haricot non traitée intercalé avec du maïs et une autre parcelle de haricot non traitée suivant la même méthode décrite ci-dessus. Un piège contenant deux femelles vierges en cage (nourries de solutions de saccharose à 10 %) a également été placé dans les deux parcelles. Les pièges étaient examinés tous les jours et les papillons capturés ont été identifiés pour confirmer la présence de mâles.

## Études sur la biologie du *Trichogramma chilonis* Ischii

### Longévité et fécondité de la femelle du *Trichogramma* fécondée

Des substrats d'oviposition ont été coupés en lanières, chacune comportant 30 œufs de *M. vitrata*. Une femelle de *T. chilonis* fécondée dans un flacon (5 × 1,8 cm de diamètre) avec un filet de miel sur la paroi interne a reçu une lanière par jour jusqu'à la mort de la femelle. La lanière retirée a été conservée dans un récipient en plastique de 30 mn et observée tous les jours pendant 5 jours. Les œufs parasités et non parasités ont été comptés. Cette expérience a été répétée 10 fois.

### Effet de l'âge des œufs hôtes sur le parasitisme par le *Trichogramma chilonis*

Une femelle de *T. chilonis* fécondée a été placée dans un flacon de verre avec un filet de miel sur la paroi intérieure comportant une lanière d'œuf. Après 24 heures, la lanière a été transférée dans un récipient en plastique de 30 ml. Les œufs parasités, desséchés et éclos ont été comptés tous les jours au microscope binoculaire. Cette expérience a été répétée 10 fois pour chaque âge d'œufs (âgés de 1, 2 et 3 jours). Les données ont été transformées en arc-sinus et soumises à l'analyse de la variance à un facteur ANOVA avec des moyennes séparées à l'aide du test Student-Newman-Keuls (SAS, 2004). La mortalité totale des œufs a été calculée comme la somme des œufs parasités et desséchés.

## Résultats

### Le principal foreur de cosses du haricot

Le *Maruca vitrata* a constitué la plus grande proportion (99,6 %) des larves de foreurs de cosses recueillies sur le champ avec une très faible incidence de *L. boeticus* (0,1 %) et de *Helicoverpa armigera* (0,3 %). On n'a pas enregistré d'*Etiella zinckenella*. Les dégâts subis par les cosses dans les champs traités et non traités étaient respectivement de 22 et de 42 %. Les larves recueillies sur les parties florales et les cosses ont été parasitées par deux espèces de parasitoïdes (esp. *Bracon* et *Eiphosoma annulatum* Cress) ; le parasitisme était généralement faible, mais plus élevé dans les champs non traités (2,4 %) que dans ceux traités (0,7 %).

### Biologie du *Maruca vitrata* sur les fleurs et les cosses de haricot et les germes de haricot mungo

La survie des larves des générations  $F_1$  et  $F_2$  sur les germes de haricot mungo était plus élevée (>87 %) que celle des larves sur les parties florales et les cosses (52,5 %). L'apparition des papillons des nymphes dans le cadre des deux régimes était supérieure à 85 %. La période nymphale a été plus courte pour la génération  $F_2$  ( $8,5 \pm 0,1$  jours) que pour la génération  $F_1$  ( $10,2 \pm 0,2$  jours) sur les germes de haricot mungo et sur les parties florales et les cosses ( $10,1 \pm 0,2$  jours). Les papillons mâles et femelles de la génération  $F_2$  sur les germes de haricot mungo ont vécu plus longtemps que ceux de la génération  $F_1$  pour les deux régimes. Les femelles  $F_2$  des germes de haricot mungo étaient plus fécondes ( $359,4 \pm 51,2$  œufs) que les femelles  $F_1$  soumises au même régime ( $241,3 \pm 54,6$  œufs) et que les femelles sur les parties florales et les cosses ( $127,5 \pm 30,3$  œufs).

### Infestation de neuf légumineuses par les foreurs de cosses

L'infestation florale a été élevée (52,5 %) dans le cycle de culture *P. vulgaris* mais faible (<9,4 %) dans le *V. unguiculata*, le *P. sativum* et le *A. hypogaea*. Plus de 99 % des larves des fleurs *P. vulgaris* et *V. unguiculata* étaient celles du *M. vitrata*. L'infestation florale dans le *C. cajan*, le *P. phaseoloides* et le *M. atropurpureum* était respectivement de 11,3, 15,2 et 28,4 %. Le pourcentage de larves *M. vitrata* était élevé (85,5 %) dans le *P. phaseoloides*, mais faible dans le *M. atropurpureum* (16,9 %). Les larves du *Lampides boeticus* représentaient un pourcentage élevé dans le *M. atropurpureum* (83,1 %) et le *C. cajan* (54,8 %), mais faible dans le *P. phaseoloides* (14,5 %). Les dégâts sur les cosses dans les *P. vulgaris*, *P. sativum*, *V. unguiculata* et *P. lunatus* étaient respectivement de 36,9, 21,9, 8,6 et 12,8 %. Seules les larves du *M. vitrata* ont été enregistrées dans les cosses endommagées du *P. vulgaris* et du *V. unguiculata* et représentaient 99,2 % des larves des cosses *P. lunatus* endommagées. Les fleurs et les cosses du *M. pruriens* n'ont pas été attaquées par les foreurs de cosses.

## Inventaires des ennemis naturels

Soixante-deux pour cent (62 %) des œufs exposés ont été parasités. Chaque œuf parasité a donné naissance à un seul parasitoïde et 69 % des parasitoïdes ayant émergé étaient des femelles. Le parasitoïde des œufs a été identifié comme étant le *Trichogramma chilonis* et a été confirmé par le Musée d'histoire naturelle de Londres. Cinquante-six pour cent (56 %) des nymphes exposées ont été infectées par les nématodes. Le nématode entomopathogène isolé était pathogène pour les larves saines, qui sont donc mortes le troisième jour après l'infection. Des larves malades ont été enregistrées uniquement sur le *P. phaseoloides* : 14,6 % des larves recueillies ( $n = 287$ ) ont été infectées par une espèce *Metarhizium*, un champignon pathogène.

## Efficacité des produits

La mortalité chez les larves jeunes et matures a atteint plus de 70 % après 7 jours dans le cadre du traitement Bt de 2,0 g L<sup>-1</sup>. La mortalité aux deux stades des larves nourries de germes de haricot mungo traitées au *B. bassiana* aux trois taux était faible (<15 %) sans différence significative entre les germes traités et les germes non traités. Toutefois, la mortalité chez les jeunes larves et les larves matures nourries de germes traités avec le spinosad aux trois taux était supérieure à 85 %, 24 h après le traitement et de 100 % après 48 h. L'application d'azadirachtine (tous les taux) n'a pas réduit le nombre de larves dans les parties florales ; toutefois, les dégâts sur les cosses ont été significativement réduits, comparativement aux parcelles témoins dans lesquelles les dégâts sur les cosses étaient les plus élevés ( $P < 0,05$ , test LSD de Fisher). Les dégâts sur les cosses ne différaient pas de manière significative parmi les traitements d'azadirachtine. Dans les parcelles traitées avec le chlorantraniliprole et l'indoxacarbe, le nombre de larves sur les parties florales était beaucoup plus faible ( $P < 0,05$ ) que dans les parcelles témoins (non traitées), mais le niveau d'infestation des larves sur les parties florales dans les parcelles traitées (indépendamment de l'insecticide et du taux) ne différait pas de manière significative. De même, le pourcentage de dégâts sur les cosses, dans les parcelles traitées avec les deux insecticides, était beaucoup plus faible que dans les parcelles témoins ( $P < 0,05$ ), mais sans aucune différence significative entre les traitements des parcelles.

## Réaction des mâles du *Maruca vitrata* aux phéromones

Aucun mâle de *M. vitrata* n'a été enregistré dans les pièges à phéromone, mais des mâles ont été capturés dans les pièges appâtés avec des femelles vierges.

## Biologie du *Trichogramma chilonis* sur les œufs du *Maruca vitrata*

Les femelles ont vécu jusqu'à 13 jours, avec une durée de vie moyenne de  $8,5 \pm 0,7$  jours. Une femelle a pondu tous ses œufs pendant les huit premiers jours après l'émergence, avec une moyenne de  $42,4 \pm 1,3$  œufs et un pic de 16,1 œufs le premier jour.

## Effet de l'âge des œufs hôtes sur le parasitisme par le *Trichogramma chilonis*

Le parasitisme a été observé uniquement dans les œufs de 1 et de 2 jours et il était beaucoup plus élevé (56 %) dans les œufs de 1 jour que dans ceux de 2 jours (26,3 % ;  $P < 0,01$ , test de Student–Newman–Keuls). La dessiccation des œufs, due à l'investigation des femelles, était beaucoup plus faible chez les œufs de 1 jour (23,2 %) que chez les œufs plus vieux (>49 % ;  $P < 0,01$ ). La mortalité combinée des œufs due au parasitisme et à la dessiccation des œufs, était élevée chez les œufs de 1 jour (79,2 %) et chez ceux de 2 jours (77,1 %), mais plus faible chez les œufs de 3 jours (49,4 %).

## Discussion

Cette étude est un travail de pionnier sur le *M. vitrata* à Maurice et elle a généré des informations fondamentales pour le développement éventuel de la gestion durable des foreurs de cosses dans la culture du haricot. Le complexe du foreur de cosses connu depuis les années 50 a désormais été identifié de manière précise. Le *Maruca vitrata* est la seule espèce majeure de foreur de cosses qui cause des dégâts économiques aux cosses de haricot et le *H. armigera* a été enregistré sur le *Phaseolus vulgaris* pour la première fois. C'est également la première fois qu'on trouve trois espèces végétales (*P. lunatus*, *P. phaseoloides* et *M. atropurpureum*) qui sont des hôtes du *M. vitrata* à Maurice. Les germes du haricot mungo constituent un nouveau régime pour les larves, permettant la production en laboratoire de *M. vitrata* à faible coût. Ce régime alimentaire peut être utile pour les chercheurs, en leur permettant d'obtenir facilement des matériels d'essai pour les essais en laboratoire et sur le terrain. Trois produits compatibles avec l'IPM (chlorantraniliprole, indoxacarbe et spinosad) et deux biopesticides (Bt et azadirachtine) ont été des alternatives appropriées aux insecticides à large spectre. Leur utilisation dans les programmes de lutte contre les parasites destinés aux agriculteurs permettra d'atténuer les problèmes de santé, d'environnement et les problèmes sociaux. L'inefficacité des leurres testés pour attirer les papillons mâles n'a pas permis d'établir un seuil économique basé sur les captures par piège. Cependant, cette étude a révélé que ces mélanges, qui sont efficaces dans d'autres pays, nécessitent d'autres modifications pour pouvoir être utilisés à Maurice. Ceci laisse entrevoir que la population mauricienne de *M. vitrata* pourrait être une population géographiquement distincte. Un tel phénomène a déjà été signalé en Afrique et en Asie (Hassan, 2007). La liste des ennemis naturels du *M. vitrata* à Maurice comprend désormais un parasitoïde des œufs et deux parasitoïdes des larves, un champignon entomopathogène et un nématode entomopathogène. Le parasitoïde des œufs *T. chilonis*, le champignon entomopathogène espèce *Metarrhizium* et le nématode entomopathogène non identifié sont de nouvelles trouvailles sur le *M. vitrata* à Maurice. L'occurrence du *T. chilonis* sur le *M. vitrata* est le premier signalement au plan mondial et c'est la troisième espèce de parasitoïde des œufs signalée sur le *M. vitrata*. L'utilisation de l'espèce *Metarrhizium* dans le pays pourrait être limitée, car il nécessite beaucoup d'humidité pour être efficace. Le nématode cible les nymphes et supprime la génération suivante, plutôt que la population de *M. vitrata* sur une culture de haricot sur pied. En revanche, les études en laboratoire ont démontré que le *T. chilonis* pourrait être un agent potentiel de lutte biologique pour le *M. vitrata*.

## Conclusion

Les résultats ont été considérés comme intéressants pour la communauté scientifique et celle des agriculteurs. Ils ont été communiqués lors de la Conférence internationale de Neem, en Inde (Unmole, 2007), et lors du Forum national de la semaine de la recherche. Les résultats de la recherche sur la gestion des foreurs de cosses sur le haricot, l'élevage en laboratoire du *M. vitrata*, la réaction du *M. vitrata* mâle aux leurres de phéromone et la biologie de *T. chilonis* ont été publiés dans la revue scientifique spécialisée *Journal of the University of Mauritius* (Unmole 2009a, b, c, 2010). Les agriculteurs ont été informés des résultats à travers une émission radiophonique (2008) et des réunions de revue technologique avec des agents vulgarisateurs de l'AREU (2009). Une fiche de recommandations actualisée pour la gestion du *M. vitrata* a été produite (AREU, 2010). Un programme de recherche quadriennal (2010–13) a été prévu sur : 1) l'élevage en laboratoire du *T. chilonis* ; 2) la toxicité des produits testés sur le *T. chilonis* ; 3) l'amélioration du rapport coût-efficacité de l'élevage en laboratoire du *T. chilonis* grâce à des techniques nucléaires.

## Remerciements

Je voudrais remercier le Directeur de l'AREU pour son soutien dans cette recherche et le Conseil de la recherche de Maurice, pour avoir financé en partie mon étude. Je suis également reconnaissante à M. D. Abeeluck, chercheur scientifique principal de la Division de l'entomologie à AREU, pour son soutien et son assistance pendant la recherche et dans la préparation de la présente publication.

## Références

- Abbott, W.S. 1925. 'A method of computing the effectiveness of an insecticide'. *Journal of Economic Entomology* 18: 265–267.
- Abeeluck, D., Benimadhu, S.P., Rajkomar, B. et Ramnauth, R.K. 1997. *Pesticide use in Mauritius. A Report of a Survey*. Agricultural Research and Extension Unit, Réduit, Maurice.
- Anon. 2008. *A Sustainable Diversified Agri-food Sector Strategy for Mauritius (2008–2015)*. Ministère de l'agro-industrie, de la production et de la sécurité alimentaire, gouvernement mauricien, Port-Louis, Maurice.
- AREU. 2010. *Insect Pest of Bean: The Legume Pod-borer, Maruca vitrata*. Division de l'entomologie, Agricultural Research et Extension Unit, Réduit, Maurice.
- Arodokoun, D.Y. 1996. 'Importance des plantes-hôtes alternatives et des ennemis naturels indigènes dans le contrôle biologique de *Maruca testulalis* Geyer (Lepidoptera: Pyralidae), ravageur de *Vigna unguiculata* Walp.'. Thèse de PhD, Université de Laval, Québec, Canada.
- Bedding, R.A. et Akhurst, R.J. 1975. 'A simple technique for the detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil'. *Nematologica* 21: 109–110.
- Downham, M.C.A. 2006. '*Maruca vitrata* pheromone trapping in West Africa'. Natural Resources Institute, Chatham, UK. [www.nri.org/maruca](http://www.nri.org/maruca)
- Fagoonée, I. 1984. 'Pertinent aspects of pesticide usage in Mauritius'. *Insect Science and its Application* 5 (3): 203–212.
- Hassan, M.N. 2007. 'Re-investigation of the female sex pheromone of the legume pod borer, *Maruca vitrata* (Lepidoptera: Crambidae)'. Test de PhD, Université de Greenwich, Londres, Royaume-Uni.
- Kaya, H.K. et Stock, S.P. 1997. 'Techniques in insect nematology'. In Lacey, L.A. (ed.) *Manual of Techniques in Insect Pathology*. Academic Press, Londres, Royaume-Uni.
- Moutia, L.A. 1955. *The Commoner Insect Pests of Orchards, Food Crops, Vegetables, Flower Gardens and Household in Mauritius*. Scientific Série scientifique n°91. Ministère de l'agriculture, Maurice. SAS. 2004.
- SAS User's Guide, version 9.1.2. SAS Institute, Cary, NC, États-Unis. SPSS. 2002. SPSS for Windows, version 11.5. SPSS, Chicago, IL, États-Unis.
- Unmole, L. 2007. 'Investigation on the potential of Neem against *Maruca vitrata* Fabricius'. Affiche présentée lors de la World Neem Conference à Coimbatore, Inde, 21–24 novembre.
- Unmole, L. 2009a. 'Sustainable approach for the management of the pod borers on bean in Mauritius'. *University of Mauritius Research Journal* 15: 384–398.
- Unmole, L. 2009b. 'Laboratory rearing of the legume pod borer, *Maruca vitrata* Fabricius (Lepidoptera: Pyralidae) on mung bean sprouts'. *University of Mauritius Research Journal* 15: 577–584.
- Unmole, L. 2009c. 'Response of males of *Maruca vitrata* Fabricius (Lepidoptera: Pyralidae) to synthetic lures in Mauritius'. *University of Mauritius Research Journal* 15: 627–633.
- Unmole, L. 2010. 'Laboratory studies of the biology of *Trichogramma chilonis* Ishii reared from eggs of *Maruca vitrata* Fabricius (Lepidoptera: Pyralidae)'. *University of Mauritius Research Journal* 16: 84–99.

# Évaluation économique des variétés de patate douce dans le cadre de différents systèmes de cultures associées au Nigeria

A. Amaefula<sup>1</sup> et G.N. Asumugha<sup>1</sup>

Mots clés : rentabilité, rendement, revenu, coût de production, ratio coûts-avantages

## Résumé

La patate douce joue un rôle important dans l'alimentation de nombreux Africains. C'est une plante riche en nutriments, notamment en calcium, fer, vitamines et minéraux. La patate douce résiste bien aux mauvaises conditions climatiques et des sols et offre un rendement élevé dans un cycle de culture court. Mais, la forte incidence des nuisibles et des maladies, les pratiques agronomiques inappropriées, la dégénérescence des variétés plus anciennes et la faiblesse des prix à la production (entre autres) limitent la production de la patate douce au Nigeria. Le système de cultures intercalaires assure une meilleure utilisation des ressources, réduit la charge des nuisibles et des maladies et constitue une assurance contre les mauvaises récoltes. Il est donc important d'évaluer les différentes associations de patate douce avant de faire des recommandations aux planteurs. La présente étude vise à comparer les coûts, les revenus, le rendement et la rentabilité des différentes activités de production de patate douce et à comparer la rentabilité des systèmes de monoculture et de cultures associées. La rentabilité des différentes entreprises a été déterminée en se fondant sur le ratio coûts-avantages (RCA). La filière du maïs et de la patate douce a été le seul système de culture rentable. L'association du maïs et de la patate douce a obtenu un RCA de 1,17, laissant entrevoir un bénéfice de 17 ₦ pour tout 100 ₦ investi. Le maïs et le TIS87/0087 a été la culture intercalaire de patate douce la plus rentable avec un RCA de 1,28.

## Introduction

La patate douce (*Ipomoea batatas*) appartient à la famille des Convolvulaceae. Elle joue un rôle important dans l'alimentation d'un grand nombre d'Africains. C'est une bonne source d'énergie, de calcium et de fer. C'est une plante riche en nutriments, notamment en vitamines et en minéraux et elle a une plus forte teneur en carotène que d'autres racines et tubercules. C'est la quatrième racine et tubercule la plus importante au Nigeria (Islam *et al.*, 2002).

La patate douce est adaptée aux climats tropicaux et subtropicaux. Elle supporte la sécheresse et pousse bien dans de mauvaises conditions des sols. Elle a un potentiel de rendement élevé et un cycle de culture court. Le rendement des exploitations peut être d'un niveau faible de 7 t/ha<sup>-1</sup> avec les variétés locales, tandis qu'on obtient des rendements de 30 à 35 t/ha<sup>-1</sup> avec des variétés améliorées (Larbi *et al.*, 1998).

Les principales contraintes à la production de la patate douce sont la forte incidence des nuisibles et des maladies, les pratiques culturales inappropriées, la dégénérescence des variétés plus anciennes et la faiblesse des prix à la production. Le système de cultures intercalaires assure une meilleure utilisation des ressources et la réduction de la charge des nuisibles et des maladies et constitue une assurance contre les mauvaises récoltes.

1. Institut national de recherche sur les plantes racines, Umudike, PMB 7006, Umuahia Abia State, Nigeria.



Au Nigeria, la patate douce est essentiellement cultivée dans un système de monoculture au Nord, mais essentiellement dans un système de cultures intercalées avec d'autres cultures dans le Sud. La patate douce donne de bons résultats, associée au maïs et au sorgho en zone aride, dans les jardins horticoles irrigués et dans les jardins potagers (Madibela *et al.*, 1998). La patate douce est intercalée avec le maïs, l'igname, le sorgho et d'autres plantes (Ewell et Mutuura, 1994).

L'utilisation de la culture intercalaire de la patate douce aiderait à résoudre le problème de pénurie alimentaire et de gestion de l'utilisation des ressources. Il est nécessaire d'évaluer les différentes associations de patate douce avant de faire des recommandations aux agriculteurs.

Cette étude vise à comparer les coûts, les revenus, le rendement et la rentabilité des différentes activités de production de patate douce et à comparer la rentabilité des systèmes de monoculture et de cultures intercalaires.

L'hypothèse testée était que les systèmes de culture de la patate douce sont rentables.

## Matériels et méthodes

Cette recherche a été effectuée à Eastern Farm, National Root Crops Research Institute, à Umudike, dans l'État d'Abia, au Nigeria, entre la latitude 50°29'N et la longitude 70°33'E.

Trois variétés de patate douce (TIS87-0087, TIS 2532.1.OP.13 et TIS 8164) ont chacune été plantées dans quatre systèmes de d'associations culturales : patate douce-ricin, patate douce-maïs, patate douce-maïs-ricin et monoculture de la patate douce. La variété de maïs utilisée pour la culture intercalaire a été le *Oba super*, tandis que la variété locale de ricin a été utilisée. Les différentes plantes ont été cultivées selon un protocole de bloc aléatoire complet (RCBD) sur trois parcelles identiques de 6 x 5 m. Des fanes de patate douce à trois nœuds ont été plantées à un intervalle de 0,3 x 1 m. Le maïs et le ricin ont été plantés deux par trou, à un intervalle de 1x1 m.

Cette recherche a été effectuée sous forme d'essai sur deux ans. La première année (2006), la patate douce, le maïs et le ricin ont été plantés respectivement du 9 au 13, du 14 au 19 et le 19 juin. Les parcelles d'essai ont été désherbées trois fois. Un fertilisant (NPK 15:15:15) a été appliqué au taux de 600 kg/ha<sup>-1</sup>. Le maïs a été récolté le 19 septembre. La patate douce a été récoltée du 15 au 17 novembre. Le ricin a été récolté à des intervalles réguliers entre décembre 2006 et janvier 2007. L'expérience a été répétée en 2007, en adoptant les mêmes pratiques culturales.

Les données des différents systèmes ont été analysées en se fondant sur le ratio coûts-avantages (RCA). Ce ratio a été obtenu en divisant le revenu total par le coût de production total. Les entreprises rentables ont une valeur de RCA supérieure à 1. Les revenus sont exprimés en naira (₦), la monnaie nigériane.<sup>2</sup>

## Résultats

### Analyse comparée des rendements et revenus moyens de la patate douce pour les différentes cultures intercalaires

Le Tableau 1 montre le rendement et le revenu moyens pour la patate douce dans le cadre des différents systèmes. Dans la monoculture, le TIS2532.1.OP.13 a obtenu le rendement le plus élevé (12,95 t/ha<sup>-1</sup>), suivi du TIS8164 (9,90 t/ha<sup>-1</sup>) et du TIS87/0087 (9,19 t/ha<sup>-1</sup>).

---

2. 150 ₦ ≈ 1 \$US.

Les rendements de la patate douce dans le TIS87/0087-maïs, le TIS2532.1.OP.13-maïs et le TIS8164-maïs étaient respectivement de 7,19, 7,62 et 8,92 t/ha<sup>-1</sup>. Les rendements de la patate douce pour la culture associée de TIS87/0087-ricin, de TIS2532.1.OP.13-ricin et TIS8164-ricin étaient respectivement de 7,70, 8,72 et 7,22 t/ha<sup>-1</sup>. Les rendements de la patate douce pour la culture associée de TIS2532.1.OP.13 avec le ricin et le maïs étaient de 7,17 t/ha<sup>-1</sup> ; le TIS8164 intercalé avec le ricin et le maïs a obtenu un rendement de 5,20 t/ha<sup>-1</sup>. Le rendement le plus faible, soit 4,52 t/ha<sup>-1</sup> a été obtenu par la culture de TIS87/0087 intercalée avec le ricin et le maïs.

En convertissant les revenus obtenus des parcelles d'essai en équivalent par hectare, dans la monoculture de la patate douce, le TIS25.32.1.OP.13 a obtenu le revenu le plus élevé (207 200 ₺), suivi du TIS8164 (158 400 ₺) et enfin du TIS87/0087 (147 040 ₺). Dans la culture intercalaire de la patate douce avec le maïs, le revenu le plus élevé de la patate douce a été obtenu par le TIS8164 (142 720 ₺), suivi du TIS25.32.1.OP.13 (121 920 ₺), puis du TIS87/0087 (115 040 ₺). Dans la culture intercalée avec le ricin, le TIS2532.1.OP.13 a obtenu le revenu le plus élevé (139 520 ₺), suivi du TIS87/0087 (123 200 ₺) puis du TIS8164 (115 520 ₺). Dans l'association de trois cultures, le revenu obtenu pour la patate douce a été le plus élevé pour le TIS2532.1.OP.13 (114 720 ₺), suivi du TIS8164 (83 200 ₺) et enfin du TIS87/0087 (72 320 ₺).

**Tableau 1.** Rendement et revenu moyens pour la patate douce pour les différents cultivars et cultures intercalaires

Cultivar/culture intercalaire	Rendement (t/ha <sup>-1</sup> )	Revenu (₺/ha)*
TIS87/0087	9,19	147 040
TIS2532.1.OP.13	12,95	207 200
TIS8164	9,90	158 400
TIS87/0087 et ricin	7,70	123 200
TIS2532.1.OP.13 et ricin	8,72	139 520
TIS8164 et ricin	7,22	115 520
TIS87/0087 et maïs	7,19	115 040
TIS2532.1.OP.13 et maïs	7,62	121 920
TIS8164 et maïs	8,92	142 720
TIS87/0087, ricin et maïs	4,52	72 320
TIS2532.1.OP.13, ricin et maïs	7,17	114 720
TIS8164, ricin et maïs	5,20	83 200

\*Basé sur le prix de vente de la patate douce, qui est de 16 000 ₺/t<sup>-1</sup>.

Source : essai sur le terrain, 2007.

### **Rendement et revenu moyens pour la patate douce pour les systèmes de monoculture et les systèmes de cultures intercalaires**

Le Tableau 2 montre le rendement et le revenu moyens pour la patate douce dans les systèmes de monoculture et de cultures intercalaires mixtes. L'activité de monoculture de la patate douce a obtenu le rendement le plus élevé de patate douce (10,68 t/ha<sup>-1</sup>), suivie de l'association patate douce-maïs (7,91 t/ha<sup>-1</sup>), patate douce-ricin (7,88 t/ha<sup>-1</sup>) et patate douce-ricin-maïs (5,63 t/ha<sup>-1</sup>).

**Tableau 2.** Rendement et revenu moyens pour la patate douce dans les systèmes de monoculture et de cultures intercalaires

Culture intercalaire	Rendement (t/ha <sup>-1</sup> )	Revenu (₺/ha)*
Patate douce, ricin et maïs	5,63	90 080
Monoculture de la patate douce	10,68	170 880
Patate douce et maïs	7,91	126 560
Patate douce et ricin	7,88	126 000

\*Basé sur le prix de vente de la patate douce qui est de 16 000 ₺/t<sup>-1</sup>.

Source : essai sur le terrain, 2007.

Les revenus moyens de la patate douce pour la monoculture de la patate douce, l'association de la patate douce-maïs, patate douce-ricin et patate douce-maïs-ricin ont été, respectivement, de 170 880 ₺, 126 560 ₺, 126 000 ₺ et de 90 080 ₺ – la monoculture de la patate douce a obtenu les revenus les plus élevés pour la patate douce.

### Rentabilité des systèmes cultureux

Le Tableau 3 montre le revenu moyen, le coût et le RCA pour les différentes activités. Les coûts de production d'un hectare de TIS87/0087-maïs-ricin, de TIS2532.1.OP.13-maïs-ricin et de TIS8164-maïs-ricin ont été, respectivement, de 281 481,39 ₺, 287 512,84 ₺ et de 278 895,21 ₺. Les coûts de TIS87/0087-maïs, TIS2532.1.OP.13-maïs et de TIS8164-maïs ont été respectivement de 191 786,55 ₺, 183 271,07 ₺ et de 179 091,39 ₺. Les coûts des monocultures TIS87/0087, TIS2532.1.OP.13, TIS 8164, de ricin et de maïs ont été, respectivement, de 175 695,99 ₺, 171 433,60 ₺, 172 966,10 ₺, 214 877,10 et de 131 012,40 ₺. L'association ricin-maïs-TIS2532.1.OP.13 a enregistré le coût de production le plus élevé, tandis que la monoculture de maïs enregistrerait le coût le plus faible.

**Tableau 3.** Revenu, coût et RCA moyen pour les différents cultivars et cultures intercalaires

Culture intercalaire	Revenu (₺/ha)	Coûts (₺/ha)	RCA
TIS87/0087	147 331,00	175 695,99	0,84
TIS2532.1.OP.13	207 208,90	171 433,60	1,21
TIS8164	158 320,00	172 966,10	0,92
Ricin	55 127,56	214 877,10	0,26
Maïs	128 000,00	131 012,40	0,98
TIS87/0087 et ricin	156 841,50	281 083,03	0,56
TIS2532.1.OP.13 et ricin	179 841,20	277 660,02	0,65
TIS8164 et ricin	156 160,70	274 494,69	0,57
TIS87/0087 et maïs	245 953,30	191 786,55	1,28
TIS2532.1.OP.13 et maïs	187 010,00	183 271,07	1,02
TIS8164 et maïs	215 620,10	179 091,39	1,20
TIS87/0087, ricin et maïs	217 628,30	281 481,39	0,77
TIS2532.1.OP.13, ricin et maïs	209 421,40	287 512,84	0,73
TIS8164, ricin et maïs	221 197,90	278 895,21	0,79

Source: essai sur le terrain, 2007.

Toutes les associations de cultures de patate douce-maïs ont été rentables (Tableau 3). L'activité la moins rentable a été celle de l'association TIS87/0087-maïs, qui a enregistré un RCA de 1,28. Ceci laisse entendre qu'un bénéfice de 28 ₺ a été réalisé pour chaque 100 ₺ investi. L'association de TIS2532.1.OP.13-maïs a enregistré un RCA de 1,02 tandis que l'association de TIS8164-maïs enregistrerait un RCA de 1,20. La monoculture TIS2532.1.OP.13 a été la seule entreprise de monoculture de patate douce rentable, avec un RCA de 1,21. Aucune des entreprises impliquant le ricin n'a été rentable.

### Analyse économique comparée des systèmes de monoculture et de cultures intercalaires

De manière globale et en moyenne pour toutes les variétés de patate douce, le revenu le plus élevé a été obtenu pour l'association patate douce-maïs, tandis que le revenu le plus faible a été obtenu pour la monoculture du ricin.

Les coûts de production d'un hectare de patate douce-maïs-ricin, patate douce-ricin, patate douce- maïs, monoculture de patate douce, monoculture de ricin et monoculture de maïs ont été, respectivement, de 282 629,18 ₺, 277 745,91 ₺, 184 716,34 ₺, 173 365,23 ₺, 214 877,10 ₺ et de 131 012,40 ₺ (Tableau 4). Le coût de production le plus élevé a été obtenu par l'association patate douce-ricin-maïs.

De manière globale, l'activité patate douce-maïs a été le seul système cultural rentable avec un RCA de 1,17 (Tableau 4).

**Tableau 4.** Revenu, coût et RCA moyens pour les systèmes de monoculture et de cultures intercalaires

Système cultural	Revenu (₺/ha)	Coût (₺/ha)	RCA
Patate douce et ricin	164 281,10	277 745,91	0,59
Patate douce et maïs	216 194,50	184 716,34	1,17
Patate douce, ricin et maïs	216 082,51	282 629,81	0,77
Monoculture de la patate douce	170 953,30	173 365,23	0,99
Monoculture du ricin	55 127,56	214 877,10	0,26
Monoculture du maïs	128 000,00	131 012,40	0,98

Source : essai sur le terrain, 2007.

## Discussion et conclusion

En comparant le rendement et les revenus pour la patate douce, obtenus à partir des différents systèmes de culture, il est évident que la monoculture de la patate douce a obtenu un rendement et un revenu plus élevés que les cultures intercalées – la variété TIS2532.1.OP.13 a produit le rendement et le revenu les plus élevés. Bien que le cultivar TIS87/0087 ait enregistré le rendement et le revenu les plus faibles dans le cadre du système de monoculture, ses valeurs étaient tout de même plus élevées que les rendements et les revenus les plus élevés pour la patate douce, enregistrés dans le cadre des cultures intercalaires. Les rendements et les revenus pour la patate douce enregistrés dans l'activité patate douce–maïs ont été semblables à ceux enregistrés dans l'activité de culture patate douce–ricin. Les rendements et les revenus pour la patate douce dans l'activité patate douce–maïs–ricin ont été les plus faibles des quatre systèmes de culture. Bien que le revenu de la patate douce tiré de l'association TIS2532.1.OP.13–maïs–ricin ait été le plus élevé dans cette activité, il demeurerait inférieur au revenu le plus faible généré par les activités de cultures patate douce–maïs et de patate douce–ricin. Le revenu le plus élevé pour toutes les plantes a été généré par l'association TIS87/0087–maïs, tandis que le revenu le plus faible était généré par la monoculture du ricin. Le revenu tiré de la patate douce a augmenté avec la diminution du nombre de cultures.

L'association TIS2532.1.OP.13–ricin–maïs a enregistré le coût de production le plus élevé, tandis que la monoculture du maïs enregistrerait le coût de production le plus faible. Les coûts de production ont augmenté avec l'accroissement du nombre de cultures.

L'association TIS87/0087–maïs a été l'association de cultures la plus rentable pour la patate douce. Le TIS2532.1.OP.13 a été la seule activité de monoculture rentable de la patate douce. Le meilleur système de cultures intercalaires pour la production de la patate douce a été le TIS87/0087–maïs.

## Références

- Ewell, P.T. et Mutuura, J. 1994. 'Reported sweet potato as being compatibly grown in intercrops with maize, cassava, sorghum and variety of other crops'. In Ofori, F. et Hahn, S.K. (eds) *Tropical Root Crops in a Developing Economy: Proceedings of the 9th symposium of the International Society for Tropical Root Crops, Accra, Ghana, 20–26 October 1991*. International Society of Tropical Root Crops, Wageningen, Pays-Bas.
- Islam, M.J., Haque, M.Z., Majumde, U.K. et Hossain, M.F. 2002. 'Growth and yield potential of nine selected genotypes of sweet potato'. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 5: 537–538.
- Larbi, A.H., Nwokocho, N., Smith, J.W., Anyanwu, N., Gbaraneh, L.D. et Etala I. 1998. 'Sweet potato for food and fodder'. In *NRCRI Annual Report 1997*. International Livestock Research Institute and National Root Crops Research Institute, Umudike, Nigeria.
- Madibela, O.R., Macala, J., Karachi, M. et Madisa, M.E. 1998. 'Dry matter yield and nutritive value of different cultivars of sweet potato for forage in Botswana'. In *Proceedings of the Scientific Workshop of the Southern African Root Crops Research Network (SARRNET), Lusaka, Zambia, 17–19 août*. SADC, IITA et CIP, Ibadan, Nigeria.



*Article liminaire : Comprendre les changements climatiques passés, présents et à venir de l'Afrique de l'Est à l'Afrique de l'Ouest*

A. Gebrekirstos<sup>1,2</sup>, A. Bräuning<sup>3</sup>, M. Van Noordwijk<sup>2</sup> et R. Mitlöhner<sup>1</sup>

*Mots clés : agroforesterie, isotopes du carbone et de l'oxygène, données indirectes liées au climat, dendrochronologie, région du Sahel*

## Résumé

Les anneaux de croissance des arbres et les isotopes stables dans les anneaux de croissance des arbres attestent de la variabilité climatique par le passé. Étant donné la brièveté des relevés instrumentaux sur le climat en Afrique, la dendrochronologie ajoute une perspective essentielle à plus long terme sur le changement et la variabilité climatiques et sur l'adaptation des paysages agro-forestiers et des écosystèmes forestiers. Des analyses des anneaux de croissance des arbres ont été menées dans le cadre de trois travaux de recherche internationaux indépendants, réalisés en collaboration avec différents instituts partenaires en Allemagne et en Afrique. Les isotopes stables de carbone et d'oxygène dans les anneaux de croissance des arbres du *Sclerocarya birrea* de la région du Sahel (Burkina Faso) ont montré des signaux climatiques forts. Des chronologies des anneaux de croissance des arbres portant sur plus de 100 ans sont en cours d'élaboration pour le Burkina Faso et la Tanzanie. Le projet en cours dans la forêt de Munessa, en Éthiopie, pourrait produire des chronologies portant sur plus de 350 ans. Enfin, les séries des anneaux de croissance des arbres, développées dans les trois projets seront combinées pour établir des modèles de corrélation à grande échelle entre la croissance des arbres et les températures à la surface des océans en vue d'examiner les télé-connexions climatiques à l'échelle du continent. Cependant, si on veut obtenir des ensembles de données représentatifs et formuler des recommandations à l'échelle du continent, il est nécessaire d'étendre l'étude à d'autres régions d'Afrique.

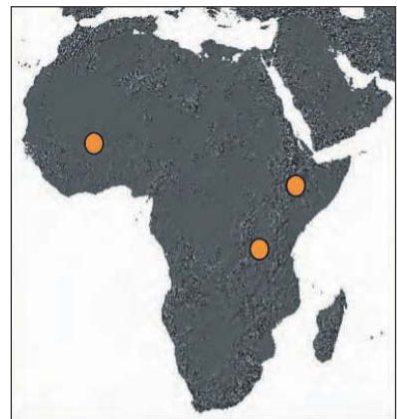
1. Université Georg-August de Göttingen, Institut de la silviculture, Sect. II: Silviculture tropicale, Büsingenweg 1, D-37077 Göttingen, Allemagne.
2. Centre mondial d'agroforesterie, United Nations Avenue, Gigiri, PO Box 30677-00100, Nairobi, Kenya.
3. Institut de géographie, Université Friedrich-Alexander de Erlangen-Nürnberg, Kochstraße 4/4, D-91054 Erlangen, Allemagne.

## Introduction

Le changement climatique affecte tous les secteurs de la société à l'échelle locale, régionale et continentale, mais il n'existe pas suffisamment de données probantes pour orienter les politiques. L'examen des événements climatiques passés est essentiel, si nous voulons comprendre le présent et en tirer des scénarios fiables de changement climatique pour l'avenir. Ainsi, des collaborations interdisciplinaires et internationales sont-elles nécessaires pour repousser les frontières de la recherche et développer des modèles climatiques régionaux et sous-régionaux à une échelle appropriée pour les décideurs (Gebrekirstos, 2009). La configuration de la circulation atmosphérique, ainsi que la tendance des isotopes lourds à se condenser en premier et à s'évaporer en dernier, entraîne des signaux isotopes distincts (concernant la moyenne de 0,2 % de O qui correspond à  $^{18}\text{O}$ ) dans les précipitations qui reflètent le degré de recyclage de la vapeur d'eau par la re-évaporation des précipitations au-dessus des masses terrestres, à partir de leur origine océanique (Bowen, 2010). Le rôle de l'évaporation provenant de la végétation terrestre dans les cycles de précipitation est un grand sujet de débat (Worden, 2007 ; Makarieva *et al.*, 2010) et la composition isotopique des précipitations est la plus grande donnée probante disponible (Treble *et al.*, 2005 ; Noone, 2008). L'analyse des isotopes dans les anneaux de croissance des arbres, pour obtenir une indication historique datée des anciens cycles de précipitation (Leavitt *et al.*, 2010), peut donc contribuer à déterminer un élément anthropogène des changements climatiques passés, grâce à des télé-connexions entre le couvert forestier et les précipitations plus à l'intérieur du continent.

Dans trois projets de recherche interdisciplinaires en cours, l'analyse des anneaux de croissance des arbres (dendrochronologie) est combinée avec une analyse de l'utilisation actuelle des terres et des options d'adaptation. Le Projet portant sur l'adaptation de l'utilisation des terres au changement climatique en Afrique subsaharienne (ALUCCSA) ([www.aluccsa.de](http://www.aluccsa.de)) est coordonné par le Centre d'agriculture et de foresterie tropicale et sub-tropicale (Georg-August Universität, Göttingen, Allemagne), en collaboration avec des instituts nationaux partenaires au Burkina Faso et le Centre mondial de l'agroforesterie. Le projet vise à élaborer des scénarios de changement climatique pour les 100 années à venir, à une échelle régionale/locale pour l'Afrique subsaharienne et à élaborer des scénarios prêts à l'emploi et des recommandations pour l'agroforesterie et les écosystèmes silvopastoraux. Le projet intitulé « Resilient Agro-landscapes to Climate Change in Tanzania » (ReACCT) est coordonné par le Leibniz-Centre of Agricultural Landscape Research, en Allemagne. Le projet ReACCT vise à évaluer les impacts régionaux du changement climatique sur l'agriculture et l'environnement en Tanzanie (Morogoro) et à concevoir des stratégies et des pratiques d'adaptation pour les petites exploitations agricoles et l'utilisation des terres ([www.reacctanzania.com](http://www.reacctanzania.com)). Les deux projets sont financés par le biais d'un plan de financement de l'adaptation de l'agriculture africaine au changement climatique, initié par le BMZ (Ministère de la coopération technique du gouvernement fédéral d'Allemagne) et la GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Allemagne). Un autre projet distinct, financé par la Fondation allemande pour la recherche (DFG) et portant sur la « Réponse climatique de la croissance des arbres en Éthiopie, le long d'un transect altitudinal et les implications pour le climat local et la dynamique de la circulation atmosphérique régionale », est en cours en Éthiopie depuis le début de l'année 2008. Il vise à reconstruire la variabilité climatique connue autrefois le long d'un gradient d'altitude et à examiner les variations à grande échelle de la circulation de la mousson d'été d'Afrique de l'Est – d'Asie du Sud pendant El Niños et La Niñas. Hormis ces objectifs, ces projets ont en commun l'objectif de placer dans une perspective plus large les brefs relevés instrumentaux existant sur le climat en Afrique de l'Est et de l'Ouest (Fig. 1) et de faire de la recherche sur l'impact de la variabilité climatique sur l'adaptation et l'utilisation de l'eau par les importantes espèces d'arbres forestiers et agro-forestiers, en réponse au changement climatique.

**Figure 1.** Localisation des sites de l'étude (Éthiopie, Tanzanie et Burkina Faso)



## Les anneaux de croissance des arbres et les isotopes stables comme données indirectes liées au climat

Les anneaux de croissance des arbres constituent d'excellentes archives qui offrent des informations sur le changement climatique, tel qu'il s'est produit par le passé, et sur l'impact de la variabilité climatique en cours sur les constituants majeurs des écosystèmes forestiers et des paysages agro-forestiers. Les arbres croissent de façon radiale en ajoutant de nouvelles couches de cellules du bois à l'intérieur du cambium. Les anneaux ajoutés chaque année peuvent indiquer les conditions environnementales connues par l'arbre pendant la saison de croissance. En conséquence, ces anneaux sont des indicateurs des facteurs climatiques qui ont joué un rôle déterminant dans la croissance dudit arbre. Dans certains cas, les arbres peuvent vivre des centaines et même des milliers d'année, comme le fameux pin sylvestre des États-Unis.

La dendrochronologie est la discipline qui consiste à dater les anneaux de croissance des arbres pour trouver l'année de leur formation. En appliquant un large spectre de techniques d'analyse modernes, le champ dispose de larges applications dans la recherche environnementale (dendroécologie) – dans la climatologie, l'hydrologie, la glaciologie, la tectonique/le volcanisme, la géomorphologie et les sciences forestières. Pour en savoir plus sur le climat, sur une période encore plus longue, dans certains cas des milliers d'années, il est possible de dater des arbres morts d'âge inconnu et du bois fossile bien préservé. Leurs anneaux peuvent faire l'objet d'une corrélation croisée pour établir des relevés de conditions climatiques passées, sur une période plus longue. On trouve des arbres formant des anneaux de croissance annuels en climat tempéré. L'idée était répandue que les arbres croissant sous les tropiques ne forment pas d'anneaux de croissance annuels. Toutefois, de nombreux auteurs ont réussi à utiliser les anneaux de croissance d'arbres tropicaux pour déterminer l'âge des arbres, comprendre la dynamique de croissance et conduire des études écologiques et climatiques (Worbes, 2002). Bien que le travail de la dendrochronologie en Afrique en soit encore à ses débuts, des résultats probants ont été signalés dans différentes régions tropicales. Le potentiel de l'utilisation des anneaux de croissance comme données indirectes liées au climat dans les zones africaines semi-arides a été signalé (Fichtler *et al.*, 2004 ; Trouet *et al.*, 2006 ; Gebrekirstos *et al.*, 2008, 2010 ; Wils *et al.*, 2010). Dans les milieux tropicaux plus humides, caractérisés par une répartition bisannuelle des précipitations, la formation d'anneaux annuels est encore incertaine. Dans ces cas, des dendromètres à haute résolution ont été efficacement utilisés pour documenter la dynamique de la formation du bois et pour prouver la formation d'anneaux de croissance annuels (Krepkowski *et al.*, 2010).

Depuis le début des années 70, des signatures d'isotopes stables de carbone et d'oxygène au niveau des anneaux de croissance ont été recherchées comme indicateurs de données indirectes potentielles des conditions climatiques passées et des résultats prometteurs ont été signalés (Leavitt et Long, 1991 ; Robertson *et al.*, 1997 ; Saurer *et al.*, 1997). Le bois se forme sur la base de la photosynthèse, qui capte le carbone du CO<sub>2</sub> et les atomes d'oxygène et d'hydrogène de l'eau. Une fois formée, la composition de l'isotope du bois est stable et reflète encore la facilité avec laquelle le CO<sub>2</sub> pourrait être capté de l'atmosphère et le type d'eau disponible dans les feuilles. Gebrekirstos *et al.* (2009, 2010) ont démontré le potentiel de  $\delta^{13}\text{C}$  dans les anneaux de croissance de l'essence d'*Acacia* à refléter les réponses physiologiques aux changements environnementaux et climatiques comme outil de reconstruction paléo-climatique en Éthiopie. De fortes corrélations ( $r > -0,82$ ) ont été constatées entre les chronologies du  $\delta^{13}\text{C}$  et les précipitations, démontrant le potentiel de reconstitution des précipitations sous les tropiques semi-arides. Wils *et al.* (2010) ont appliqué les variations de  $\delta^{13}\text{C}$  dans le *Juniperus procera* pour la reconstitution du débit du Nil bleu.

C'est dans ce contexte que nous étendons l'étude à la forêt humide tropicale en Éthiopie, aux systèmes agro-forestiers des forêts-parcs au Burkina Faso et aux terres boisées du Miombo en Tanzanie. Le but global de l'étude était d'établir des modèles de corrélation à grande échelle entre la croissance des arbres, les précipitations et les températures qui sont affectées par la mousson d'été indienne et la mousson d'Afrique de l'Ouest, respectivement en Afrique de l'Est et en Afrique de l'Ouest. Cette connaissance nous permettra d'explorer les processus climatiques locaux et régionaux.

Dans le présent document, nous présentons les résultats préliminaires qui indiquent le potentiel d'isotopes stables d'oxygène et de carbone dans les anneaux de croissance du *Sclerocarya birrea* dans l'aire s'étendant de la région du Sahel, au Burkina Faso, à la Tanzanie comme données indirectes liées au climat. En outre, nous présentons brièvement une perspective de recherche pour les reconstitutions climatiques à partir des régions d'Afrique tropicale influencées par différents régimes climatiques.

## Méthodologie

### Mesure des anneaux de croissance et isotopes stables

#### Sites d'étude et climat

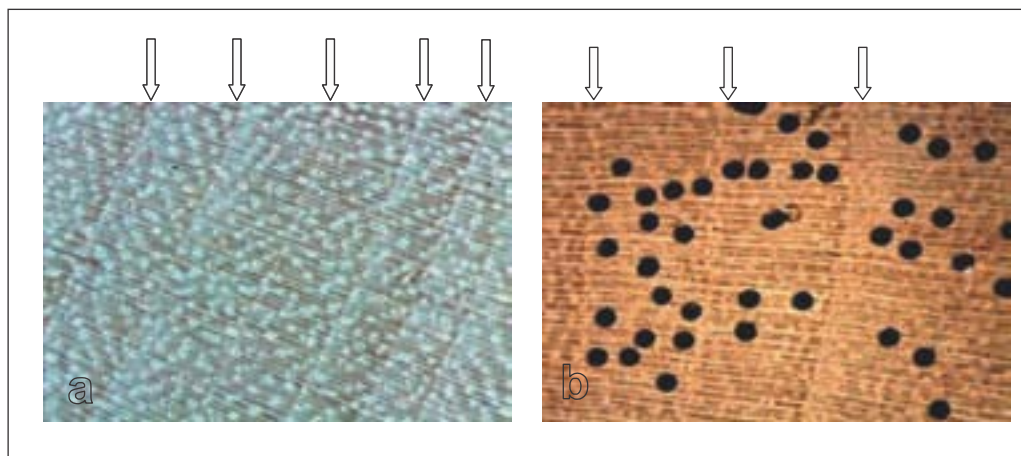
Les sites de l'étude se situaient au Burkina Faso, dans les masses forestières de Miombo en Tanzanie et dans la forêt humide tropicale (forêt de Munesa) en Éthiopie (Fig. 1). Dans le présent article, nous mettons l'accent sur les résultats de la région du Sahel au Burkina Faso. Le Burkina Faso est caractérisé par trois grandes zones climatiques : la zone sahélienne au nord, la zone soudano-guinéenne au sud et, entre les deux, la zone soudano-sahélienne. La zone sahélienne est influencée par le désert du Sahara et la mousson ouest-africaine. La répartition des précipitations de la région est unimodale, allant de 500 à 600 mm au nord à 1000 mm au sud. La saison des pluies commence au mois de mai et se prolonge jusqu'au mois de septembre, le mois le plus humide étant le mois d'août. La température annuelle moyenne est d'environ 37°C, la saison sèche allant du mois de mars au mois de mai (environ 40°C).

#### Essence étudiée et mesures des isotopes stables

Le *Sclerocarya birrea* (Anacardiaceae) est une espèce commune d'arbres décidus de l'Afrique de l'Est et de l'Afrique de l'Ouest pouvant atteindre 20 m de hauteur. Pour les mesures de  $\delta^{13}\text{C}$  et de  $\delta^{18}\text{O}$ , nous avons choisi les sections de tige de deux *S. birrea* recueillies dans la région du Sahel à Tugure (13°22'17.5"N 00°28'16.7"E). Les disques ont été datés en utilisant des procédures dendrochronologiques standard (Geb rekirstos *et al.*, 2008). Les analyses de  $\delta^{13}\text{C}$  et de  $\delta^{18}\text{O}$  ont été réalisées avec une résolution annuelle de 1983 à 2007. Des échantillons de poudre de copaux de bois ont été produits à partir de deux à trois rayons de chaque arbre, en utilisant une largeur de forage de 0,5 mm (Fig. 2b). La poudre a été rassemblée dans des capsules en étain et homogénéisée à l'aide d'une baguette métallique, pour représenter la totalité de l'anneau formé chaque année civile. Après avoir recueilli chaque échantillon, le disque a été nettoyé à l'air comprimé afin d'éviter une contamination croisée. Pour chaque échantillon, 1 mg et 0,2 mg de poudre de bois ont été utilisés, respectivement pour les mesures de  $\delta^{13}\text{C}$  et de  $\delta^{18}\text{O}$ . Cette analyse a été effectuée au Center for Stable Isotope Research et Analysis, Forest Ecosystem Research, de l'Université de Göttingen, en Allemagne.

Une tendance à long terme dans la série  $\delta^{13}\text{C}$ , liée à la diminution des valeurs atmosphériques  $\delta^{13}\text{C}$ , a été déterminée selon la méthode décrite par McCarroll et Loader (2004). Pour déterminer la relation entre les valeurs  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{18}\text{O}$  et les variables climatiques, nous avons utilisé les précipitations (moyennes mensuelle et annuelle), l'indice Palmer de gravité de sécheresse (IPGS), l'humidité relative moyenne, les heures d'ensoleillement, la température maximale et l'évapotranspiration. Les données climatiques ont été obtenues auprès de l'Agence météorologique du Burkina Faso, à l'exception des données de l'IPGS qui ont été tirées des travaux de Dai *et al.* (2004).





**Figure 2.** Coupes transversales du *S. birrea*: (a) les flèches indiquent les limites de croissance annuelle ; (b) méthode de préparation des échantillons

– les points noirs sont des trous forés pour obtenir du matériau de bois pour les analyses d'isotopes stables.

Nous avons utilisé les données de la station météorologique de Dori, qui est la station disponible la plus proche de notre site d'étude. Sauf indication contraire, les résultats sont statistiquement significatifs à  $P < 0,05$ .

## Résultats et discussion

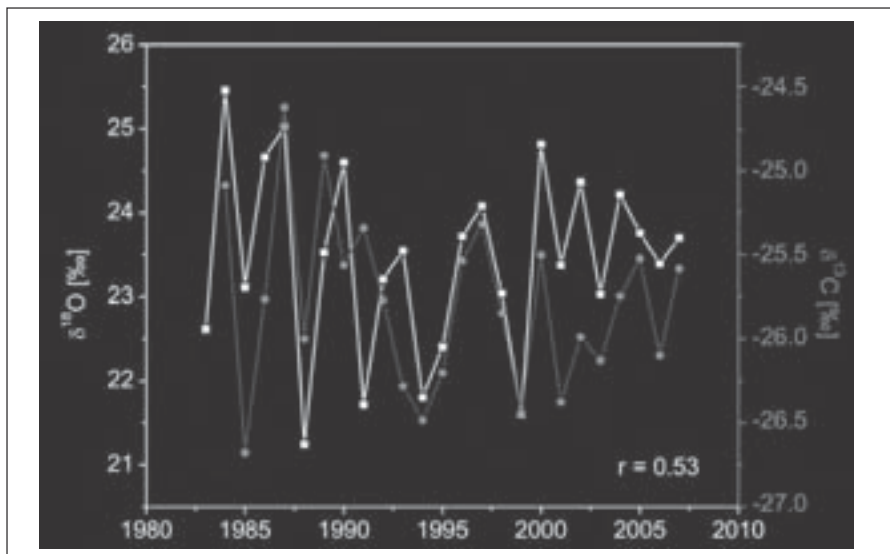
### Formation des limites de croissance

Le *Sclerocarya birrea* forme des limites d'anneaux très nettes caractérisées par des bandes marginales de parenchyme, qui entourent toute la section de tige (Fig. 2a). Ceci correspond à la phénologie du *S. birrea*, qui est une espèce sèche décidue qui perd ses feuilles pendant la saison sèche, qui dure près de 8 mois et qui provoque la formation de limites de croissance annuelles. Comparativement à l'espèce *Acacia* sèche décidue en Éthiopie, la formation des anneaux est très nette chez le *S. birrea*.

### Variations interannuelles de $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{18}\text{O}$

Les premiers résultats ont montré que les configurations interannuelles des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{18}\text{O}$  des anneaux de croissance du *S. birrea* étaient uniformes entre les deux arbres individuels, indiquant que les fluctuations marquées au niveau des ratios des isotopes stables étaient synchrones. Ceci a par la suite été confirmé par les analyses de corrélation croisées de la moyenne de la série  $\delta^{13}\text{C}$  ( $r = 0,42$ ) et de la série  $\delta^{18}\text{O}$  ( $r = 0,62$ ) de l'espèce. Les valeurs  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{18}\text{O}$  se situaient respectivement entre  $-4,6$  et  $-26,7$  ‰ et entre  $21,24$  et  $25,45$  ‰. Toutefois, les corrélations statistiques sont encore à un stade préliminaire et elles pourraient changer à l'avenir avec l'augmentation de la taille de l'échantillon.

Les valeurs moyennes  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{18}\text{O}$  ont montré des configurations variables de co-variation avec des corrélations positives significatives ( $r = 0,53$ ) (Fig. 3). La configuration similaire au sein des ratios de  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{18}\text{O}$  et entre ces ratios indique que des facteurs externes ont affecté de la même manière les fractionnements des isotopes. Une analyse plus poussée des ratios de  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{18}\text{O}$  laisse entrevoir que ceux-ci fournissent des informations sur les conditions de croissance des arbres au début, au milieu et vers la fin des saisons de croissance, dans les années respectives.



**Figure 3.** Configuration et corrélation de  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{18}\text{O}$  pour le *Sclerocarya birrea*

### $\delta^{13}\text{C}$ , $\delta^{18}\text{O}$ et climat

Le *Sclerocarya birrea* a réagi à la petite saison des pluies qui commençait normalement au mois de mai et a montré des corrélations significatives par rapport à la saison des pluies (juillet–septembre). En général, les deux  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{18}\text{O}$  ont montré des corrélations négatives avec la pluie, l'humidité et l'IPGS. En revanche, ils ont montré des corrélations positives avec les heures d'ensoleillement, les températures maximales et l'évaporation (Fig. 4). Par ailleurs, les précipitations au mois d'août (le mois le plus humide) se sont avérées avoir une influence plus forte que les précipitations annuelles sur les variations des isotopes de  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{18}\text{O}$ . Certaines de ces relations peuvent s'expliquer par la covariance des facteurs climatiques : par exemple, de fortes précipitations sont accompagnées d'une humidité relative et d'un IPGS plus importants. En conséquence, la conductance stomatique est renforcée, entraînant l'épuisement du  $\delta^{13}\text{C}$ . Dans les années de sécheresse, le stress hydrique déclenchera la fermeture des stomates et l'enrichissement des isotopes plus lourds (Gebrekirstos *et al.*, 2009 ; Wils *et al.*, 2010). De même, le  $\delta^{18}\text{O}$  dans les années de croissance du *S. birrea* enregistre les années de sécheresse et d'humidité. Par temps plus sec, les isotopes plus lourds de l'eau s'évaporent plus lentement et, donc, les concentrations plus élevées de  $^{18}\text{O}$  indiquent des années de sécheresse. En revanche, l'épuisement de l'isotope plus lourd  $^{18}\text{O}$  est indicateur d'années pluvieuses. Treydte *et al.* (2010) signalent que le  $\delta^{18}\text{O}$  dans les anneaux de croissance enregistre essentiellement les informations relatives aux sources d'approvisionnement en eau. C'est ainsi que la corrélation significative du  $\delta^{18}\text{O}$  avec le volume de précipitation pendant la saison pluvieuse indique également que la principale source d'eau pour la croissance du *S. birrea* est l'eau du sol.

### Perspectives de recherche

Bien que les trois projets mentionnés aient été élaborés avec des objectifs spécifiques et différents instituts partenaires, leurs résultats nous permettront de tirer d'importantes conclusions générales. Premièrement, des informations précieuses peuvent être recueillies par rapport au potentiel d'adaptation d'importantes espèces d'arbres agro-forestiers dans différents régimes climatiques et différentes zones agro-écologiques. On peut évaluer les principales espèces agro-forestières en utilisant la technique des isotopes stables, l'efficacité de l'utilisation de l'eau, la stratégie de croissance et l'adaptabilité à la variabilité climatique et au changement climatique.

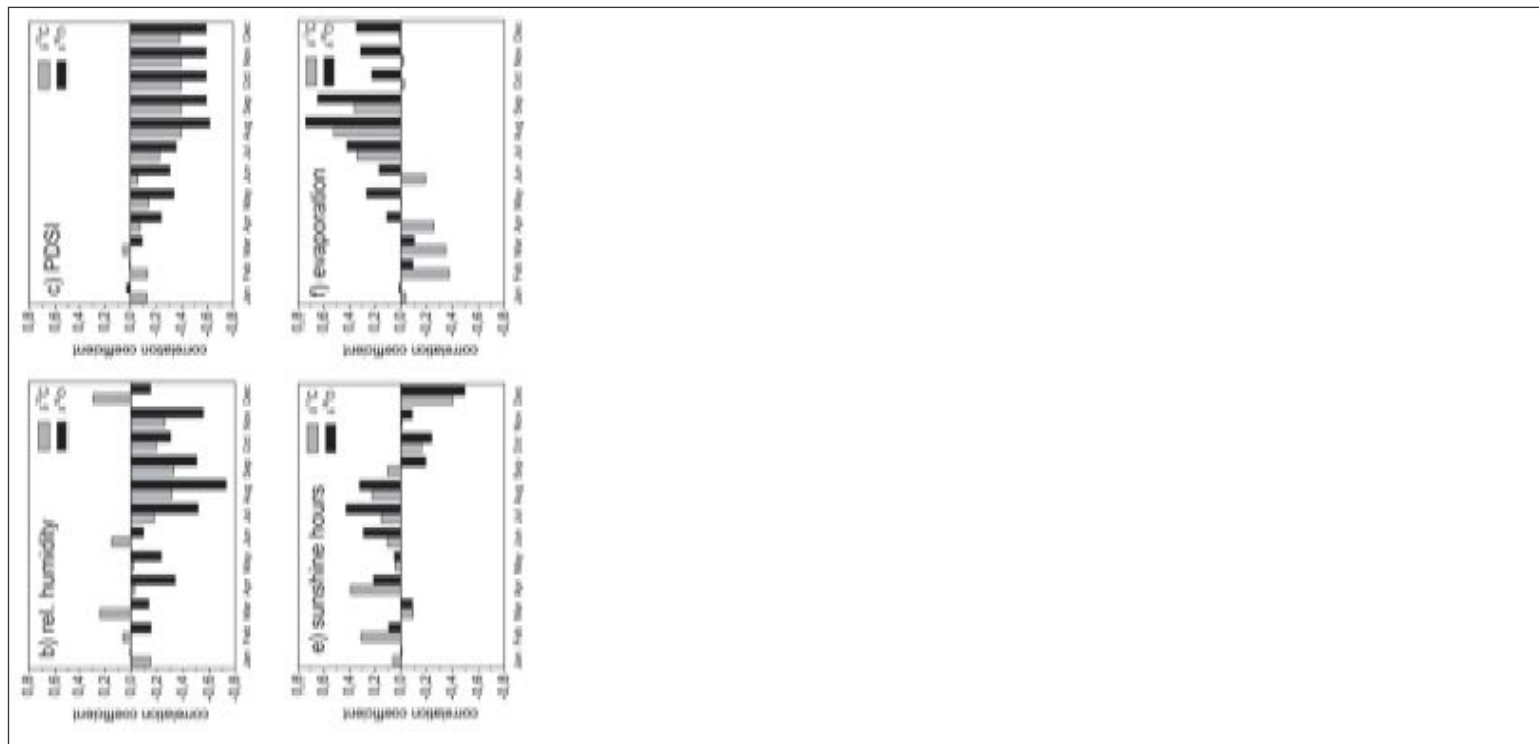


Figure 4. Corrélation entre les  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{18}\text{O}$  du *Sclerocarya birrea* et les paramètres climatiques ( $T_{\text{max}}$  = température maximale)

Un deuxième champ d'application important est la reconstitution de la variabilité climatique à long terme et des tendances climatiques à partir de la largeur des anneaux de croissance et de la série des isotopes stables. Étant donné que les données climatiques instrumentales sont rares ou de brève durée pour les vastes régions d'Afrique, la plage de variabilité naturelle du climat est peu comprise et on ne connaît donc pas la plage de tolérance des espèces d'arbres aux extrêmes climatiques. Des résultats précédents provenant d'Éthiopie montrent des signaux climatiques forts au niveau des anneaux de croissance et de la série d'isotopes de carbone stables (Gebrekirstos, 2009 ; Gebrekirstos *et al.*, 2008, 2009, 2010). Le projet en cours dans la forêt de Munessa, en Éthiopie, peut générer des chronologies de plus de 350 ans, à partir de l'*odocarpus procera*. Les résultats de mesures pilotes de la région du Sahel sont encourageants. Des chronologies d'anneaux de croissance portant sur plus de 100 ans sont en cours d'élaboration pour le Burkina Faso et la Tanzanie. Ces résultats peuvent aider à l'identification et à l'interprétation d'événements environnementaux et climatologiques extrêmes et fournir des informations sur les manières dont les sociétés et les écosystèmes y réagissent pour les périodes où les enregistrements météorologiques ne sont pas disponibles (Gebrekirstos, 2009). Ceci peut également constituer une importante contribution de l'Afrique aux futurs rapports du groupe d'experts sur l'évolution du climat.

Enfin, les séries des anneaux de croissance développées dans les trois projets seront combinées pour établir des traits de corrélation à grande échelle entre la croissance des arbres et les températures à la surface des océans, en vue d'examiner les téléconnexions climatiques à l'échelle du continent et les variations des configurations de circulation atmosphérique. Pour ce faire, il est nécessaire d'étendre ce travail à d'autres essences importantes et à d'autres régions d'Afrique.

En outre, ces chronologies régionales seront combinées aux séries sur les anneaux de croissance entourant les océans tropicaux, établies par des partenaires au projet dans d'autres régions – le Moyen-Orient : l'Iran (Pourtahmasi *et al.*, 2007) et l'Asie du Sud : le Népal (Bräuning, 2004) et le Plateau tibétain (Bräuning et Mantwill, 2004 ; Bräuning, 2006). Des séries supplémentaires sur les anneaux de croissance provenant de l'Amérique du Sud tropical (l'Équateur) ont été établies (Bräuning *et al.*, 2009). Somme toute, ce réseau des anneaux de croissance entoure l'Océan Indien et le Pacifique oriental tropical et peut donc être utilisé pour établir des traits de corrélation à grande échelle, entre la croissance des arbres et les températures à la surface des océans et pour analyser les processus mondiaux autour des tropiques.

## Remerciements

Nous sommes reconnaissants à la Fondation allemande pour la recherche (DFG) pour son soutien au projet Munessa d'Éthiopie et à BMZ/GTZ pour le soutien aux projets ReACCT (Tanzanie) et ALUCCSA (Burkina Faso). Nous remercions également le Dr Jules Bayala et Jonas Koala pour leur soutien lors du travail sur le terrain et Reinhard Köpp pour le polissage des sections de tige.

## Références

- Bowen, G.J. 2010. 'Statistical and geostatistical mapping of precipitation water isotope ratios'. In West, J.B., Bowen, G.J., Dawson, T.E. et Tu, K.P. (eds) *Isoscapes: Understanding Movement, Pattern, and Process on Earth Through Isotope Mapping*. Springer, Dordrecht, Pays-Bas.
- Bräuning, A. 2004. 'Tree-ring studies in the Dolpo-Himalaya (western Nepal)'. In Jansma, E., Bräuning, A., Gärtner, H. et Schleser, G. (eds) *TRACE – Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology*, Vol. 2: Proceedings of the DENDROSYMPOSIUM 2003, 1–3 May 2003, Utrecht, Pays-Bas (Schriften des Forschungszentrums Jülich. Reihe Umwelt/Environment 44). Forschungszentrums Jülich, Jülich, Allemagne.

- Bräuning, A. 2006. 'Tree-ring evidence of "Little Ice Age" glacier advances in southern Tibet'. *The Holocene* 16 (3): 369–380.
- Bräuning, A. et Mantwill, B. 2004. 'Increase of Indian Summer Monsoon rainfall on the Tibetan plateau recorded by tree rings'. *Geophysical Research Letters* 31: L24205, doi:10.1029/2004GL020793.
- Bräuning, A., Volland-Voigt, F., Burchardt, I., Ganzhi, O., Nauss, T. et Peters, T. 2009. 'Climatic control of radial growth of *Cedrela montana* in a humid mountain rain forest in southern Ecuador'. *Erdkunde* 63 (4): 337–345.
- Dai, A.G., Trenberth, K.E. et Qian, T. 2004. 'A global dataset of Palmer Drought Severity Index from 1870–2002: relationship with soil moisture and effects of surface warming'. *Journal of Hydrometeorology* 5: 1117–1130.
- Fichtler, E., Trouet, V., Beeckman, H., Coppin, P. et Worbes, M. 2004. 'Climatic signals in tree rings of *Burkea africana* and *Pterocarpus angolensis* from semiarid forests in Namibia'. *Trees – Structure and Function* 18: 442–451.
- Gebrekirstos, A. 2009. 'Climate change in Africa based on tree rings and stable isotope results, and its potential for climatic tele-connections'. *Innovations agricoles au service du développement durable* 1 (2): 66–72.
- Gebrekirstos, A., Mitlöhner, R., Teketay, D. et Worbes, M. 2008. 'Climate–growth relationships of the dominant tree species from semi-arid savanna woodland in Ethiopia'. *Trees – Structure and Function* 22: 631–641.
- Gebrekirstos, A., Worbes, M., Teketay, D., Fetene, M. et Mitlöhner, R. 2009. 'Stable carbon isotope ratios in tree rings of co-occurring species from semi-arid tropics in Africa: patterns and climatic signals'. *Global and Planetary Change* 66: 253–260.
- Gebrekirstos, A., Van Noordwijk, M., Neufeldt, H. et Mitlöhner, R. 2010. 'Relationships of stable carbon isotopes, plant water potential and growth: an approach to assess water use efficiency et growth strategies of dry land agroforestry species'. *Trees – Structure and Function* doi:10.1007/s00468-010-0467-0.
- Krepkowski, J., Bräuning, A., Gebrekirstos, A. et Strobl, S. 2010. 'Seasonal growth dynamics and climatic control of different tree life forms in Munessa Forest (Ethiopia)'. *Trees – Structure and Function* doi:10.1007/s00468-010-0460-7.
- Leavitt, S.W. et Long, A. 1991. 'Seasonal stable-carbon isotope variability in tree rings: possible paleoenvironmental signals'. *Chemical Geology* 87: 59–70.
- Leavitt, S.W., Treydte, K. et Yu, L. 2010. 'Environment in time et space: opportunities for tree-ring isotope networks'. In West, J.B., Bowen, G.J., Dawson, T.E. et Tu, K.P. (eds) *Isoscapes: Understanding Movement, Pattern, and Process on Earth Through Isotope Mapping*. Springer, Dordrecht, Pays-Bas.
- Makarieva, A.M., Gorshkov, V.G., Sheil, D., Nobre, A.D. et Li, B.-L. 2010. 'Where do winds come from? A new theory on how water vapor condensation influences atmospheric pressure and dynamics'. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* 10: 24,015–24,052. doi:10.5194/acpd-10-24015-2010.
- McCarroll, D. et Loader, N.J. 2004. 'Stable isotopes in tree rings'. *Quaternary Science Reviews* 23: 771–801. Noone, D. 2008. 'The influence of midlatitude and tropical overturning circulation on the isotopic composition of atmospheric water vapor and Antarctic precipitation'. *Journal of Geophysical Research* 113: D04102 ; doi:10.1029/2007JD008892.
- Pourtahmasi, K., Parsapjough, D., Bräuning, A., Esper, J. et Schweingruber, F.H. 2007. 'Climatic analysis of pointer years in tree-ring chronologies from northern Iran and neighbouring high mountain areas'. *Geoökodynamik* 28: 27–42.

- Robertson, I., Switsur, V.R., Carter, A.H.C., Barker, A.C., Waterhouse, J.S., Briffa, K.R. et Jones, P.D. 1997. 'Signal strength and climate relationships in 13C/12C ratios of tree ring cellulose from oak in east England'. *Journal of Geophysical Research* 102 (D16): 19,507–19,516. doi:10.1029/97JD01226.
- Saurer, M., Aellen, K. et Siegwolf, R. 1997. 'Correlating  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{18}\text{O}$  in cellulose of trees'. *Plant, Cell and Environment* 20: 1543–1550.
- Treble, P.C., Budd, W.F., Hope, P.K. et P.K. Rustomji, 2005. 'Synoptic-scale climate patterns associated with rainfall  $\delta^{18}\text{O}$  in southern Australia'. *Journal of Hydrology* 302: 270–282.
- Treydte, K., Boda, S., Battipaglia, G., Fonti, P., Gessler, A., Graf-Pannatier, E., Saurer, M., Siegwolf, R. et Werner, W. 2010. 'The pathway of oxygen isotopes from soil to wood (Lötschental, Swiss Alps)'. In Levanic, T., Grisar, J., Hafner, P., Krajnc, R., Jagodic, S., Gärtner, H., Heinrich, I. et Helle, G. (eds) *TRACE – Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology*, Vol. 8: Proceedings of the DENDROSYMPOSIUM 2009, 16–19 April 2009, Otocec, Slovenia. Scientific Technical Report STR10/05. GFZ, Potsdam, Germany.
- Trouet, V., Coppin, P. et Beeckman, H. 2006. 'Annual growth ring patterns in *Brachystegia spiciformis* reveal influence of precipitation on tree growth'. *Biotropica* 38: 375–382.
- Wils, T.H.G., Robertson, I., Eshetu, Z., Koprowski, M., Sass-Klaassen, U.G.W., Touchan, R. et Loader, N.J. 2010. 'Towards a reconstruction of Blue Nile baseflow from Ethiopian tree rings'. *The Holocene* 20: 837–848.
- Worbes, M. 2002. 'One hundred years of tree ring research in the tropics – a brief history and an outlook to future challenges'. *Dendrochronologia* 20: 217–231.
- Worden, J., Noone, D. et Bowman, K. 2007. 'Importance of rain evaporation and continental convection in the tropical water cycle'. *Nature* 445: 528–532.

# Effet de l'urine humaine sur la production de l'aubergine (*Solanum melongena*) et l'accumulation du sel dans le sol

Delwendé Innocent Kiba<sup>1</sup>, Moussa Bonzi<sup>1</sup>, Francois Lompo<sup>1</sup>, Noufou Ouandaogo<sup>1</sup> et Papaoba Michel Sedego<sup>1</sup>

**Mots clés :** *petits agriculteurs africains, engrais à faible coût, dose optimum, pH du sol*

## Résumé

L'idée d'utiliser l'urine humaine comme source de substance nutritive pour les cultures pourrait être une bonne approche pour fournir de l'engrais à faible coût aux petits agriculteurs africains. Toutefois, l'urine humaine peut réduire la croissance des plantes, en particulier celle des cultures sensibles au sel comme l'aubergine (*Solanum melongena* L.). Une expérience menée dans un pot avec trois doses d'urine humaine comparée à l'urée minérale a montré qu'une dose de 540 ml d'urine humaine par plante (apport d'azote à la demi-dose d'urée minérale [Q], Q/2) a amélioré la croissance et la floraison de l'aubergine autant que l'urée minérale, alors que 1,08 et 1,62 L d'urine par plante (Q et Q+Q/2, respectivement) ont réduit le rendement de l'aubergine. Dans une expérience d'incubation, l'urine humaine appliquée au sol à la même dose N, comme dans l'expérience du pot (0,42 N kg<sup>-1</sup> de sol) a entraîné, en 12 jours d'incubation, une augmentation du pH du sol et une nitrification représentant la moitié de celle de l'urée minérale. La dose diluée (Q/2) d'urine humaine a diminué le pH du sol et accru le taux de nitrification de 12 fois plus que l'urine pure. Nous en concluons donc que 540 ml d'urine par aubergine est la dose optimum pour une bonne production et nous suggérons que la dilution de l'urine humaine soit un moyen convenable pour minimiser l'accumulation potentielle du sel dans le sol et améliorer le processus de nitrification. Les techniques de dilution de l'urine humaine ont été proposées aux agriculteurs.

## Introduction

La contribution de l'agriculture aux économies des pays africains est considérable. En Afrique subsaharienne, où environ 82 % de la population rurale vit dans des pays où l'économie repose en grande partie sur l'agriculture, l'agriculture constitue un bon moyen de réduire la pauvreté et de relever la sécurité alimentaire (Banque mondiale, 2008). Toutefois, le rendement agricole demeure très faible, du fait, en partie, de la faiblesse des apports d'engrais qui demeurent très coûteux pour les petits agriculteurs africains. Stoorvogel et Smaling (1990) ont estimé que par an, l'épuisement des éléments nutritifs du sol en Afrique subsaharienne représente respectivement 20, 10 et 20 kg ha<sup>-1</sup> pour l'azote (N), le phosphore sous forme de phosphate (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) et le potassium sous forme de potasse (K<sub>2</sub>O).

Le concept d'ECOSAN (Assainissement écologique) considère que l'urine humaine et les matières fécales sont des sources de nutriments (Langergraber et Muellegger, 2005) qui semblent être un moyen approprié de fournir de l'engrais à faible coût aux agriculteurs, de contribuer à l'assainissement de l'environnement et d'accroître la production et la durabilité agricole. L'urine humaine prélevée dans les latrines ECOSAN ne contient normalement pas d'agents pathogènes, mais des volumes importants de matières nutritives, principalement de l'azote, et elle peut être utilisée comme engrais (Ersay et al., 2001).

1. Laboratoire Sol-Eau-Plante, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), BP 476 Ouagadougou 01, Burkina Faso.

Jönsson et Vinneras (2004) ont estimé l'azote contenu dans l'urine à 2-4 kg par personne par an, ce qui constitue une quantité considérable d'azote. Les études précédentes montrent que l'urine humaine utilisée comme source d'azote améliore les rendements des cultures, de la même manière que les engrais chimiques. Une étude pilote ECOSAN au Burkina Faso a montré que l'urine humaine contient environ 2,7 g N L<sup>-1</sup> et accroît considérablement la production de maïs et d'aubergine (Bonzi, 2005 ; Kiba, 2005). Au Zimbabwe, Guzha *et al.* (2005) ont également montré que la production de maïs augmente avec un apport d'urine humaine. L'effet positif de l'urine humaine sur les productions de betterave et de carotte a également été noté en Afrique du Sud (Mnkeni *et al.*, 2008).

Toutefois, l'urine humaine contient un volume important de sodium (Na), qui peut considérablement augmenter la salinité du sol, affecter ainsi le processus de nitrification et freiner la croissance végétale. Lors de notre précédente recherche, nous nous sommes aperçu que l'urine humaine fournissant la même dose d'azote sous forme d'urée entraînait un faible taux de survie (86 %) de l'aubergine (Kiba, 2005). Adamson (2000) a également observé un effet dépressif de l'urine humaine non diluée sur la croissance de l'algue *Scenedesmus acuminatus*. Dans une étude réalisée par Mnkeni *et al.* (2008), l'application de l'urine humaine à 1,20 g N par plante a entraîné une forte conductivité électrique dans le sol et une consommation extrêmement forte de sodium par le maïs et la tomate (comparativement au traitement non fertilisé et au traitement d'urée), mais n'a pas baissé les rendements. L'effet dépressif de l'urine humaine sur le rendement végétal est tributaire de la sensibilité de la plante au sel. L'aubergine est l'une des cultures les plus importantes de l'Afrique et elle est cultivée dans de nombreuses zones tropicales. Dans une étude menée sur la tolérance de l'aubergine au sel, Heuer *et al.* (1986) ont montré que les rendements étaient réduits à un taux de 6,9 % par unité (dS m<sup>-1</sup>) sous l'effet de la hausse de la salinité du sol. Ünlükara *et al.* (2010) ont également montré que l'aubergine était modérément sensible à la salinité et que sa consommation d'eau et l'efficacité d'utilisation d'eau baissaient avec l'augmentation de la salinité. Bresler *et al.* (1982) ont classé l'aubergine dans la catégorie des cultures végétales sensibles au sel.

Vu l'importance des engrais ECOSAN pour les petits agriculteurs africains et l'effet dépressif possible de l'urine humaine sur la production végétale, il est important de déterminer une dose optimum d'urine humaine, en particulier pour les cultures sensibles au sel, afin de proposer une utilisation durable de cet engrais à faible coût. Nous avons émis l'hypothèse que l'urine humaine fournie à la dose N recommandée pour l'urée minérale n'est pas la dose optimum pour la production de l'aubergine. La présente étude vise à comprendre les effets de l'urine humaine sur la production de l'aubergine et l'évolution de l'urine humaine N dans le sol.

## Matériels et méthodes

### Sol, aubergine et urine humaine

L'échantillon de sol utilisé dans cette étude a été prélevé dans le champ d'un agriculteur où une expérience préalable ECOSAN avait été menée. Toutes les pierres et racines ont été retirées et le sol a été séché à la température ambiante. L'analyse chimique a montré que le sol était modérément acide (pH de l'eau 5,7) avec une faible teneur en substance nutritive : 0,44 g N, 0,31 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,87 g K<sub>2</sub>O et 62 g C kg<sup>-1</sup>.

L'urine utilisée provient des latrines ECOSAN installées dans un village du plateau central du Burkina Faso (01°25'O, 12°21'N), à environ 30 km de la station de recherche de l'Institut de l'environnement et de recherches agricoles (INERA) à Kamboinsé. L'urine était alcaline (8,9 de pH) et contenait 2,7 g N, 0,85 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 0,38 g K<sub>2</sub>O L<sup>-1</sup>.

L'aubergine hybride F<sub>1</sub>, « Kalenda », cultivée à grande échelle au Burkina Faso, a été utilisée dans cette étude.



## Expérience dans un pot

L'expérience dans un pot a été menée sous serre à la station de recherche INERA Saria (12°16'N, 2°9'E, 300 m d'altitude). Les aubergines ont tout d'abord été cultivées dans une pépinière pendant 33 jours, avant d'être transplantées. Aucun engrais n'a été utilisé sur les jeunes plants. Chaque plant a été transplanté dans un pot en plastique de 5 l contenant 5 kg de sol sec. Les pots ont été disposés en blocs aléatoires. Les traitements suivants ont été appliqués en quatre répliques :

- CA : contrôle absolu (aucun engrais n'a été appliqué)
- FMC : fertilisation minérale complète (2,94 g N + 5,9 g  $P_2O_5$  + 6,7 g  $K_2O$ ).
- UQ : dose d'urine Q (1,08 L urine + 4,98 g  $P_2O_5$  + 6,29 g  $K_2O$ )
- UQ/2 : dose d'urine Q/2 (0,54 L urine + 5,44 g  $P_2O_5$  + 6,49 g  $K_2O$ )
- UQ+Q/2 : dose d'urine Q+Q/2 (1,62 L urine + 4,52 g  $P_2O_5$  + 6,08 g  $K_2O$ )
- FMC-N : fertilisation minérale sans N (5,9 g  $P_2O_5$  + 6,7 g  $K_2O$ ).

Les doses d'engrais appliquées correspondaient à celles recommandées pour la production d'aubergine au Burkina Faso (Bélem, 1998). Des engrais chimiques ont été appliqués comme du superphosphate triple ou du phosphore pour P, du sulfate de potassium pour K et de l'urée pour N.

Le phosphore et le potassium ont été appliqués une fois, deux semaines après la transplantation, alors que l'urée et l'urine ont été fractionnées et appliquées trois fois à 2, 3 et 4 semaines après transplantation (par exemple 1,02, 1,02 et 0,9 g N par plante, respectivement, pour la FMC). Les plantes ont été arrosées deux fois par jour, le matin et l'après-midi, conformément aux pratiques des agriculteurs. La quantité d'eau ajoutée à chaque arrosage était suffisante pour atteindre la capacité de rétention d'eau du sol.

## Incubation expérimentale

L'essai d'incubation a été mené à la station de recherche d'INERA Kamboinsé (12°28'N, 1°32'O, 296 m d'altitude). L'expérience avait pour but d'étudier les effets de l'urine humaine sur la minéralisation de l'azote et de mieux comprendre les résultats de l'expérimentation dans le pot. Du sol sec (1,5 kg) a été introduit dans chacun des quatre grands pots en plastique et les traitements suivants ont été appliqués :

- contrôle : sol + 215 ml d'eau distillée
- urée : sol + 215 ml d'eau distillée contenant 1,86 g d'urée (46 % de N) dissout
- urine Q : sol + 215 ml d'urine pure
- urine Q/2 : sol + 215 ml de 50 % d'urine diluée.

La quantité de 215 ml de solution correspond approximativement au ratio 4:9 de la capacité maximale de rétention de l'eau du sol requise pour l'incubation (Sedogo, 1981). Le volume de N fourni par 215 ml d'urine pure et 1,86 g d'urée (46 %) correspond à celui fourni avec la dose Q dans l'expérience de pot (0,51 g N  $kg^{-1}$  de sol). Les sols traités ont été mélangés dans des bassines, puis 50 g de sol ont été transférés dans un petit pot en plastique et recouverts d'un film plastique. Pour chaque traitement, 28 petits pots en plastique ont été utilisés. Les pots ont été uniformément et légèrement percés pour permettre l'aération. Les premières analyses ont été effectuées le premier jour (J0). Les 96 autres pots ont été conservés à 28°C et tous les 2 jours, le sol de quatre pots à chaque traitement a été prélevé (échantillonnage destructeur) pour la détermination du pH et l'extraction du  $NO_3^-$  et  $NH_4^+$ .

## Mesure des paramètres et analyse du sol

Les effets des traitements sur la croissance et le développement de l'aubergine ont été évalués en mesurant la hauteur et le diamètre des plantes à 15, 30, 45, 60 et 90 jours après transplantation (JAT) et en comptant le nombre de fleurs à 70, 80 et 90 JAT.

En ce qui concerne le test d'incubation, le pH du sol a été déterminé de manière électrométrique (AFNOR, 1999) dans un sol : ratio d'eau de 1:2,5 au dispositif de mesure de pH (WTW InoLab, Weilheim, Allemagne). Un échantillon de 3 g de sol humide incubé a été mélangé à 30 ml 1N KCl, remué pendant une heure et filtré avec du papier filtre Whatman n°40. Les concentrations  $\text{NO}_3^-$  et  $\text{NH}_4^+$  dans les extraits ont été mesurées avec l'analyseur automatique Skalar (analyseur de flux segmenté Skalar SANplus, modèle 4000-02, Breda, Pays-Bas). À chaque extraction, l'humidité du sol a été déterminée et utilisée pour calculer la teneur du sol en azote sur la base des matières sèches.

## Analyse statistique

L'analyse des variances (ANOVA) a été effectuée à l'aide du logiciel SAS 9.2. Le test Newman-Keuls à 95 % de niveau de signification a été utilisé pour comparer les moyennes lorsque l'effet du traitement était significatif.

## Résultats

### Effet de l'urine humaine sur la croissance et le développement de l'aubergine

La figure 1 montre que la croissance de l'aubergine dans les traitements n'était pas significativement différente à 15 et 30 JAT. À 45 JAT, la FMC avait des plants d'aubergines relativement plus grands, comparativement à tous les autres traitements. À 60 JAT, tous les traitements d'urine étaient similaires à la FMC, alors que le traitement sans N et le contrôle absolu ont donné des plants relativement plus courts. À 90 JAT, les traitements UQ/2, UQ et FMC étaient similaires, avec des plants d'aubergines relativement plus grands par rapport au traitement U (Q+Q/2), CA et FMC-N. La hauteur moyenne à 90 JAT peut être classée comme suit :  $\text{UQ/2} > \text{FMC} > \text{UQ} > \text{U (Q+Q/2)} > \text{CA} > \text{FMC-N}$ .

Le diamètre de croissance de l'aubergine n'était pas significativement différent entre les traitements à la première mesure (15 JAT). À 30 JAT, le traitement FMC-N a entraîné un diamètre de tige plus petit par rapport au traitement FMC et UQ, mais il était similaire à UQ/2, U (Q+Q/2) et CA. Tous les traitements étaient similaires à 45 JAT. À 60 et 90 JAT, tous les traitements à l'urine étaient similaires au traitement FMC et ont donné des diamètres d'aubergine plus larges par rapport à tous les autres traitements.

Lors de la première numération de fleurs (70 JAT), le traitement FMC a donné plus de fleurs que les autres traitements. À la seconde numération (80 JAT), le nombre de fleurs avait augmenté avec le traitement UQ, qui était statistiquement similaire à la FMC. À la dernière numération (90 JAT), le nombre de fleurs avait baissé significativement dans UQ, alors qu'il avait augmenté dans UQ/2, ce qui était statistiquement similaire à la FMC.

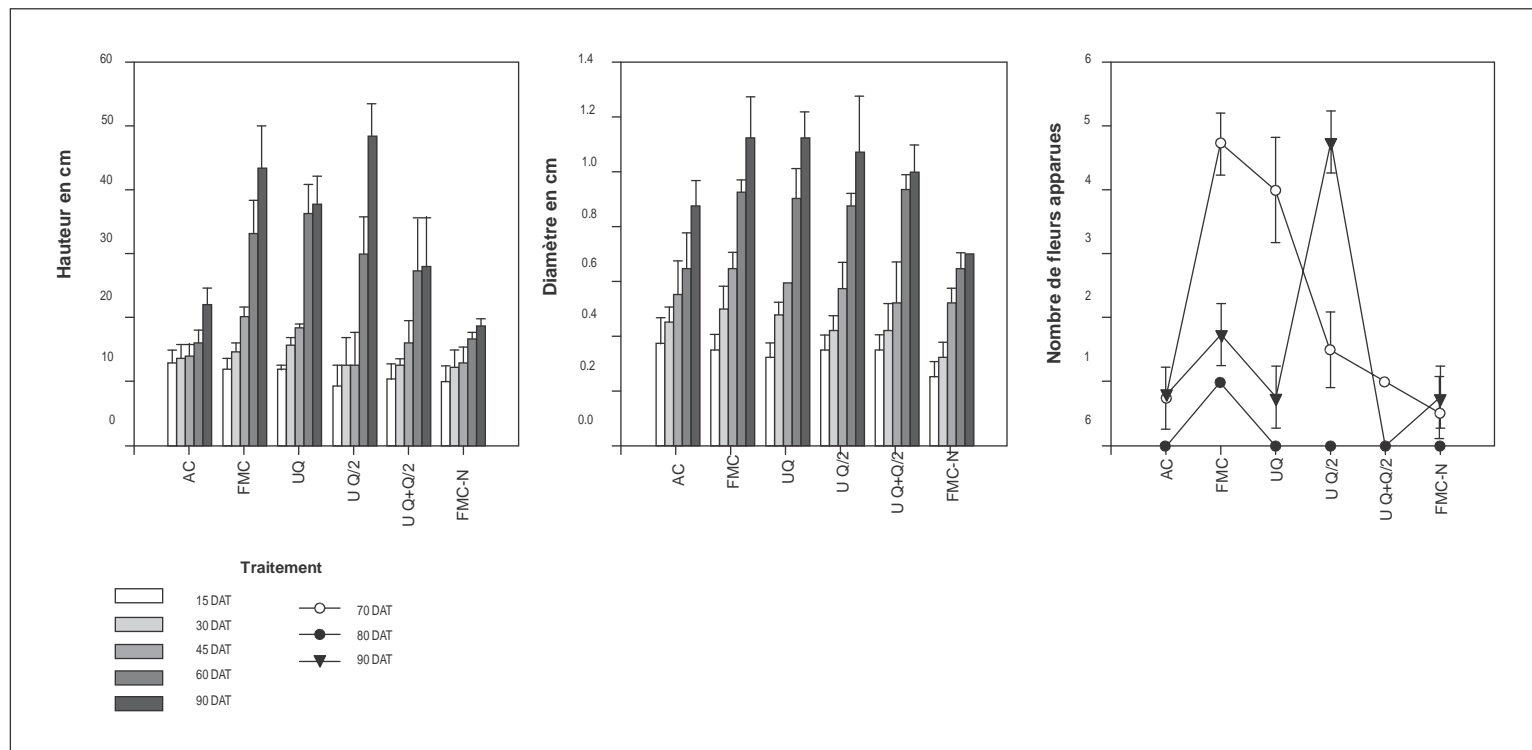


Figure 1. Hauteur et diamètre des aubergines mesurées à 15, 30, 45, 60 et 90 JAT et nombre de fleurs comptées à 70, 80 et 90 JAT

## Évolution de l'urine humaine N dans le sol

La Figure 2 montre que la teneur en  $\text{NH}_4^+$  était sensiblement plus élevée juste après l'addition d'urine diluée (UQ/2) et d'urine pure (UQ) que dans le témoin, alors que celle avec l'urée est demeurée au même niveau que le témoin. Après 2 jours d'incubation, le traitement à l'urée a induit une augmentation de la teneur en  $\text{NH}_4^+$  et a atteint le niveau de l'urine diluée, mais était statistiquement plus faible que celle de l'urine pure. Après 12 jours d'incubation, la teneur en  $\text{NH}_4^+$  dans le traitement de l'urine pure a sensiblement baissé et a atteint le même niveau que le traitement à l'urée ; les deux traitements sont demeurés plus élevés que l'urine diluée et le témoin.

L'urine pure et l'urine diluée ont induit une baisse sensible de la teneur en  $\text{NO}_3^-$  pendant les deux premiers jours d'incubation par rapport au témoin et au traitement à l'urée. Après 2 jours, la teneur en  $\text{NO}_3^-$  s'est accrue avec l'urine diluée et a atteint le niveau le plus élevé à la fin de l'incubation, alors que l'urine pure a induit une plus faible teneur en  $\text{NO}_3^-$  tout au long de la période d'incubation, par rapport à tous les autres traitements. Le contrôle a montré une hausse plus accrue en teneur de  $\text{NO}_3^-$  que dans le traitement à l'urée.

L'évolution du pH était similaire à l'évolution du  $\text{NH}_4^+$  pendant l'incubation (Fig. 2). L'ajout de l'urine a induit une hausse immédiate sensible du pH du sol.

## Discussion

L'urine humaine est une source d'azote qui peut améliorer la croissance et le développement de l'aubergine autant que l'urée minérale. Cependant, les doses Q et Q+Q/2 ont un effet dépressif sur la croissance et la floraison de l'aubergine. Cela confirme certainement le faible taux de survie de l'aubergine, qu'on observe sur le terrain avec la dose Q de notre étude précédente (Kiba, 2005). Nous avons également observé que les aubergines souffraient après l'application de la dose Q et Q+Q/2 durant l'expérience en pot : les plantes perdaient leurs feuilles et étaient rabougries, et cela beaucoup plus avec la dose Q+Q/2. Ces doses ont probablement entraîné une accumulation de sel dans le sol, ce qui inhibe la croissance végétale (Adamson, 2000 ; Simons et Clemens, 2004). Nous avons observé que malgré l'arrosage correct des aubergines, elles semblent subir un stress hydrique avec la dose Q+Q/2, ce qui suggère que de fortes doses d'urine augmentent probablement l'état osmotique du sol qui peut affecter l'utilisation de l'eau. Ünlükara *et al.* (2010) ont montré en effet que la consommation d'eau et l'efficacité d'utilisation de l'eau par l'aubergine diminuent avec l'accroissement de la salinité du sol. L'augmentation du pH du sol juste après l'application de la dose Q dans l'expérience de l'incubation confirme l'effet de l'urine humaine sur la salinité du sol. L'urine humaine appliquée à une dose de  $0,42 \text{ g N kg}^{-1}$  de sol (dose Q) affecte le processus de nitrification. Alenka *et al.* (1998) ont montré que la forte teneur en pH, due à l'accumulation d'ammonium, entraîne une baisse de la communauté de bactéries oxydant l'ammoniaque, ce qui explique peut-être l'effet négatif de l'urine pure sur la nitrification. Feng *et al.* (2006) ont montré que la dilution de l'urine humaine empêche l'inhibition de la nitrification par la forte concentration de  $\text{NH}_4\text{-N}$ , réduit la perte de N et rehausse fortement la qualité de la biomasse d'*Arthrospira platensis*.

Étant donné la quantité de N ajoutée aux traitements UQ et à l'urée ( $0,42 \text{ g N kg}^{-1}$  de sol) et UQ/2 ( $0,21 \text{ g N kg}^{-1}$  de sol) dans l'expérience de l'incubation, il semble que la récupération de N minéral soit plus forte avec l'urine diluée (Q/2) qu'avec l'urine pure et l'urée. La forte teneur en pH du sol induite par l'urine pure et l'urée (après 2 jours d'incubation) a peut-être entraîné des pertes de N. Il y a eu en effet des pertes de N pendant la nitrification par l'évaporation du  $\text{NH}_3$  qui a une corrélation négative avec la concentration de  $\text{NH}_4\text{-N}$  (Feng *et al.*, 2006). La baisse de pH pendant l'incubation est probablement due aux ions  $\text{H}^+$  pendant la nitrification du  $\text{NH}_4^+$ , comme ont démontré Mkeni *et al.* (2008).

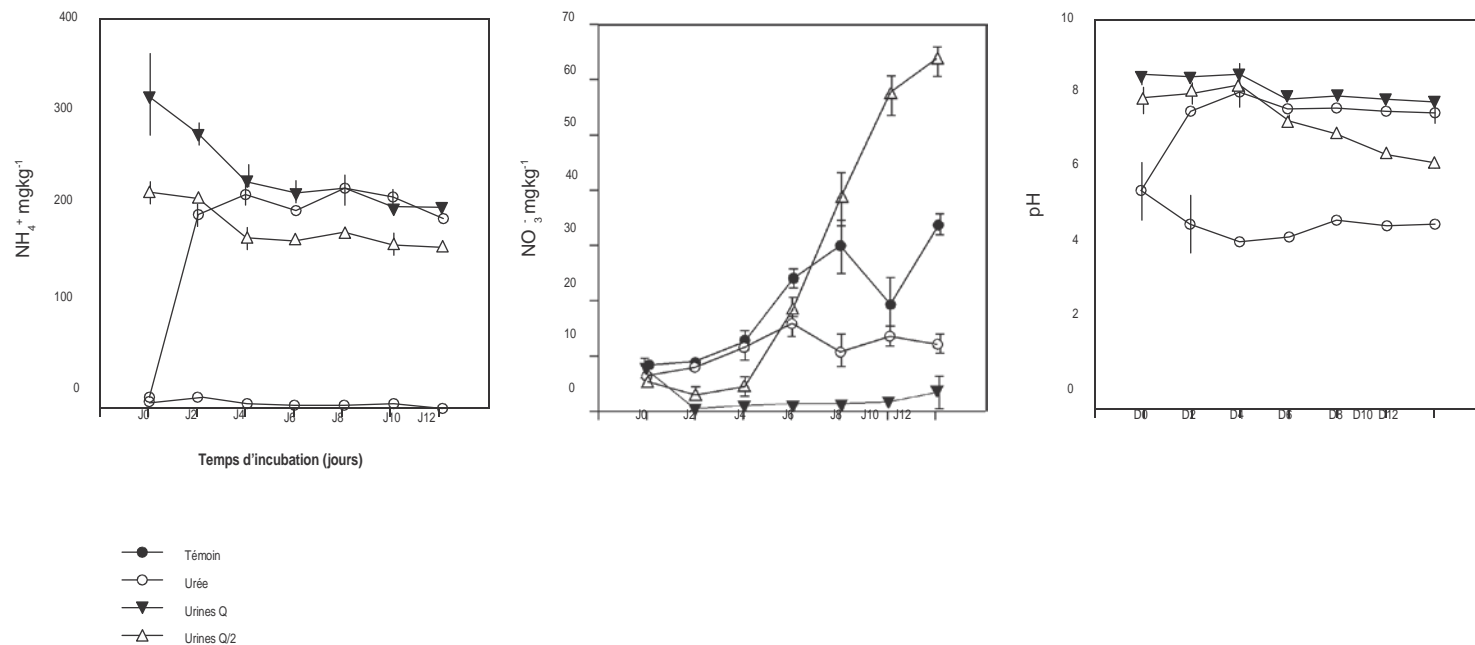


Figure 2. Teneur en ammonium et nitrate et pH du sol mesurés pendant 12 jours d'incubation

## Conclusion

En combinant les résultats des expériences d'incubation et dans des pots, il apparaît que la dose de Q/2 (540 ml d'urine humaine pure par plante) est optimum pour la production de l'aubergine. La dilution de l'urine humaine dans de l'eau est indispensable pour permettre une bonne nitrification et la prévention de pertes de N. Cette dilution a été effectuée lors de la collecte d'urine dans des latrines ECOSAN à l'aide de récipients à moitié pleins d'eau. Elle aurait également pu être faite pendant l'application de l'urine pure en ajoutant immédiatement une quantité d'eau équivalente au volume d'urine pure appliquée au sol. Il serait intéressant de mener une expérience à long terme sur l'effet de l'urine humaine sur le potentiel d'accumulation du sel dans les sols.

## Remerciements

Les auteurs remercient le Centre régional pour l'eau potable et l'assainissement à faible coût (CREPA), Burkina Faso. Nous remercions en particulier Moyenga Momini, Sanon Martin et Coulibaly Dofinita, techniciens de l'INERA pour leur aide pendant les expérimentations.

## Références

- Adamson, M. 2000. 'Potential use of human urine by greenhouse culturing of microalgae (*Scenedesmus acuminatus*), zooplankton (*Daphniamagna*) and tomatoes (*Lycopersicon*)'. *Ecological Engineering* 16: 243-254.
- AFNOR. 1999. « Détermination du pH. NF ISO 103 90 » In *Qualité des Sols*. Association Française de Normalisation, Paris, France.
- Alenka, P., Ivan, M., France, M., Eldor, A.P. et James, M.T. 1998. 'Effects of pH and oxygen and ammonium concentrations on the community structure of nitrifying bacteria from wastewater'. *Applied and Environmental Microbiology* 64 (10): 3584-3590.
- Bélem, J. 1998. *Phytotechnie de quelques cultures maraîchères au Burkina Faso. Programme cultures maraîchères, fruitières et plantes à tubercules*. CMFPT, Ouagadougou, Burkina Faso.
- Bonzi, M. 2005. *Rapport du volet Agronomie ; programme ECOSAN ; deuxième campagne céréalière*. CREPA-national, Ouagadougou, Burkina Faso.
- Bresler, E., McNeal, B.L. et Carter, D.L. 1982. *Saline et Sodic Soils*. Springer-Verlag, Berlin, Allemagne.
- Esray, S., Andersson, I., Hillers, A. et Sawyer, R. 2001. *Closing the Loop: Ecological Sanitation for Food Security*. Publications on Water Resources No. 18. Swedish International Development Cooperation Agency, Stockholm, Suède.
- Feng, D., Wu, Z. et Wang, D. 2006. 'Effect of N source and nitrification pretreatment on growth of *Artrospira platensis* in human urine'. *Journal of Zhejiang University Sciences A* 8 (11): 1846-1852.
- Guzha, E., Nhapi, I. et Rockstrom, J. 2005. 'An assessment of the effect of human faeces and urine on maize production and water productivity'. *Physics and Chemistry of Earth* 30: 840-845.
- Heuer, B., Meiri, A. et Shalevet, J. 1986. 'Salt tolerance of eggplant'. *Plant et Soil* 95: 9-13.
- Jönsson, H. et Vinnerås, B. 2004. 'Adapting the nutrient content of urine and faeces in different countries using FAO and Swedish data'. In Werner, C., Avendaño, V., Damsat, S., Eicher, I., Hernandez, L., Jung, C., Kraus, S., Lacayo, I., Neupane, K., Rabiega, A. et Wafler, M. (eds) *Ecosan -Closing the Loop*. Actes du deuxième symposium international sur l'assainissement écologique, 7-11 avril 2003, Lübeck, Germany. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn, Allemagne.

- Kiba, D.I. 2005. « Valorisation agronomique des excreta humains : utilisation des urines et fèces humains pour la production de l'aubergine (*Solanum melongena*) et du maïs (*Zea mays*) dans la zone centre du Burkina Faso ». Mémoire d'Ingénieur de Développement Rural. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut de Développement Rural.
- Langergraber, G. et Muellegger, E. 2005. 'Ecological sanitation. A way to solve global sanitation problems?'. *Environment International* 31: 433-444.
- Mnkeni, P.N.S., Kutu, F.R. et Muchaonyerwa, P. 2008. 'Evaluation of human urine as source of nutrients for selected vegetables and maize under tunnel house conditions in the Eastern Cape, South Africa'. *Waste Management and Research* 26: 132-139.
- Sedogo, P.M. 1981. « Contribution à l'étude de la valorisation des résidus culturels en sol ferrugineux et sous climat tropical semi-aride. Matière organique du sol, nutrition azotée des cultures ». Thèse docteur ingénieur, Institut Polytechnique de Lorraine, Nancy, France.
- Simons, J. et Clemens, J. 2004. 'The use of separated human urine as mineral fertilizers'. In Werner, C., Avendaño, V., Demsat, S., Eicher, I., Hernandez, L., Jung, C., Kraus, S., Lacayo, I., Neupane, K., Rabiega, A. et Wafler, M. (eds) *Ecosan -Closing the Loop*. Proceedings of the 2nd International Symposium on Ecological Sanitation, 7-11 avril 2003, Lübeck, Allemagne. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn, Allemagne.
- Stoorvogel, J.J. et Smaling, E. 1990. *Assessment of Soil Nutrient Depletion in Sub-Saharan Africa, 1983-2000 (Main Report 28)*, Vol. 1. Winang Staring Centre for Integrated Land, Soil and Water Research (SC-DLO), Wageningen, Pays-Bas.
- Ünlükara, A., Kurunc, A., Kesmez, G.D., Yurtseven, E. et Suarez, D.L. 2010. 'Effects of salinity on eggplant (*Solanum melongena* L.) growth and evapotranspiration'. *Irrigation et Drainage* 59: 203-214.
- Banque mondiale. 2008. *World Development Report 2008. Agriculture for Development*. Banque mondiale, Washington, DC, États-Unis.

## *Territoires, troupeaux et biomasse : défis de gestion pour une utilisation durable des ressources au nord du Cameroun*

Aimé Landry Dongmo<sup>1</sup>

*Mots clés : biomasse, système agricole, système d'élevage, nord du Cameroun, soudano-sahélien, l'Afrique soudano-sahélienne, gestion durable, territoire*

### *Résumé*

Depuis la fin des années 70, la partie australe de l'Afrique soudano-sahélienne a accueilli simultanément une large population d'agriculteurs et de bergers Foulani à la recherche, respectivement, de terres arables et de pâturages. Les agriculteurs ont développé des pratiques agricoles qui conservent la fertilité du sol grâce à de longues périodes de mise en jachère. Quant aux éleveurs, ils ont mis au point des pratiques visant à exploiter aussi bien des fourragères naturelles que des résidus culturels pendant l'année. Dans un tel contexte où la population tend à doubler tous les 20 ans, alors que la production agricole repose toujours sur un système extensif, la forte pression humaine sur les ressources a perturbé l'équilibre des écosystèmes. Les pâturages naturels sont cultivés par les agriculteurs pour élargir leur production agricole, alors que le droit historique des éleveurs aux pâturages naturels et aux résidus culturels est maintenant contesté. La concurrence, les tensions et les conflits sont devenus courants à propos de l'utilisation des résidus culturels comme fourrage, engrais organique ou des systèmes de culture sous couvert végétal. On a mené des analyses participatives des pratiques, des expérimentations et des discussions avec les acteurs sur trois territoires du Nord du Cameroun. Les résultats montrent que l'engrais organique est plus fréquemment utilisé à des dosages plus forts sur les exploitations agricoles des propriétaires de bétail que sur celles des agriculteurs. Par conséquent, les éleveurs obtiennent plus de biomasse sur les superficies beaucoup plus petites qu'ils cultivent. Pendant la saison sèche, leur bétail broute les résidus culturels produits par les agriculteurs. Le reste de l'année, une partie de leur bétail va en transhumance vers des terres plus favorables, alors que l'autre partie reste dans le village pour satisfaire les besoins de la famille. La quantité de biomasse est tributaire à la fois de la fertilisation minérale et des volumes et des moyens de transfert de la biomasse et de la matière organique entre différentes parcelles et exploitations agricoles. Des systèmes visant à promouvoir la gestion de la biomasse et de la matière organique sont proposés à court terme pour améliorer le niveau de fertilité du sol et la production/le partage de résidus culturels à court terme (matière organique produite près des exploitations agricoles, fumier produit dans les écuries, parcage du bétail) et à moyen terme (mise en œuvre de systèmes de culture sous couvert végétal). Les modèles conceptuels pour la gestion durable de la biomasse sont ensuite présentés à différents niveaux : parcelles, exploitations agricoles et villages.

---

1. Institut de recherche agricole pour le développement, B.P. 415, Garoua, Cameroun.



## Introduction

Depuis la fin des années 70, les terres les plus saturées et bien arrosées des zones soudano-sahéliennes ont abrité de nombreuses populations d'agriculteurs et d'éleveurs migrants, en quête de terres favorables à la culture et au pâturage (Duras, 2006 ; Dongmo *et al.*, 2007 ; Adriansen, 2008 ; Dongmo, 2009 ; Basset, 2009). L'extension des terres cultivées a posé des problèmes aux éleveurs, qui n'arrivaient plus à se déplacer facilement pour faire paître leurs bêtes. La disparition des jachères et l'exportation constante de la biomasse (par les récoltes ou la pâture sur les résidus culturaux) ont accéléré l'amenuisement des terres agricoles utilisées par les agriculteurs (Piéri, 1989 ; Ganry et Feller, 1998). Les tensions et les conflits sont endémiques entre les différents acteurs. Pour résoudre le problème, des techniques de restauration et d'entretien de la fertilité du sol, pour accroître le volume du fourrage (culture de fourrage pur ou culture mixte), ont été conçues dans un environnement agricole (Landais et Lhoste, 1990 ; Berger, 1996). Cependant, l'adoption de ces techniques est freinée par les goulots d'étranglement socio-économiques et organisationnels et par le fait de leur utilisation à d'autres fins (Landais et Lhoste, 1990). Les acteurs n'ont pas réussi à intensifier la production pour satisfaire les besoins d'une population qui double tous les 20 ans. Cet échec est plus accentué au nord du Cameroun où la petite taille des exploitations agricoles ne fournit pas assez de revenus pour acheter du bétail (Djamen *et al.*, 2003 ; Vall *et al.*, 2003).

Pour relever ce défi, des études ont été menées en vue de déterminer les conditions de développement dans le sens d'une meilleure intégration de l'agriculture et de l'élevage de bovins. Cette étude visait :

- à déterminer les liens et les interactions (modalités et caractéristiques) entre l'agriculture et l'élevage de bovins sur les terres agricoles qu'ils partageaient et sur lesquelles ils travaillaient pendant l'année ;
- à quantifier les interrelations entre l'agriculture et l'élevage de bovins, notamment la production et la gestion des résidus culturaux et des matières organiques sur les exploitations agricoles ;
- à proposer des modèles novateurs et une approche visant à intégrer l'agriculture et l'élevage de bovins.

## Méthodologie

Depuis les années 80, l'émergence de la corrélation recherche-développement dans les communautés agricoles a contribué à la prise en compte des conditions locales (Lefort, 1988). Pour promouvoir l'innovation, des efforts ont été faits, notamment en matière d'action et de recherche en partenariat (Liu, 1992) ou en matière d'intervention de recherche (David, 2002), qui tiennent dûment compte de tous les acteurs dans la formulation des programmes et dans la recherche de solutions. Cette approche permet aux chercheurs et aux acteurs de s'adapter et d'évoluer à mesure qu'évolue le processus.

Une étude diagnostique agro-pastorale initiale a été menée sur trois exploitations agricoles au nord du Cameroun par une équipe multidisciplinaire (Fig. 1). Cette étude a été complétée par une recherche diagnostique globale entreprise au moyen d'enquêtes sur 45 exploitations agricoles par village. Puis, les systèmes agricoles et d'élevage de bovins d'un tiers des exploitations agricoles ayant fait l'objet d'enquête ont été suivis pendant deux années entières. L'implication et la prise de conscience des acteurs ont été soutenues tout au long du processus, grâce à un essai combinant céréale et fourrage et à la participation des acteurs à la conception d'une plateforme de négociation pour une gestion individuelle et collective de la biomasse, des sols et des troupeaux.

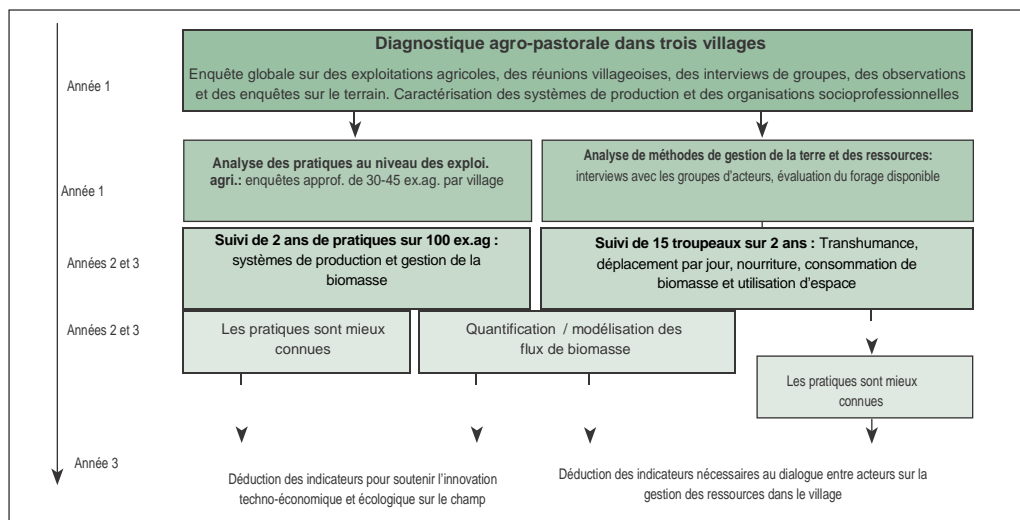


Figure 1. Méthodologie de l'étude diagnostique agro-pastorale

La méthode de collecte et d'analyse de données en différentes étapes de recherche-action est détaillée par Dongmo (2009). La méthode et les résultats des expériences de culture mixte céréale et fourrage et un cadre de dialogue sur la gestion de la biomasse et le bétail sont également décrits ailleurs (Dongmo *et al.*, 2010 ; Nchoutnji *et al.*, sous presse).

## Résultats

### Liens et interactions entre l'agriculture et l'élevage de bovins sur le territoire

#### Trois types d'acteurs sont chargés de la gestion de la biomasse sur les terres

Ce sont les agriculteurs, les bergers-agriculteurs et les éleveurs (Tableau 1). Il y a de nombreux exploitants agricoles qui ont quelques têtes de bétail et les agriculteurs cultivent de petites parcelles. Les exploitations agricoles des bergers-éleveurs peuvent être celles des anciens agriculteurs dont le bétail s'est accru en nombre (>10 têtes) ou celles d'anciens éleveurs qui ont perdu une partie de leur bétail et ont adopté l'agriculture comme activité intensive.

Les bergers-agriculteurs ont beaucoup moins d'exploitations agricoles au nord du Cameroun que ceux de l'ouest du Burkina-faso ou du sud du Mali (Tableau 1) où le brassage et l'intégration des groupes ethniques des bergers et des agriculteurs et les exploitations agricoles à grande échelle ont promu la combinaison de l'agriculture et de l'élevage de bovins.

#### L'élevage stratégique de bétail permet de réduire la pression du fourrage sur les terres d'habitation familiale

Les éleveurs qui avaient plus de 50 têtes de bétail possédaient deux troupeaux. Le premier troupeau (« les bovins élevés », appelés *souredji*) associaient les vaches laitières et les mâles destinés à la vente ou à la traction. Ces animaux vivaient et étaient nourris en permanence sur la terre affectée à la vie sédentaire et répondaient aux besoins domestiques (lait, fumier, énergie) et servaient également à gagner de l'argent liquide. Le second troupeau, supérieur en nombre (élevage extensif ou *horedji*) était en permanence en transhumance pendant toute l'année. Ces troupeaux revenaient auprès des habitations, principalement pour consommer les résidus culturels et fertiliser les terres avec leur bouse.

Tableau 1. Exploitations agricoles au nord du Cameroun en Afrique de l'Ouest en 2006

Région	Agriculteurs			Berger-éleveurs			Éleveurs		
	SM	OB	NC	SM	OB	NC	SM	OB	NC
Type/champs (%)	68	79	85	30	13	2	2	8	13
Population active	7	7	5,5	15	20	4	8	8	4
Superficie de coton (ha)	2	4,5	1,8	5,2	13	1,5	0,8	0,5	0
Superficie de maïs, sorgho + mil (ha)	4,3	3,7	2,2	7,9	10,2	2,1	1,0	2,2	2,1
Superficie autres cultures vivrières (ha)*	1,6	0,3	3	4	0,4	3	0,5	0	0,3
Bétail de trait par propriétaire d'exploitation	2	3	2	7	8	2	4	2	1
Bétail reproducteur par prop. d'exploit. agr.	2	2,6	3	26	33	15	17	49	44

SM, sud du Mali ; OB, Ouest du Burkina Faso ; NC : Nord du Cameroun.

\* Dominance de l'arachide sur le riz et le niébé.

† Moyenne de têtes de bétail sur les champs qui ont au moins une vache reproductrice (25 % des champs en NC, 60 % en SM, 80 % en OB).

Source : Duras, 2006.

### Le calendrier agro-pastoral permet de rationaliser les opérations

L'année était subdivisée en cinq saisons distinctes par éleveur et par agriculteur (Fig.2). Pendant le *dabunde*, le bétail en transhumance revient sur les terres d'habitation. Les résidus agricoles étaient directement broutés sur les parcelles et les animaux déjectaient directement *in situ* une petite quantité de bouse. Cependant, l'essentiel de la bouse était déposée pendant la nuit sur les dépôts situés sur les parcelles à proximité des maisons. Pendant le *ceedu*, les résidus étaient épuisés, mais certains éleveurs ont pu négocier l'accès aux résidus culturaux de la saison sèche. Pendant le *seeto* ou le *gataaje*, certaines bêtes élevées quittaient les terres d'habitation et ne revenaient qu'avec la repousse des herbes. *Ndungu* n'est pas une excellente saison, comme il est communément supposé. Les terres de pâturage émergentes étaient beaucoup moins utilisées, du fait de leur mauvaise qualité et les bas-fonds de pâturage étaient inondés. Les collines, les espaces herbeux entre les parcelles cultivées, les terres en jachère et les parcours pour bétail étaient davantage utilisés par le bétail pendant le *ndugun*. Pendant le *yamde*, le bétail utilisait les terres des bas-fonds et les résidus des terres où les récoltes avaient été initialement faites. Les tensions liées à l'accès aux résidus agricoles étaient très fortes entre agriculteurs et éleveurs.

Figure 2. Calendrier des activités agro-pastorales sur la terre pendant l'année

Période commune de pâturage, forte présence de résidus			Consommation de biomasse résiduelle sur parcelles et bas-fond			Transition		Pâturage sur terres, jachères et autour de parcelles			Pâturage sur parcelles récoltées très tôt	
Dabunde : Saison froide et sèche			Ceedu : Saison chaude et sèche			Seeto		Ndungu : véritable saison des pluies			Yamde : Fin de la pluie	
Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.
Récolte et stockage de résidus		Activité hors champ		Nettoyage de parcelles, engrais organique			Installation de cultures : labourer, sécher, désherber, etc.			Récoltes de résidus		
Dégâts et conflits sur culture résidus			Insuffisance de fumier organique dans le sol, perte de poids du bétail				Erosion manque de jachère, manque d'engrais dans le sol			Dégâts et conflits		

Légende :

Saisons

Activités d'élevage

Activités de culture

Contraintes

Légende :  Saisons Activités d'élevage Activités de culture Contraintes

## Production, gestion et distribution de biomasse selon les besoins

### Le potentiel de résidus agricoles sur les parcelles est connu

Les feuilles de sorgho sont très appétissantes pour le bétail, tout comme la paille (tige+feuille) du maïs (Tableau 2). Cependant, les tiges partiellement consommées sont utilisées pour la construction domestique. Les cosses d'arachide vide, les rachis et les épis de céréales sont généralement jetés, tout comme les tiges de coton et les cannes du sorgho. Ils sont souvent brûlés pendant le défrichage des parcelles, au lieu d'être transformés pour produire du fumier ou aux fins d'un système culture sous couvert végétal.

Tableau 2. Rendements moyens (t/ha<sup>1</sup>) de biomasse au nord du Cameroun (2006/07 et 2007/08)

Partie du plant	Agriculteurs + bergers-agriculteurs + éleveurs					Agriculteurs		Éleveurs	
	Arach.	Mais	Sorgh	Cot	Riz	Mais	Sorgh	Mais	Sorgh
Grains	1,68	2,99	1,41	NC	3,49	2,79	1,07	3,76	2,39
Fanes	2,91	–	–	–	–	–	–	–	–
Cosses	0,72	–	–	–	–	–	–	–	–
Pailles	–	2,93	–	–	3,92	2,66	–	3,83	–
Épis	–	0,63	0,24	–	–	0,58	0,21	0,76	0,41
Tiges	–	–	2,05	1,08	–	–	1,52	–	3,39
Feuilles	–	–	1,02	0,97	–	–	0,89	–	1,89

Arach : arachide ; Sorgh : sorgho ; Cot : coton ; – : ne fait pas partie de la plante ; NP : non prélevé.

### En théorie les exploitations agricoles sont auto-suffisantes en biomasse

Le recyclage des résidus agricoles en fumier organique (FO) est caractérisé par environ 25 % du rétrécissement de la matière sèche initiale (Berger, 1996). Avec l'apport de 2,5 t ha<sup>-1</sup> par an (Berger, 1996), le potentiel théorique de FO (calculé à partir des tableaux 1 et 2) pourrait – dans un système clos (sans parcours) – permettre d'assurer la conservation idoine de la fertilité des sols dans tous les types d'exploitation agricole. Cependant, dans la pratique, seulement 37 % des agriculteurs ont accès au FO et ils l'utilisent sur moins de 5 % de leur superficie de production agricole, à un taux de 1t de matière organique FO par hectare sur cette partie de terre traitée. La priorité est accordée aux superficies les plus exigeantes en termes de fertilité. Les autres agriculteurs (63 % n'ont ni bétail, ni charrue, ni main-d'œuvre et ne peuvent donc ramasser, transporter et recycler la biomasse pendant la saison sèche.

De même, à partir d'une consommation de 7 kg de matière sèche par Unité de bétail tropical (UBT)<sup>2</sup> par jour, le potentiel de fourrage devrait permettre de nourrir tous les bétails pendant au moins 470, 163 et 33 jours, sur les superficies agricoles appartenant respectivement aux agriculteurs, aux bergers-agriculteurs et éleveurs. Dans la pratique, ce résidu est destiné à nourrir le bétail sur une période de 7 mois pendant la saison sèche. Pour fermer le système (élimination du pâturage sur les parcours), il faut accroître le volume de biomasse destiné à être utilisé comme fourrage. Ainsi, des partenariats de culture de biomasse ont-ils été testés avec des producteurs, sans compromettre le rendement des cultures vivrières.

### La répartition actuelle de la biomasse est effectuée au détriment des terres des agriculteurs

Les stocks de résidus agricoles produits par les agriculteurs sont très faibles (Tableau 3). Avant de défricher la terre, les débris de biomasse qui n'ont pas été consommés par le bétail demeurent sur la parcelle. Pendant la saison sèche, les bêtes parcourent une distance de 8,5 km en 8 à 9 heures sur les terres où elles sont établies (Tableau 4).

2. UBT (Unité de bétail tropical) est une norme tropicale de poids de la vache de 250 kg.

Le bétail broute sur les terres des agriculteurs, mais il défèque pendant la nuit sur les parcelles appartenant aux éleveurs à un taux de 1,65 kg UBT<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>. On dénombreait 19 UBT disponibles par hectare de terre cultivée, permettant un approvisionnement moyen de 7 t de fumier à l'hectare sur leur terre pendant 7 mois de saison sèche. Cette quantité peut doubler ou tripler avec l'arrivée du bétail venu de la brousse.

Tableau 3. Production et apport de résidus végétaux sur les terres de production agricole

Résidu	Production (kg ha <sup>-1</sup> )	Proportion stockée sur champ (%)	Reste sur sol après récolte (de résidus culturaux) (kg ha <sup>-1</sup> ) [1]	Reste avant nouvelle saison de culture en mai (kg ha <sup>-1</sup> ) [2]	Volume consommée par bétail en saison sèche (kg ha <sup>-1</sup> ) = [1] – [2]
Cosses d'arachide	2903	2	2845	1043	1734
Tiges + feuilles de coton	2047	0	2047	1314	665
Paille de maïs	2930	2	2872	1335	1469
Tige de niébé	1142	30	799	625	106
Paille de riz	3486	24	2649	586	1995
Tiges de sorgho	2051	11	1825	1939	723
Feuilles de sorgho	1028	12	905		

Tableau 4. Nombres d'activités (% de temps) de mouvement quotidien (*dabunde*)

Zone	Pâturage	Mouvement	Mouvement + pâturage	Abreuvement du bétail	Total
Terres de culture	53	11	12	0	76
Terres de pâturage	1	5	1	0	7
Voies du bétail	0	4	0	0	4
Points d'eau	0	0	0	1	1
Voies	0	1	0	0	1
Vallées intérieures	7	1	2	0	10
Total	62	23	14	1	100

## Proposition d'un modèle d'intégration agriculture-élevage sur les terres

### Innovation au niveau des terres agricoles

Au niveau des agriculteurs, l'apport de 2t FO ha<sup>-1</sup> année<sup>-1</sup> à la terre (recyclage du dépôt de biomasse en dépôt de fumier d'étable) ou la création d'un système de culture sous couvert végétal avec 7 t de paillis ha<sup>-1</sup> est possible. Dans ce cas, si le pâturage correct est maintenu, les tiges et les pailles non cultivées peuvent être importées pour compléter la biomasse résiduelle sur les parcelles. Mais si le droit de brouter les résidus culturaux est modifié en faveur des agriculteurs, on peut les formaliser par contrat par consommation de leurs résidus agricoles en échange du parage du bétail sur leur terre pour restaurer la fertilité du sol. Chez les éleveurs, l'accroissement de la production de la biomasse sur la parcelle, ainsi que sur les terres de parcours collectives est nécessaire.

### Innovation au niveau de la terre par l'élaboration de règles et de pratiques

À la fin des discussions, les engagements pris par les différents acteurs ont porté sur le choix du niveau de restriction partielle de la liberté de pâturage des résidus culturaux des agriculteurs par le bétail des éleveurs, et la biomasse équivalente en unités de fourrage à produire pour combler l'écart.

À la fin du délai convenu, une évaluation du taux d'acceptation de FO ou du système de culture sous couvert végétal et du niveau d'amélioration du rendement de la biomasse permettra d'ajuster les engagements (Fig. 3).

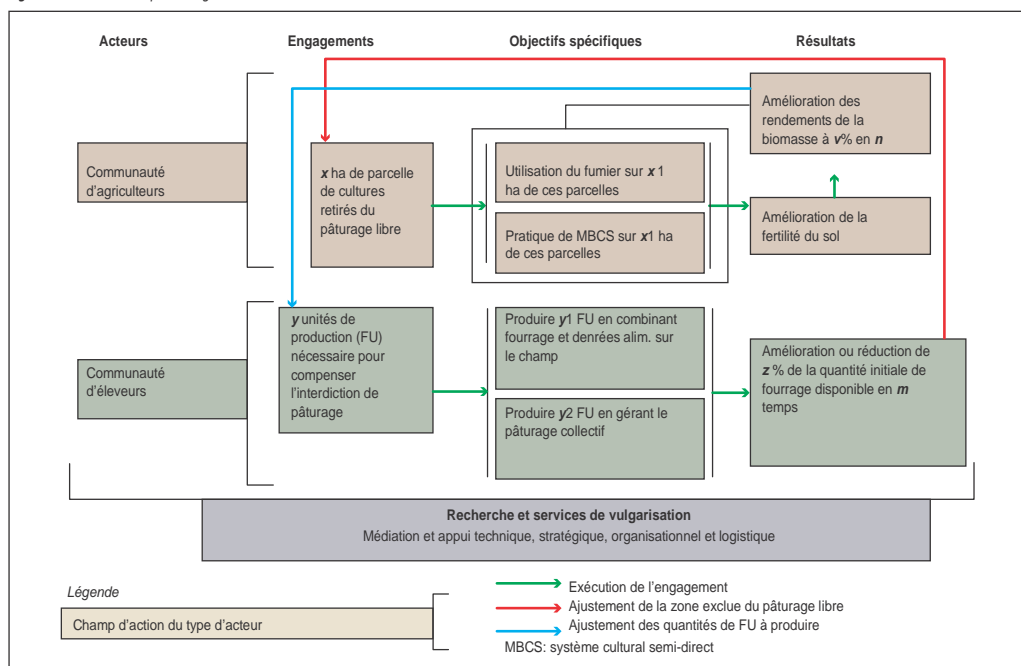
## Conclusion

Les améliorations dans la gestion de la biomasse végétale, la fertilité du sol et la gestion du bétail peuvent promouvoir l'intensification des systèmes de culture et d'élevage. Pour réaliser cet objectif, il faut sensibiliser les agriculteurs sur les techniques novatrices et apporter des changements dans le mode de gestion du bétail et de production/gestion des ressources fourragères. Une assistance est nécessaire pour renforcer les capacités techniques et organisationnelles des acteurs sur les exploitations agricoles et pour intensifier les négociations et les capacités de formalisation de contrats chez les groupes stratégiques ou les utilisateurs des ressources foncières. Les modèles de pratiques actuels et les perspectives de développement d'une intégration agriculture-élevage, conçus en collaboration avec tous les acteurs concernés, doivent être formulés à cet effet. Pour réussir dans ces projets novateurs, il faut que les autorités publiques fournissent l'appui technique et organisationnel, ainsi qu'un appui logistique fort (apports, équipement, etc.), afin de démarrer le processus.

## Remerciements

Nous remercions le Pôle de recherche appliquée au développement des systèmes agricoles d'Afrique centrale (PRASAC) et la Fondation internationale pour la science (IFS) pour le financement.

Figure 3. Modèle conceptuel de gestion concentrée de la biomasse sur les terres.



## Références

- Adriansen, H. K. 2008. 'Understanding pastoral mobility: the case of Senegalese Fulani'. *Geographical Journal* 174 (3): 207-222.
- Bassett, T. 2009. 'Mobile pastoralism on the brink of land privatization in northern Côte d'Ivoire'. *Geoforum* 40 (5): 756-766.
- Berger, M. 1996. *L'amélioration de la fumure organique en Afrique soudano-sahélienne*. Agriculture and Développement, Numéro hors-série. CIRAD, Montpellier, France.
- David, A. 2002. « Conception et recherche en science de gestion ». *Revue Française de Gestion* 139: 173-185. Djamen, P., Djonéwa, A., Havard, M. et Legile, A. 2003. « Former et conseiller les agriculteurs du Nord-Cameroun pour renforcer leurs capacités de prise de décision ». *Cahiers Agricultures* 12: 241-245.
- Duras. 2006. « Situation et dynamique agropastorale de 4 terroirs : Koumbia, Kourouma, Dentiola et Zanférébougou ». CIRDES, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso (quatre rapports).
- Dongmo, A.L. 2009. « Territoires, troupeaux et biomasses : enjeux de gestion pour un usage durable des ressources au Nord-Cameroun ». Thèse de Doctorat, AgroParisTech, Paris, France.
- Dongmo, A.-L., Djamen, P., Vall, E., Koussou, M.-O., Coulibaly, D. et Lossouarn, J. 2007. 'L'espace est fini ! Vive la sédentarisation ?'. *Rencontre Recherché Ruminants* 14: 153-160.
- Dongmo, A.-L., Vall, E., Lossouarn, J., Dugué, P. et Njoya, A. 2010. 'Who owns the plant biomass? Designing a process of co-management of crop residues for cattle and soils in Sudano-Sahelian Africa'. In Darnhofer, I. et Grötzer, M. (eds) *Building Sustainable Rural Futures: The Added Value of Systems Approaches in Times of Change and Uncertainty*. Proceedings of the 9th European IFSA Symposium, 4-7 juillet 2010, Vienna, Autriche. University of Natural Resources et Applied Life Sciences, Vienna, Autriche.
- Ganry, F. et Feller, C. 1998. « Sols tropicaux : quelques expériences de gestion de la matière organique ». *Agriculture et Développement* 18.
- Landais, E. et Lhoste, P. 1990. « L'association agriculture-élevage en Afrique intertropicale : un mythe techniciste confronté aux réalités du terrain ». *Cahiers des Sciences Humaines* 26 (1-2): 217-235.
- Lefort, J. 1988. « Innovation technique et expérimentation en milieu paysans ». *Les Cahiers de la Recherche Développement* 17: 1-10.
- Liu, M. 1992. « Présentation de la recherche-action, définition déroulement et résultats ». *Revue Internationale de Systémique* 6: 435-454.
- Nchoutnji, I., Dongmo, A.L., Mbiandoun, M. et Dugué, P. In press. « Accroître la production de la biomasse dans les terroirs d'agro-éleveurs : cas des systèmes de culture à base de céréales au Nord Cameroun ». *Tropicultura*.
- Piéri, C. 1989. *Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara*. CIRAD-IRAT et Ministère de la coopération française.
- Vall, E., Lhoste, P., Abakar, O. et Dongmo-Ngoutsop, A.L. 2003. « La traction animale dans le contexte en mutation de l'Afrique subsaharienne : enjeux de développement et de recherche ». *Cahiers Agriculture* 12: 219-226.

# Impact de la maladie de la mosaïque sur les variétés de patate douce en milieu rural au sud-Kivu, République démocratique du Congo

J.A.K. Rubabura<sup>1</sup> et M.A. Bisusa<sup>1</sup>

**Mots clés :** République démocratique du Congo, maladie de la mosaïque, virus spumeux de la tache de la patate douce, Sud-Kivu, patate douce

## Résumé

Le virus de la mosaïque, provoqué par le virus d'arrêt de croissance de la patate douce *chlorotique* (SPCSV), est une maladie grave de la patate douce souvent due à la co-infection par le virus spumeux de la tache de la patate douce (SPFMV) et/ou le virus de la panachure légère de la patate douce (SPMMV). Ces virus peuvent être transmis par des vecteurs ou provenir de matériels de plantation non sains. La lutte contre les maladies virales de la patate douce est principalement tributaire de l'utilisation de matériels de plantation sains, certifiés si possible. La présente étude porte sur le projet d'agro-pisciculture du Centre scientifique et médical de l'Université libre de Bruxelles pour ses activités de coopération (CEMUBAC) projet qui vise à déterminer l'impact de la maladie de la mosaïque sur cinq variétés de patate douce en milieu rural sur la côte ouest, du lac Kivu au Sud-Kivu, en République démocratique du Congo. L'analyse de la variance et l'observation directe ont été utilisées. La variété Elengi s'est montrée plus performante avec un haut rendement, de gros tubercules et de bons poids, malgré l'infection par le SPCSV. Ceci explique pourquoi Elengi est la variété la plus cultivée par les populations rurales au Sud-Kivu. Nous avons demandé aux paysans d'inspecter leur champ régulièrement et de retirer toutes les plantes qui semblent malades juste après leur détection.

## Introduction

En Centrafrique et à l'est de la République démocratique du Congo en général et au Sud-Kivu en particulier, la patate douce (*Ipomoea batatas* [L.] Lam.) est le produit alimentaire à plus haute teneur calorifique après le manioc et la banane plantain. Elle est consommée quotidiennement par la majorité de la population locale, en particulier pendant la période de soudure. Les tubercules fournissent une grande quantité d'hydrate de carbone.

Cependant, la production de patate douce est gravement freinée par les nuisibles et les maladies. À titre d'exemple, le virus spumeux de marbrure de patate douce (SPFMV), le virus de la panachure légère de la patate douce (SPMMV) et la maladie alternariose sont les maladies les plus répandues de la patate douce sur presque 68 % des exploitations agricoles au Rwanda (Ndamage et Alvarez, 1987 ; Simbashi et Perreaux, 1987). L'invasion par les nuisibles *Cylas formicarius* et *Acraea acerata* peut entraîner une baisse de rendement de 60 à 90 % (Appert et Deuse, 1988 ; Munyuli, 2000).

1. Département de biologie, Centre de recherche en sciences naturelles (CRSN), Lwiro, Sud-Kivu, République démocratique du Congo.



On trouve le SPFMV dans les zones où pousse la patate douce (Karyeija *et al.*, 1998). Ce virus est transmis par des pucerons à reproduction rapide. Le puceron du coton (*Aphis gossypii*), le puceron de l'arachide (*A.craccivora*) et le *Myzus persicae* sont, selon les expérimentations effectuées, les porteurs du SPMFV, tout comme les mouches *Bemisia tabaci* (mouche blanche) et le *Trialeurodes abutilonea* (Shaefers et Terry, 1976a, 1976b ; Talekar, 1987 ; Raemackers, 2001).

La maladie de la mosaïque constitue un problème de maladie grave en RDC. Provoquée par le *Sweet potato chlorotic stunt virus* (SPCSV), elle est répandue par la mouche blanche (Wisler *et al.*, 1998) ou transmise par du matériel de plantation malade. La maladie de la mosaïque est exacerbée par la co-infection de la patate douce au SPFMV et/ou au SPMMV, qui se traduit par l'augmentation de la gravité des symptômes, l'accumulation de virus, le mouvement viral dans les plantes et la réduction du rendement.

Malgré ces maladies et les problèmes de nuisibles, les rendements culturels obtenus dans les zones rurales au Rwanda sont de l'ordre de 6 à 21 t ha<sup>-1</sup>, selon la fertilité des sols, la variété et la zone écologique (Ndamage et Alvarez, 1987). En outre, dans la province du Sud-Kivu, la coopérative Bugorhe (l'une des 13 coopératives sur le territoire de Kabare) est gravement affectée par la malnutrition : la carence en vitamine A affecte les enfants et les affaiblit considérablement (Bisusa, 2005).

L'option choisie pour lutter contre les différentes maladies qui affectent la patate douce et l'élimination de la malnutrition est la mise au point de clones ou de souches améliorées résistantes et accessibles aux exploitants agricoles (Rakipov, 1995 ; Bisusa, 2006).

Auparavant, il n'a pas été mené d'études comparatives sur l'infection virale des variétés Elenyi, Mugande, Karebe II, Japon et Tainung dans la zone rurale de l'ouest du Lac Kivu. Ce travail avait pour objectif d'évaluer l'impact de la maladie de la mosaïque sur le rendement de ces variétés.

## Matériels et méthodes

### Description du site du test

L'expérience a été menée dans le cadre du projet de pisciculture du Centre scientifique et médical de l'Université libre de Bruxelles, pour ses activités de coopération/Biruga et kalengu (CEMUBA/BIKA) au Centre de recherche en sciences naturelles (CRSN-Lwiro) qui est l'un des villages de la communauté Bugorhe, à Kabaré, province du Sud-Kivu, RDC (2° 14' 01.6"S, 28° 48' 45"E). L'expérience a été menée du 20 novembre 2009 au 6 avril 2010, dans un climat de type AW<sub>3</sub> sous la classification Köppen (Leonard et Pecrot, 1960). CRSN-Lwiro est situé à une altitude de 1647 m, avec un climat tropical équatorial à faible latitude ou climat tropical humide caractérisé par une courte saison sèche d'environ 3 mois. La pluviométrie annuelle varie entre 1200 et 1700 mm et est répartie de manière irrégulière tout au long de l'année (Hecq, 1958). En général, les conditions climatiques pour la culture de la patate douce sont bonnes, la pluviométrie et la température se situent dans les limites culturelles acceptables (Woofle, 1992) et la patate douce s'adapte à différents types d'environnements agro-écologiques (Leonard et Pecrot, 1960).

Le site du test est resté en jachère pendant 6 mois après la culture du soja (*Glycine max* L.). Il a donc été envahi par différentes espèces végétales dominées par l'espèce *Galinsoga*, l'espèce *Comelina*, le *Bidens pilosa* et l'espèce *Imperata*.

## Variétés

Six variétés de patate douce ont été utilisées :

- Japon : maturation précoce (2-3 mois) feuilles pennées, pétales rouges, grosse patate avec une pulpe orange et une tige droite ;
- Tainung : maturation précoce (2-3 mois), feuilles coliformes, tige grimpante, patate épaisse avec une pulpe orange ;
- Cancaolado : maturation précoce (3-4 mois) avec des feuilles semblables à celles de la pomme de terre, tige noirâtre, patate à trois couches (violet, jaunâtre sur fond bleu) (ces patates douces ont été volées lorsqu'elles sont parvenues à maturité !) ;
- Karebe II : maturation précoce (3-4 mois), feuilles lobées, patate blanche à saveur sucrée, tige verte forte ;
- Elengi : maturation précoce (3-4 mois), feuilles lobées, courte ramification, floraison précoce, tige verte forte, tachetée de violet et une tache violette au pétiole au niveau de la partie inférieure, patate à pulpe jaune et à saveur sucrée ;
- Mugande : maturation précoce (3-4 mois), feuilles lobées, tige verte forte, patate à pulpe blanche et à saveur sucrée.

Ces variétés ont été sélectionnées parce qu'elles sont les plus couramment cultivées et que leurs rendements sont élevés dans les zones rurales. En outre, les caractéristiques organoleptiques sont très appréciées par les consommateurs. La pulpe jaune appelée en Burgorhe « *namale* » ou « la patate à la couleur jaune semblable à l'huile de palme » (est plus nutritive que la patate douce à pulpe blanche. Toutefois, les variétés à pulpe blanche sont les plus couramment cultivées). La patate à pulpe orange est la plus nutritive, notamment par sa teneur en vitamine et en sels minéraux. Le Tableau 1 montre la composition minérale et en nutriments de la patate douce, comparativement à d'autres cultures disponibles dans la zone (Rakipov, 1995 ; Bisusa, 2006).

Tableau 1. Composition en minéraux et en nutriments de la patate douce comparativement à d'autres cultures disponibles dans la zone

Culture	Ca (mg)	P (mg)	Fe (mg)	Vit. A (IU)	Thiamine (mg)	Riboflavine (mg)	Nicotinate d'aluminium (mg)	Acide ascor (mg)
Patate douce jaune bouillie	66	58	0,8	1,025	0,09	0,04	0,6	31
Patate douce blanche bouillie	72	51	0,7	10	0,06	0,03	0,5	47
Plantain	23	36	0,9	340	0,06	0,04	0,6	32
Mangue	8	17	0,5	2,580	0,09	0,05	0,7	47
Orange	41	20	0,4	200	0,10	0,04	0,4	50
Papaye	23	10	0,7	425	0,03	0,03	0,4	87
Ananas	19	9	0,2	15	0,08	0,04	0,2	21
Tomate	18	18	0,8	735	0,06	0,04	0,6	29

## Méthode

Le travail a été mené selon la méthode d'observation directe : observation du milieu végétal et prise de notes des différences entre les plantes infectées et les plantes parfaitement saines au même stade de croissance, en les suivant de manière diagonale (Dupriez et Simbizi, 1996). L'observation a porté sur 10 plantes – cinq infectées et cinq saines – une fois par semaine pour chaque variété.

Un dispositif parfaitement aléatoire par bloc a été utilisé. Chaque parcelle était de 2x2 m, avec 1 m entre les parcelles dans les deux directions (par exemple, une parcelle carrée de 5x5). Des observations clés ont été faites sur les paramètres connus qui influencent le rendement du tubercule : nombre de tubercules, poids, diamètre – les tubercules ont été classés, séparés (les tubercules infectés des bons tubercules), pesés et rassemblés selon la variété.

La récolte a eu lieu 4,5 mois après le démarrage. Une analyse de la variance utilisant le critère de classification (ANOVA1) a été menée, y compris la comparaison des moyennes deux par deux avec des valeurs calculées à partir de la différence la moins significative (PPDS) en utilisant la formule suivante :

$$PPDS = t_{1-\alpha/2} \times \frac{2CMR}{n}$$

où  $t$  est la valeur du test-t de Student,  $CMR$  est le carré moyen résiduel et  $n$  est le total.

## Résultats et discussion

Elengi a produit le plus de tubercules, suivi de Mugande, Karebe II et Tainung (Tableau 2). Par contre, Japon a obtenu très peu de tubercules, mais de gros tubercules (poids et diamètre) ; les autres variétés avaient des tubercules tantôt gros, tantôt petits.

**Tableau 2.** Chiffre moyen de tubercules de patate douce récoltés sur cinq plantes prises comme échantillon

	Elengi	Mugande	Karebe II	Japon	Tainung
Sains	35	20	20	18	20
Infectés	23	20	20	18	20

## Poids des tubercules sains

ANOVA a présenté des différences très significatives entre les poids des variétés de patate douce – le poids des tubercules sains dépendait du génotype (variété) (Tableau 3). La différence la moins significative était de 0,105.

La variété Japon avait les tubercules les plus lourds, suivie des variétés Mugande, Elengi, Tainung et Karebe II (Tableau 4). À partir des poids des tubercules, nous avons pu calculer les rendements moyens des tubercules sains : Japon : 300,55 ; Elengi : 254,14 ; Mugande : 202,10 ; Tainung : 183,54 ; Karebe II : 181,52 kg ha<sup>-1</sup>.

**Tableau 3.** Résumé des comparaisons du poids moyen des tubercules sains

	Karebe II	Tainung	Elengi	Mugande
Tainung	NS			
Elengi	S	S		
Mugande	S	S	S	
Japon	S	S	S	S

NS : aucune différence significative ; S : différence significative

**Tableau 4.** Poids (kg par tubercule) des tubercules sains et différences entre variétés

	Karebe II	Tainung	Elengi	Mugande	Japon
Poids du tubercule	1,8	1,82	2,004	2,52	2,98
Tainung	0,02				
Elengi	0,204	0,184			
Mugande	0,72	0,7	0,516		
Japon	1,18	1,16	0,976	0,46	

### Poids des tubercules malades

ANOVA a présenté des différences très significatives entre le poids des tubercules malades des variétés (Tableaux 5 et 6) et la différence la moins significative calculée était de 0,097.

**Tableau 5.** Résumé des comparaisons des poids moyens des tubercules infectés

Variété	Tainung	Elengi	Karebe II	Mugande
Elengi	S			
Karebe II	S	S		
Mugande	S	S	S	
Japon	S	S	S	S

NS : aucune différence significative ; S : différence significative

**Tableau 6.** Poids (kg par tubercule) des tubercules infectés et différences entre les variétés

	Tainung	Elengi	Karebe II	Mugande	Japon
Poids du tubercule	0,832	1,016	1,42	1,52	2,518
Elengi	0,184				
Karebe II	0,588	0,40			
Mugande	0,688	0,5040	0,1		
Japon	1,186	1,002	0,598	0,46	

La variété Japon était la plus infectée, suivie des variétés Mugande, Karebe II, Elengi et Tainung (données non présentées). Les rendements moyens des tubercules malades étaient les suivants : Japon : 203,51 ; Mugande : 153,30 ; Karebe II : 143,19, Elengi : 102,44 et Tainung : 83,89 kg ha<sup>-1</sup> (tirés des données du Tableau 6).

Ainsi, la co-infection par la mosaïque du SPFMV et/ou du SPMNV a eu un impact sur le rendement du tubercule, qui dépend également de l'utilisation des matériels de culture malade (pré-infectés), des conditions éco-climatiques locales plus ou moins favorables à l'apparition des vecteurs et à l'état de santé des cultures de patate douce environnantes.

### Diamètre des tubercules

La variété Japon avait les tubercules les plus gros, suivie des variétés Mugande, Karebe II, Elenga et Tainung (Tableau 7). Les différences variétales entre les diamètres des tubercules sains étaient hautement significatives (Tableau 8). La différence la moins significative calculée était de 0,366.

**Tableau 7.** Diamètres (cm) des tubercules sains et différences entre les variétés

Variété	Tainung	Elengi	Karebe II	Mugande	Japon
Diamètre du tubercule sain	3,5	5,06	6,5	7,04	8,2
Elengi	1,56				
Karebe II	3	1,44			
Mugande	3,54	1,98	0,54		
Japon	4,7	3,14	1,7	1,16	

**Tableau 8.** Résumé des comparaisons des diamètres moyens des tubercules sains

Variété	Tainung	Elengi	Karebe II	Mugande
Elengi	S			
Karebe II	S	S		
Mugande	S	S	S	
Japon	S	S	S	S

S : Différence significative.

ANOVA a relevé des différences très significatives entre les diamètres des tubercules malades. Les diamètres des tubercules malades dépendaient des variétés et la différence la moins significative était de 0,19 (Tableaux 9 et 10).

**Tableau 9.** Diamètres (cm) des tubercules infectés et différences entre variétés

Variété	Elengi	Tainung	Mugande	Karebe II	Japon
Diamètre du tubercule	3,06	3,2	6,08	6,1	7,8
Tainung	0,14				
Mugande	3,32	2,88			
Karebe II	3,04	2,9	0,02		
Japon	4,74	4,6	1	7,2	

**Tableau 10.** Résumé des comparaisons des diamètres moyens des tubercules infectés

Variété	Elengi	Tainung	Mugande	Karebe II
Tainung	NS			
Mugande	S	S		
Karebe II	S	S	S	
Japon	S	S	S	S

NS : aucune différence significative ; S : différence significative

L'infection virale a eu le plus grand impact sur le diamètre de tubercule de la variété Elengi, suivie des variétés Japon, Mugande, Karebell et Tainung.

Dans l'ensemble, cependant, Elengi a obtenu le plus haut rendement, produit de gros tubercules et des poids élevés malgré l'infection virale, comparativement aux autres variétés. C'est donc pour cela que la population rurale au Sud-Kivu, sur la côte ouest du Lac Kivu, cultive plus cette variété. Tainung vient en second après Elengi, mais est moins appréciée parce qu'elle n'a pas une bonne saveur et qu'elle est moins consistante. Par conséquent, le public préfère Mugande (par rapport à Tainung) pour la grosseur de ses tubercules, leur robustesse et la saveur sucrée, malgré sa sensibilité à la mosaïque.

## Conclusion

La variété Elengi a produit davantage de tubercules et donné un bon rendement, comparativement aux autres variétés, malgré l'infection virale. Cela explique pourquoi cette variété est très prisée par les communautés vivant en milieu rural au Sud-Kivu et pourquoi elle est la variété la plus cultivée. Tainung est la seconde variété, mais elle est moins prisée, eu égard à son goût moins attrayant et à sa faible valeur nutritive. Ces déficiences expliquent pourquoi les populations rurales apprécient Mugande qui a de gros tubercules en grande quantité et a une saveur sucrée, malgré sa sensibilité à la maladie mosaïque.

La mosaïque est une maladie destructive qui affecte la patate douce. Elle se présente souvent comme une co-infection au SPFMV et/ou au SPMMV. La lutte contre les infections virales de la patate douce est principalement tributaire de l'utilisation des matériels de culture sains – si possible, certifiés. Le taux d'infection de ce matériel varie selon les conditions éco-climatiques locales qui sont plus ou moins favorables à la prolifération des porteurs et selon l'état de santé des cultures de patate douce environnantes. Pour cette raison, nous demandons que les terres cultivées fassent l'objet d'une inspection régulière et que les plantes qui montrent les symptômes de maladie soient détruites immédiatement après avoir été détectées.

## Remerciements

Nous remercions vivement le Directeur général, Professeur Baluku Bajope, Chef du Département de la coopération et de l'information scientifique, M. Mwanga Milinganyo et nos collègues du Centre de recherche en sciences naturelles (CRSN-Lwiro), en particulier M. Bisusa Muhimuzi, de nous avoir encouragés tout au long du projet « Étude des maladies végétales transmises par les insectes dans les montagnes Kivu ».

Nous souhaiterions également exprimer toute notre sincère gratitude à l'ensemble du personnel technique de terrain du Laboratoire d'entomologie agricole (CRSN-Lwiro), qui n'a ménagé aucun effort et n'a pas hésité à sacrifier une bonne partie de son temps jusqu'à ce qu'il soit satisfait des résultats.

## Références

- Appert, J. et Deuse, J. 1988. *Nuisibles Aux Cultures Vivrières et Maraîchères*. Le Technicien d'Agriculture Tropicale. G.-P. Maisonneuve & Larose et Agence de Coopération Culturelle et Technique, Paris, France.
- Bisusa, M. 2005. « La patate douce à chair orange dans la lutte contre la malnutrition et autres déficiences ». *Recherches Africaines* 16: 83–89.
- Bisusa, M. 2006. « Technologie pour large consommation de la patate douce à chair orange ». *Recherche Africaines* 17: 80–98.
- Dupriez, H. et Simbizi, J. 1996. *Carnets écologiques – Ravageurs aux champs*. Terre et Vie, Nivelles, Belgique.
- Hecq, J. 1958. « Le système de culture des Bashi (Kivu, Territoire de Kabare) et ses possibilités ». *Bulletin Agricole du Congo Belge* 49 (4).
- Karyeija, R.T., Gibson, R.W. et Vallalkonen, J.P.T. 1998. 'The significance of sweet potato feathery mottle virus in subsistence sweet potato production in Africa'. *Plant Disease* 82: 4–15.
- Leonard, A. et Pecrot, A. 1960. *Carte des sols et de la végétation du Congo Belge et du Rwanda – Burundi*. Dorsale du Kivu, Institut national pour l'étude agronomique du Congo, Brussels, Belgium.
- Munyuli, T. 2000. « Évaluation des pertes de rendement de la patate douce causées par la chenille défoliante *Acraea acerata* ». *Recherches Africaines* 5: 26–36.
- Ndamage et Alvarez, N.M. 1987. « Criblage pour la résistance aux principales pestes de la patate douce au Rwanda ». In *Séminaire sur les maladies et les ravageurs des principales cultures vivrières d'Afrique centrale*. IRAZ/CTA/AGCD, Bujumbura, Burundi.
- Raemackers, H.R. 2001. *Agriculture en Afrique Tropicale*. Direction Générale de la Coopération Internationale (DGCI), Bruxelles, Belgique.
- Rakipov, N.G. 1995. *Biochimie des cultures tropicales*. Edition Mir, Moscou, Russie.

- Shaefer, G.A. et Terry, E.R. 1976a. 'Insect transmission of sweet potato disease agents in Nigeria'. *Phytopathology* 66: 642–645.
- Shaefer, G.A. et Terry, E.R. 1976b. *Les principales cultures d'Afrique centrale*. AGCD, Bruxelles, Belgique. Simbashi, Z. et Perreaux, D. 1987. « L'antracnose de la patate douce au Burundi : description de l'agent causal et mise au point d'une méthode de Criblage ». In *Séminaire sur les maladies et ravageurs des principales cultures vivrières d'Afrique Centrale*, Bujumbura, du 16–20 février 1987. IRAZ/CTA/AGCD, Bujumbura, Burundi.
- Talekar, N.S. 1987. 'Influence of cultural pest management techniques on the infestation of sweet potato weevil'. *Insect Science et its Application* 8: 809–814.
- Wisler, G.C., Duffus, J.E., Liu, H.-Y. et Li, R.H. 1998. 'Ecology and epidemiology of whitefly-transmitted closteroviruses'. *Plant Disease* 82: 270–280.
- Woolfe, J.A. 1992. *Sweet Potato: An Untapped Food Resource*. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni.

# Implication des agriculteurs dans le développement de technologies pour promouvoir la productivité de la patate douce au Kenya

J.K. Mwololo<sup>1,2</sup>, P.W. Muturi<sup>1,2</sup>, M.W.K. Mburu<sup>2</sup>, R.W. Njeru<sup>2</sup>, N. Kiarie<sup>2</sup>, J.K. Munyua<sup>2</sup>, E.M. Ateka<sup>3</sup>,  
R.W. Muinga<sup>4</sup>, R.E. Kapinga<sup>5</sup> et B. Lemaga<sup>6</sup>

*Mots clés : stress biotique, diffusion, discussion thématique de groupe, sécurité alimentaire, participatif, maladie virale de la patate douce, technologies*

## Résumé

La patate douce est une culture de sécurité alimentaire pour les petits exploitants agricoles de l'Afrique orientale. Les contraintes liées aux parasites et aux maladies sont les stress biotiques les plus importants, les maladies virales étant les plus dévastatrices. Suite à des discussions thématiques de groupe, il a été établi que le manque de plants de patates douces saines constitue une contrainte majeure de la production. Par voie de conséquence, la plupart des exploitants agricoles créent de nouvelles plantations avec de nouveaux plants infectés ou de vieilles cultures de patate. La présente étude avait pour objectif d'identifier des technologies pratiques pour les exploitants agricoles, pour la conservation et le maintien de pépinières de plants sains ; de diffuser les meilleures technologies auprès des exploitants agricoles et les variétés supportant les maladies virales de la patate douce (SPVD). Elle visait également à présenter aux agriculteurs une production de patates douces saines et des pratiques à valeur ajoutée, pour l'accroissement de la génération de revenus. Les expériences ont permis d'évaluer la pulvérisation au diméthoate, l'installation de barrières physiques contre les vecteurs viraux (filet anti-insecte et polyéthylène), l'utilisation de plants de maïs comme barrières physiques entourant les parcelles et l'épuration. Les paramètres qui ont fait l'objet de suivi et de contrôle étaient l'incidence du SPVD, les populations de mouches blanches et de pucerons. Une grande quantité de mouches blanches a été enregistrée lors de l'expérience et aucune sur les parcelles protégées par les barrières de filet ou de polyéthylène. La lutte contre la maladie par épuration était efficace et l'utilisation de filets et de polyéthylène peut être intéressante pour la multiplication rapide et l'entretien des matériels de plantation de la patate douce. À travers une approche participative, les technologies d'épuration, d'utilisation de filets et de polyéthylène ont été démontrées aux agriculteurs, dans la zone côtière du Kenya, parallèlement aux essais sur les exploitations agricoles pour évaluer 17 génotypes de patate douce en vue du contrôle de leur résistance et/ou tolérance au SPVD. À la fin du projet, plus de 100 exploitants agricoles ont adopté l'épuration sur leurs exploitations. Des variétés tolérantes à la maladie ont également été diffusées chez les planteurs, au terme de la période d'évaluation. Les essais d'évaluation sur les plantations ont servi de points de départ pour former les exploitants agricoles. Certains agriculteurs issus des deux groupes principaux ont eu l'opportunité de participer à une visite d'échange entre agriculteurs en Ouganda, grâce au Forum régional des universités pour le renforcement des capacités en agriculture. L'implication des agriculteurs à la recherche, couplée au renforcement des capacités, peut permettre de renforcer l'adoption des nouvelles technologies, renforçant ainsi la promotion de la durabilité.

1. Faculté d'agriculture, Université de Makerere, B.P. 7062, Kampala, Ouganda.
2. Institut de sciences agricoles et vétérinaires, Université de Nairobi, B.P. 29053, Nairobi, Kenya.
3. Département d'horticulture, Université Jomo Kenyatta, B.P. 62000, Nairobi, Kenya.
4. Institut de recherche agricole du Kenya, B.P. 16, Mtwapa, Kenya.
5. Centre international de la pomme de terre, B.P. 22274, Kampala, Ouganda.
6. Réseau régional pour l'amélioration de la patate douce en Afrique orientale et centrale (PRAPACE), B.P. 22274, Kampala, Ouganda.



## Introduction

La patate douce est une denrée importante pour l'alimentation, le fourrage et le commerce, en particulier pour les petits exploitants agricoles de l'Afrique de l'Est. Cependant, sa productivité est fortement freinée par les maladies virales de la patate douce (Mukasa et al ; 2003, Njeru et al., 2004). Les principales régions productrices de patate douce au Kenya sont les zones ouest, est, centre et les zones côtières (MoA, 2005). La maladie virale la plus dévastatrice qui affecte la patate douce qu'on trouve en Afrique et ailleurs est la maladie du virus de la patate douce (SPVD) (Gedes, 1990). La maladie est complexe et provoquée par une double infection et une interaction synergique du *Sweet potato feathery mottle virus* (SPFMV) transmise par les pucerons et le *Sweetpotato chlorotic stunt virus* (SPCSV), dont la mouche blanche est le vecteur (Gibson et al., 1998). Les maladies virales peuvent à elles seules provoquer une baisse de rendement allant de 56 à 98 % (Mukasa et al., 2003). La maladie est perpétuée par la plantation de plants de patates douces malades et cela a entraîné sa persistance dans les exploitations agricoles des agriculteurs (Ateka, 2004).

Suite à une enquête menée au Kenya, il a été observé que les exploitants agricoles retirent rarement les matériels infectés des cultures mûres, détruisent les fanes infectés des cultures récoltées ou isolent à dessein de nouveaux plants des cultures infectées – en raison du manque d'information sur la cause de l'expansion des virus. Cependant, les mesures phytosanitaires améliorées offrent potentiellement des avantages considérables pour la lutte contre le SPVD (Ateka, 2004). Des variétés tolérantes au SPVD ont été identifiées (Byamukama et al., 2002) et constituent un moyen durable et peu onéreux d'accroître la productivité. La sensibilisation et la connaissance des agriculteurs sur la manière de gérer la maladie, d'identifier les variétés tolérantes présentant des caractéristiques appréciées par les agriculteurs et les marchés, et les méthodes d'entretien des matériels de culture sains dans les champs des agriculteurs sont des moyens vitaux permettant de maintenir une forte productivité. Par conséquent, cette étude vise à identifier un ensemble agro-technologique pratique pour les agriculteurs, en vue de : la conservation et du maintien de plants de patates douces sains avant la plantation, de l'évaluation et de la diffusion des variétés tolérantes à la maladie auprès des exploitants agricoles.

## Matériels et méthodes

### Évaluation rurale participative

Des discussions thématiques de groupe ont été menées à Lukore dans le district de Kwale en 2006. Des agriculteurs (venus de Lukore et de Mwaluvanga), des chercheurs issus de l'Université de Nairobi et de l'Institut kényan de recherche agricole (KARI) de Mtwapa et le personnel de vulgarisation du Ministère de l'agriculture (Mda) ont mené cette activité de façon conjointe. L'approche a créé un forum interactif pour les agriculteurs, le personnel de vulgarisation et les chercheurs, pour leur permettre de partager leurs points de vue et de planifier conjointement des méthodes de résolution des problèmes identifiés. Des informations ont été collectées sur les ressources disponibles, les régimes de production culturale, le rôle de la patate douce dans les systèmes agricoles et dans la commercialisation. Il y a eu une discussion générale de groupe et, par la suite, des discussions axées sur le genre ont été menées (hommes et femmes séparément). Un questionnaire structuré a été utilisé comme guide pour la discussion. Cinquante exploitants agricoles (30 femmes et 20 hommes) ont participé à la session et des tableaux à feuilles ont été utilisés pour noter les problèmes pertinents.

### Évaluation des technologies pour la multiplication des matériels de culture sains

En 2006, les plants de patates douces sains d'une variété modérément vulnérable (SPK004) ont été obtenus auprès du Centre international de la pomme de terre (CIP). Des planches de cultures mesurant 2 à 3 m ont été aménagées. Le protocole expérimental était un bloc aléatoire complet (RBCD) et les traitements étaient répliqués trois fois. Des boutures de patate douce ayant trois à quatre nœuds ont été plantées sur les planches de culture à 20x10 cm d'intervalle avec deux tiers de la bouture enfouie dans le sol. Les traitements étaient : la pulvérisation de diméthoate une fois toutes les 2 semaines après la plantation ; les barrières physiques contre les vecteurs viraux (les filets anti-insectes et du polyéthylène) ; des plants de maïs utilisés comme barrières physiques autour des parcelles et le contrôle. Le polyéthylène et les barrières de filets étaient soutenus par des cadres en bois qui s'élevaient à environ 1 m au-dessus du sol.

Pendant l'irrigation, des couvertures en filet et en polyéthylène ont été retirées puis remplacées immédiatement après l'arrosage. La culture était irriguée toutes les semaines et les adventices étaient désherbées lorsqu'ils poussaient. L'engrais de nitrate d'ammonium et de calcium ( $30 \text{ kg ha}^{-1}$ ) a été appliqué à 3 et 8 semaines après la plantation. La marge brute par unité de zone de pulvérisation, d'application du filet, de polyéthylène, des barrières de maïs et d'épuration a été analysée à l'exclusion des coûts de la main-d'œuvre.

L'échantillonnage a été effectué tous les quinze jours, à compter du premier mois après la plantation, pour suivre l'incidence, la gravité de la maladie et les populations de mouches blanches et de pucerons. Pour obtenir l'incidence de la maladie, le nombre de plants par parcelle montrant des symptômes de SPVD (rabougrissement, déformation des feuilles avec des marbrures chlorotiques ou de la décoloration des nervures) ont été déterminés et exprimés en pourcentage du nombre total de plantes évaluées. La gravité a été classée sur une échelle de 1 à 5, avec 1 = absence de symptôme de maladie, 2 = symptôme faible de maladie, 3 = symptôme modéré de maladie, 4 = symptôme sévère de maladie, 5 = symptôme très sévère de maladie (Hahn *et al.*, 1981).

L'évaluation des populations de vecteurs (mouches blanches et pucerons) a été effectuée tôt le matin, lorsque les insectes étaient moins actifs. Le nombre de mouches blanches adultes sous les feuilles a été compté pour obtenir la population de mouches blanches alors que le nombre de pucerons sur les mêmes plantes a donné l'ensemble de la population de pucerons. Les données ont été soumises à l'analyse de variance (ANOVA) à l'aide du logiciel Genstat et la différence la moins significative (LSD) a été utilisée pour séparer les moyennes.

### Évaluation de variétés de patate douce pour déterminer leur tolérance/résistance à la maladie virale

Dix sept génotypes de patate douce ont été testés sur trois sites, pendant deux saisons des pluies – une saison courte (mai à octobre 2006) et une saison longue (octobre 2006 à février 2007). Les 17 génotypes étaient, soit des variétés améliorées, soit des variétés locales primitives. Les trois sites étaient l'exploitation agricole de KARI-Mtwapa dans le district de Kilifi, située à une altitude de 30 m au-dessus du niveau de la mer, celles de Lukore et de Mwaluvanga dans les collines de Shimba dans le district de Kwale, situées toutes deux à une altitude de 46 m au-dessus du niveau de la mer. Les sols étaient respectivement sablonneux ou en limon sablonneux à Kilifi et à Kwale (Michieka *et al.*, 1978). La moyenne pluviométrique annuelle était de 1200 mm à Mtwapa et 1400 mm à Kwale, avec une température moyenne maximale mensuelle de  $33^{\circ}\text{C}$  à Mtwapa et de  $27^{\circ}\text{C}$  à Kwale et des minima respectifs de 22 et  $16^{\circ}\text{C}$  (Jaetzold et Schmidt, 1983).

Apparemment, des matériels de plantation sains ont été obtenus auprès du CIP et de KARI-Embu et multipliés à KARI-Mtwapa, sous des régimes stricts de pulvérisation pour enrayer les vecteurs. Les plants ont été distribués aux agriculteurs qui les ont plantés en mai 2006. Au début de la petite saison des pluies (octobre 2006), les plants provenant de la saison culturale précédente ont été plantés dans de nouvelles plantations, approximativement à 200 m de tous les sites. Le protocole expérimental était le RCBD répliqué trois fois. La terre a été labourée et sillonnée sur les trois sites avant la plantation. Des clones de patate douce ont été plantés à intervalle de  $0,8 \times 0,3 \text{ m}$  sur des parcelles mesurant  $4 \times 3 \text{ m}$ . Le désherbage a été effectué deux fois par mois au cours des deux premiers mois et les parcelles ont été épurées une fois par la suite. Les paramètres contrôlés étaient l'incidence de la maladie, les populations de mouches blanches et de pucerons et ont été évalués comme dans l'expérience précédente (ci-dessus). Le rendement des variétés a été également déterminé.

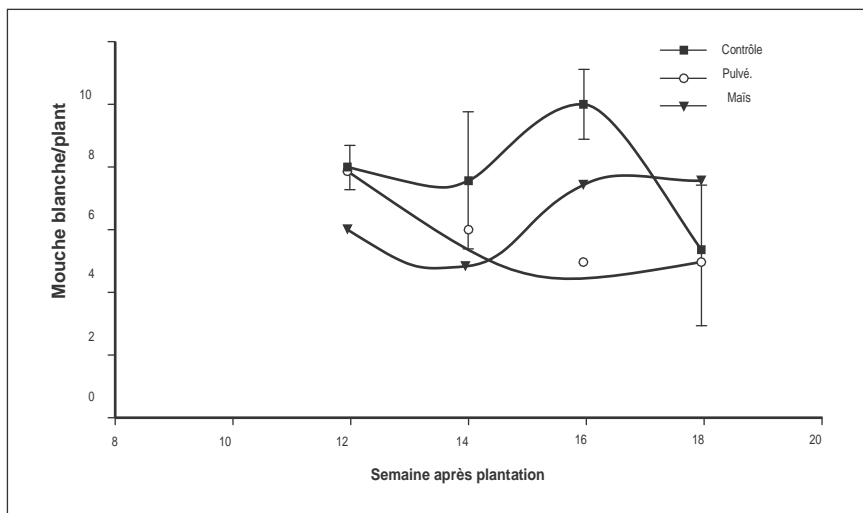
## Résultats et discussion

Le manque de marché et de matériels végétaux de qualité, les nuisibles, la sécheresse et la rareté des terres sont les facteurs clés qui freinent la production de la patate douce. Les coûts élevés du transport, la fluctuation des prix et le manque de normes de qualité sur les marchés ont également été mentionnés. Aucun des agriculteurs ne savait que le SPVD freinait la production de la patate douce et qu'il était répandu par les vecteurs des insectes. Au contraire, ils attribuaient la faible productivité et les symptômes du SPVD à l'infertilité du sol. Il importait donc de faire prendre conscience aux agriculteurs de la zone de l'existence du SPVD, de les former aux méthodes visant à produire des plants exempts de maladies/sains, à l'évaluation et à la diffusion des variétés tolérantes à la maladie présentant des caractéristiques acceptables pour le consommateur. On ne pratiquait ni l'assainissement des champs, ni la sélection de plants de plantation sains ni l'isolement de nouvelles cultures des vieilles cultures.

Aucune incidence de la maladie n'a été observée dans tous les traitements tout au long de la saison de croissance sur les deux sites. L'absence d'incidence du SPVD dans tous les traitements peut être attribuée à la faiblesse du niveau d'inoculum de la maladie sur les sites d'expérimentation, plutôt que sur les traitements. La forte incidence du SPVD est attribuée à la culture de la patate douce à longueur d'années, ce qui fournit une source disponible d'inoculum de la maladie (Alicai *et al.*, 1999). L'étude actuelle prend tout son sens, puisque la patate douce n'est pas cultivée à grande échelle à la station expérimentale de Kabete et dans l'exploitation agricole de Juja. Les pucerons étaient absents dans tous les traitements et les mouches blanches étaient en petit nombre. On peut donc attribuer l'absence de SPVD au nombre réduit de vecteurs d'insectes responsables de la transmission des virus (Aritua *et al.*, 1998).

On a noté des écarts significatifs dans le nombre de mouches blanches dans les traitements (Fig.1). La population de mouches blanches s'est accrue au fil du temps, puis a décliné. Cette population a considérablement diminué dans la 19<sup>ème</sup> semaine après la plantation, du fait probablement de la survenue de fortes pluies. La population de mouches blanches était plus dense dans la parcelle témoin et extrêmement faible dans les traitements au filet et au polyéthylène. À la fin de la saison, les populations étaient en nombre considérable dans les patates douces entourées de barrières de maïs. Quant aux mouches blanches, elles étaient absentes sur les parcelles recouvertes de filet et de polyéthylène, puisque ces structures constituent une barrière physique à l'entrée du vecteur insecte. Les populations de mouches blanches dans les autres traitements ne différaient considérablement qu'à 16 semaines après plantation (Fig.1). La barrière de maïs semble abriter une forte population de mouches blanches, probablement parce que le maïs a de larges feuilles qui assurent un microclimat protégé. Les larges feuilles de maïs offrent des conditions favorables à la multiplication des mouches blanches et à la ponte (Legg, 1994). La faible population sur les parcelles protégées par le maïs de la 12<sup>ème</sup> à la 14<sup>ème</sup> semaine peut être attribuée à la ponte et à la multiplication dans les barrières de maïs elles-mêmes. Lorsqu'on a une barrière de maïs, il serait prudent de pulvériser le maïs pour qu'il agisse comme un piège qui réduit la zone de pulvérisation, puisqu'il ne sera pas nécessaire de pulvériser la culture de patate douce.

La pulvérisation de produits chimiques entraînerait une réduction du nombre de mouches blanches seulement sur une courte période et la population va se reconstituer de façon constante, confirmant ainsi les rapports rédigés par Aritua *et al.* (1998), qui indiquent que la pulvérisation ne chasse pas toujours les vecteurs de la maladie. On a également observé qu'immédiatement après l'irrigation, la population de mouches blanches s'est considérablement réduite et cela est probablement dû aux dommages physiques causés par les gouttes d'eau (Legg et Ogwal, 1998) ou à la réduction de l'oviposition (Fishpool et Burban, 1994). Ces résultats sont conformes aux rapports antérieurs établis par Aritua *et al.* (1998), Alicai *et al.* (1999) et Otin *et al.* (2001) qui indiquent que les conditions climatiques ont une forte influence sur les dynamiques démographiques des vecteurs d'insectes.



**Figure 1.** Population de mouches blanches entre les traitements au fil du temps

Note : Les couvertures de polyéthylène et de filets ne contenant pas d'infestation de mouches blanches, elles ne sont donc pas présentes dans la figure. Les barres d'erreurs (écart-type) ne sont fournies que pour la parcelle témoin, vu qu'elle a servi de parcelle de vérification par rapport aux autres parcelles traitées

Les prix unitaires du polyéthylène, de la pulvérisation et de l'installation du filet étaient, respectivement, de 0,5, 0,5 et 1,2 shilling kenyan (Ksh)<sup>7</sup>. Ainsi, l'utilisation de couverture en polyéthylène est moins coûteuse pour les exploitants agricoles et les groupes d'agriculteurs et permet la multiplication rapide de la patate douce, sans retarder le transfert des plants sur le terrain.

### Diffusion de la technologie aux agriculteurs

La diffusion de la technologie a été rehaussée par une approche de recherche participative dans laquelle les agriculteurs étaient impliqués dans l'évaluation de la patate douce sur le terrain, pour vérifier sa tolérance au SPVD. Les agriculteurs étaient issus des deux groupes principaux de producteurs de patate douce des montagnes du Shimba, dans le district de Kwale. La tolérance axée sur la variété se retrouve dans les variétés Jonathan, Japon et Zapallo. L'évaluation de la qualité de la patate douce a été effectuée à la fin de la longue saison des pluies. Plus de 50 agriculteurs ont pris des plants des différentes variétés. Ces agriculteurs ont préféré les variétés Jonathan, SPK004, Zapallo, Japon, Ejumula, Kemb10 et Ex-shimba, parce qu'elles présentaient des caractéristiques prisées par les consommateurs et les agriculteurs et ont une tolérance raisonnable au SPVD. Cela laisse penser que ces variétés possèdent les meilleures caractéristiques prisées par les agriculteurs et qu'elles peuvent être utilisées dans l'élevage, du fait de ces caractéristiques. Bien que la variété Jonathan ait été classée parmi les variétés donnant les meilleurs résultats, couplés à des rendements élevés, les agriculteurs ont classée comme intermédiaire sur l'échelle générale d'acceptabilité. Ainsi, son adoption peut-elle être plus lente, comparativement aux autres variétés prisées par les agriculteurs. Par voie de conséquence, si ces caractéristiques désirables étaient incorporées dans cette variété par amélioration du matériel génétique, cela offrirait des perspectives prometteuses. Le classement des variétés par les enfants pourrait fort bien influencer la sélection des meilleures variétés. Par conséquent, il faudrait en tenir compte à l'avenir, les enfants étant également des consommateurs importants de patate douce.

L'entretien des pépinières de patates douces saines pendant la saison sèche a été identifié comme un besoin crucial pour l'approvisionnement durable en matériels de plantation. Par conséquent, la démonstration sur le terrain de l'entretien et de la multiplication de matériels de plantation sains a été effectuée.

7. Taux de change : 1€ ≈ 120 Ksh.

Les agriculteurs ont installé une pépinière communale près du fleuve. Ils ont pratiqué l'épuration pour maintenir les pépinières des différentes variétés protégées de la maladie. Les variétés multipliées étaient le Jonathan, le SPK004, l'Ejumula, le Kemb10 et le Jubilee. Cette multiplication avait pour but de fournir aux agriculteurs des plants de plantations sains et de leur éviter le coût d'accès aux stations de recherche (Kapinga et al, 2005). Le personnel de vulgarisation provenant du ministère (Mda) et les chercheurs de KARI ont été formés pour qu'ils puissent continuer à promouvoir les technologies et les pratiques appropriées auprès des agriculteurs.

Les agriculteurs qui ont été impliqués dans la recherche participative ont eu la chance de rendre visite à leurs homologues de l'Ouganda, dans le cadre d'une stratégie de renforcement des capacités. Cela a été facilité par le Forum Régional Universitaire pour le Renforcement des Capacités dans le domaine de l'Agriculture (RUFORUM). Les agriculteurs ont visité les stations nationales de recherche agricole, les industries de transformation alimentaire et les groupes d'agriculteurs en Ouganda, où ils ont appris les bonnes méthodes de production culturale (en particulier, en ce qui concerne la patate douce, entre autres) et l'ajout de valeur dans les champs, afin de générer davantage de revenus. À titre d'exemple, ils ont été formés au mode d'extraction de jus de la patate douce à pulpe orange et sur le mode de transformation des fruits en jus par un groupe de pairs-agriculteurs. Cela a également contribué au transfert de technologies et le Forum a éclairé les agriculteurs sur la manière d'utiliser localement les produits agricoles disponibles pour les autonomiser économiquement.

## Conclusion

Au nombre des résultats clés, on peut citer l'identification conjointe des problèmes et des solutions de production, par les exploitants agricoles et le personnel de vulgarisation, la sensibilisation, la formation de 20 agriculteurs à la conservation de matériels génétiques sains et la diffusion, auprès des agriculteurs, de variétés tolérantes aux maladies. Les couvertures en filets et en polyéthylène peuvent être recommandées pour l'entretien et la multiplication des matériels de plantation de patate douce de qualité, en raison de leur capacité à tenir éloignés les vecteurs de la maladie. Les agriculteurs commerciaux et les groupes d'agriculteurs peuvent adopter les structures de filet, s'ils produisent des plants de semences à titre commercial. Les agriculteurs peuvent également adopter l'approche d'épuration des plantes infectées comme moyen de gérer la maladie dans les pépinières et dans les champs. L'identification des variétés tolérantes présentant des caractéristiques prisées par les consommateurs et les agriculteurs a été un grand moyen de donner un coup de fouet à la production de la patate douce dans la région.

## Remerciements

Nous sommes hautement reconnaissants aux gestionnaires des exploitations agricoles et au personnel technique des deux universités pour leur assistance. Notre gratitude va également au Forum Régional Universitaire pour le Renforcement des Capacités dans le domaine de l'Agriculture (RUFORUM, subvention 2005 RU CG 006) pour le financement qui nous a été apporté.

## Références

- Alicai, T., Adipala, E. et Gibson, R.W. 1999. 'Seasonal changes in whitefly numbers and their influence on incidence of sweet potato chlorotic stunt virus and sweet potato virus disease in sweet potato in Uganda'. *International Journal of Pest Management* 45: 51–55.
- Aritua, V., Alicai, T., Adipala, E., Carey, E.E. et Gibson, R.W. 1998. 'Aspects of resistance to sweet potato virus disease'. *Annals of Applied Biology* 132: 387–398.
- Ateka, E.M. 2004. Biological and molecular characterization of potyviruses infecting sweet potato. PhD thesis, University of Nairobi, Nairobi, Kenya.
- Byamukama, E., Adipala, E., Gibson, R.W. et Aritua, V. 2002. 'Reaction of sweet potato clones to virus disease and their yield performance in Uganda'. *African Crop Science Journal* 101: 317–324.

- Fishpool, L.D. et Burban, C. 1994. '*Bemisia tabaci*, the whitefly vector of African cassava mosaic geminivirus'. *Tropical Science* 34: 55–72.
- Geddes, A.M.W. 1990. *The Relative Importance of Crop Pests in Sub-Saharan Africa*. Natural Resource Institutes Bulletin No. 36. NRI, Chatham, Royaume-Uni.
- Gibson, R.W., Kaitisha, G.C., Randrianaivoarivony, J.M. et Vetten, H.J. 1998. 'Identification of the east African strain of sweet potato chlorotic stunt virus as a major component of sweet potato virus disease in Southern Africa'. *Plant Disease* 82 (9): 1063.
- Hahn, S.K., Terry, E.R. et Leuschner, K. 1981. 'Resistance of sweet potato to virus complex (SPVD)'. *Horticulture* 16: 535–537.
- Jaetzold, R. et Schmidt, H. 1983. *Farm Management of Kenya*, Vol. 11C: *National Conditions and Farm Management Information*. East Kenya (Eastern and Coast 96 Provinces). Farm Management Branch, Ministère de l'agriculture, Nairobi, Kenya.
- Kapinga, R.E., Ewell, P.T., Jeremiah, S.C. et Kileo, R. 2005. *Sweet Potato in Tanzania Farming & Food Systems: Implications for Research*. CIP, Sub-Saharan Africa Region, Nairobi, Kenya, et Ministère de l'agriculture, Dar-es-Salaam, Tanzanie.
- Legg, J.P. 1994. '*Bemisia tabaci*: an ecological perspective'. *African Crop Science Journal* 2: 437–448.
- Legg, J.P. et Ogwal, S. 1998. 'Changes in the incidence of African cassava mosaic virus disease and the abundance of its whitefly vector along south–north transects of Uganda'. *Journal of Applied Entomology* 122: 169–178.
- Michieka, D.O., Van der Pouw, B.J.A. et Vleeshouwer, J.J. 1978. *Soils of the Kwale–Mombasa–Lunga-lunga Area*. Reconnaissance Soil Survey Report No. R3. Kenya Soil Survey, Nairobi, Kenya.
- MoA. 2005. *Rapport annuel*. Ministère de l'agriculture, Nairobi, Kenya.
- Mukasa, S.B., Rubaihayo, P.R. et Valkonen, J.P.T. 2003. 'Sequence variability within the 3'-proximal part of the sweet potato mild mottle virus genome'. *Archives of Virology* 148: 481–496.
- Njeru, R.W., Mburu, M.W.K., Cheramagoi, E., Gibson, R.W., Kiburi, Z.M., Obudho, E. et Yobera, D. 2004. 'Studies on the physiological effects of viruses on sweet potato yield in Kenya'. *Annals of Applied Biology* 145: 71–76.
- Otim, M., Legg, J.P. et Kyamanywa, S. 2001. 'Occurrence and activity of *Bemisia tabaci* in Uganda'. *African Crop Science Conference Proceedings* 5: 187–192.

# Impacts des projets proposés pour le développement de la monoculture à grande échelle sur les zones humides et les collectivités tributaires de ces zones à Tana, province de la côte du Delta, au Kenya

Joan Aum Otengo<sup>1</sup>

## Introduction

Le delta de Tana est une zone qui offre une vue panoramique spectaculaire, composée d'une zone arbustive regorgeant de gibiers et d'oiseaux. La route est le meilleur moyen d'accéder au delta de Tana (3 heures de route) à partir de Malindi. Long d'environ 1014 km, le fleuve Tana est l'un des plus grands fleuves du Kenya. Il prend sa source sur les pentes du Mont Kenya et le parcours naturel d'Aberdare. Ses flux en cascade convergent et forment un large et puissant torrent à l'est des montagnes, avant de changer de forme et de se transformer en un fleuve sinueux et au débit lent sur la partie inférieure de son cours qui se déverse dans l'Océan Indien. Le fleuve regorge d'hippopotames et de crocodiles.

L'aval du fleuve Tana délimite une vaste zone sauvage du Kenya où la bande de terre riveraine contraste nettement avec les étendues desséchées s'étalant sur des kilomètres de l'autre côté. Le fleuve Tana est la seule source d'approvisionnement en eau pour une vaste zone de brousse sèche, de sol rocailleux et enregistrant une faible pluviométrie. Ce n'est que lorsque le fleuve dépasse Hola et approche le littoral que le paysage environnant devient plus verdoyant et moins désolé. La zone du delta est une zone de savane herbeuse à faible altitude et plane, abritant des bouquets de palmiers nains (*Hyphaene thebaica*) et des marais, recouverte de part en part par des étiers. De petits étiers étroits aux couleurs café-crème serpentent la forêt vierge épaisse qui donne sur le petit village où de jeunes bouviers viennent avec leurs troupeaux pour se désaltérer et où les femmes lavent le linge dans la rivière, malgré les menaces constantes des crocodiles. Des hippopotames se vautrent dans des bassins d'eau peu profonds ; des antilopes, des topis, des buffles, des tragélaphes rayés et des éléphants errent dans les clairières herbeuses. Le delta du Tana est le plus célèbre des deltas pour sa faune d'oiseaux prolifique, composée de bandes d'aigrettes, de pélicans, d'ibis et de cigognes.

Enfin, le fleuve déverse ses eaux couleurs chocolat riches en soie dans l'Océan Indien, à la baie d'Ungwana, une vaste étendue de plage désertique s'étendant à perte de vue des deux côtés du delta. Les terres humides du delta de Tana sont situées dans le nouveau district du delta de Tana qui était séparé du grand district du fleuve Tana. Le district du delta de Tana intègre les divisions de Garsen et de Kipini, toutes deux dans la circonscription de Garsen. La région de Tana est l'une des six zones deltaïques de l'Afrique de l'Est et la plus grande zone deltaïque du Kenya. Selon les estimations, elle a une superficie d'environ 130 000 ha, dont 69 000 ha sont régulièrement inondés. On peut soutenir que le delta du Tana est l'un des environnements naturels les plus vierges du Kenya. Il est situé dans la zone semi-aride de Garsen, dans le district du delta de Tana, dans la province de la Côte.

Une caractéristique frappante du delta est la prodigieuse variété d'habitants des terres humides et la richesse de sa biodiversité. La zone est recouverte d'une vaste galerie de forêt, de zones inondées et de marais. Les marais d'eau douce alimentent des prairies verdoyantes bordées de bouquets de palmiers nains. Les lacs en croissant et les bassins permanents sont également abondants dans cet écosystème de terres humides. Le delta regorge de plantes et d'espèces animales non comptabilisées, dont certaines sont menacées d'extinction.

1. Secrétariat du Forum kényan sur les terres humides, s/c East African Wild Life Society, PO Box 20110-00200, Nairobi, Kenya.

Le littoral du delta de Tana est le fief des espèces de tortues marines menacées. Les terres humides du delta abritent de fortes concentrations de poissons et d'oiseaux sauvages, dont certains sont migratoires et d'autres sédentaires. Les zones forestières sont en général sauvages et constituent un abri pour deux primates menacés, le Colobus du fleuve Tana et les singes Mangabey.

Le delta du Tana est extrêmement précieux pour les populations locales, en particulier les groupes minoritaires qui ont tissé des liens très étroits avec cette terre. Les systèmes de production et les moyens de subsistance de la majorité des collectivités du delta sont liés à la dynamique et au fonctionnement de l'écosystème des terres humides rattachées au fleuve. Ces collectivités comprennent les Watta (qui vivent de la cueillette de la faune et de la flore sauvages), les Wagoshi, les Wasanya, les Malakote, les Boni, les Bajuni et les Wakone. Le delta est utilisé de manière extensive par les éleveurs qui font paître leurs bétails dans les zones environnant les plaines d'inondation. C'est une zone de pâturage de secours pendant la saison sèche pour la plupart des communautés d'éleveurs, dont certains viennent des districts environnants tels Ijara, Lamu, Garissa et Wajir. L'inondation régulière du delta est également favorable à l'agriculture et à la pêche. La disponibilité quasi-permanente de la prairie verdoyante offre aux agriculteurs Pokomo des conditions favorables pour l'agriculture et les activités de pêche dans un environnement semi-aride hostile.

## Problématique

Le delta du Tana est l'objet d'une menace qui met en péril sa valeur, ses fonctions environnementales et le fonds de moyens de subsistance pour les communautés locales minoritaires tributaires des terres humides. Au nombre des projets et activités proposés ou mis en œuvre dans la zone, on peut citer : le projet de réserve de primates du fleuve Tana du *Fonds pour l'environnement mondial* ; le projet d'irrigation (rizicole) du delta du Tana ; l'élevage industriel de crevettes ; le plan d'irrigation de l'amont du village Tana ; le plan d'irrigation de Bura ; l'exploitation minière de titane ; l'exploration de pétrole et de gaz. Le problème qui se pose est la proposition de la société sucrière Mumias Sugar Company, faite conjointement avec l'Autorité de développement des fleuves Tana et Athi, visant à convertir 20 000 ha de terres humides en plantation de monoculture de canne à sucre. On dénombre, en outre, une proposition pendante de Mat International à l'effet de convertir 60 000 ha supplémentaires en plantation de canne à sucre. Le gouvernement kényan prévoit, par ailleurs, louer 40 000 ha au gouvernement du Qatar pour l'horticulture. La compagnie canadienne de biocarburant Bedford a, quant à elle, fait la proposition de créer dans le delta une plantation de *Jatropha* qui servira à produire de l'éthanol et du biocarburant.

Les plantations de canne à sucre proposées seront situées au cœur même du delta, là où vivent les populations et où la faune et la flore sont les plus diversifiées. Cela supposera le déplacement d'un certain nombre de populations, alors qu'il n'existe pas de plan de réinstallation. L'amenuisement des ressources du pâturage, suite à la mise en œuvre des plans proposés, va accroître la pression du pâturage sur le reste du delta et l'environnement aride et semi-aride autour du delta. Le plan va provoquer un amenuisement physique des ressources de pâturages, en particulier dans les zones sèches et les zones saisonnières de secours. On peut également perdre d'autres aires de pâturage, en raison de l'assèchement généralisé du delta. Les terres humides du delta Tana, qui abritent de nombreuses vies, sont en train de devenir saisonnières, à un rythme alarmant, alors que d'autres se sont déjà complètement asséchées. Cela a affecté les moyens locaux de subsistance, en particulier ceux des éleveurs qui ont perdu la quasi-totalité de leurs troupeaux, en raison de la sécheresse constante dans la zone. Le changement climatique n'a pas épargné la faune et la flore non plus. Ces impacts sont perçus par les cas sans cesse croissants de conflits homme-faune dans la zone. Avec les animaux sauvages (herbivores et carnivores) qui entrent dans les villages à la recherche d'eau et de nourriture, les communautés d'agriculteurs et d'éleveurs se joignent à présent aux groupes minoritaires Watta dont l'occupation est la chasse et la cueillette à l'état sauvage. L'enjeu c'est la faune et la flore sauvages soumises à une pression excessive.



Pour couronner le tout, le sel s'infiltre maintenant dans les exploitations agricoles. Cela ne s'est jamais produit auparavant dans ces zones et on pense que cela est dû à l'élévation du niveau de la mer et au fait que la végétation de mangroves le long de la côte a été détruite par la déforestation.

Paradoxalement, les moyens de subsistance des groupes minoritaires du delta du Tana sont menacés par les opportunités offertes par le Protocole de Kyoto, notamment le système d'échange de droits d'émission de carbone et les plans de piégeage du carbone. En raison de la précarité de leur système foncier, ces groupes seront contraints de se déplacer, dans la mesure où le gouvernement et ses partenaires de développement profitent de la situation pour installer des projets touristiques. Ces écosystèmes critiques, utilisés comme zones de repli pour les éleveurs pendant la saison sèche, seront affectés par ces projets. Les plans entraîneront la destruction physique de l'habitat des plaines d'inondation dont est tributaire le bétail.

Les deux projets proposent l'utilisation d'une technologie d'irrigation qui, non seulement entraînera un épuisement des ressources précieuses en eau pour les hommes et la faune, mais également modifiera les systèmes hydrographiques et les caractéristiques de la zone. Les promoteurs des projets pensent que la région du fleuve de Tana est en retard du point de vue du développement et qu'elle a enregistré de hauts niveaux de pauvreté, malgré la base de ressources dont elle est dotée. L'accent est mis sur le développement et la croissance économique avec, à la clé, un programme de lutte contre la pauvreté, la fourniture d'autres moyens de subsistance, l'amélioration de la qualité et du niveau de vie matériel des populations. Il n'y a ni ressources claires ni plan d'utilisation clair de la terre qui reconnaît le droit des populations autochtones à vivre et dépendre des terres humides ou leur importance écologique.

Les impacts positifs et négatifs escomptés des projets de canne à sucre sur les terres humides et sur les populations qui dépendent de ces terres sont les suivants :

- les projets auront un impact négatif sur la biodiversité, l'intégrité des terres humides et, par voie de conséquence, les fonctions des terres humides et les populations locales qui en dépendent. Ces projets vont déplacer des milliers de populations autochtones minoritaires et faire disparaître leur tradition (qui est un pilier de l'unité et de la cohésion communautaires), en détruisant leurs pratiques et croyances coutumières qui font office de source d'espoir et d'inspiration dans les moments difficiles. En outre, ces plantations peuvent entraîner une perte de propriétés et de possessions et empêcher les efforts futurs de ces groupes autochtones pour mettre les terres en valeur, en vue satisfaire de leurs propres besoins ;
- les collectivités locales seront marginalisées, puisqu'on les empêchera d'accéder aux ressources naturelles telles que la pêche ;
- la sécurité alimentaire de milliers de personnes sera affectée, tout comme la santé et le bien-être de ces populations, en particulier les groupes autochtones marginalisés ;
- les plantations auront un impact direct sur le bien-être de la majorité des populations locales, en particulier sur les groupes vulnérables affectés par la pauvreté.

## Objectifs de l'étude

L'étude a pour but d'identifier les ressources du delta de Tana et de concevoir des alternatives convenables et durables d'utilisation de techniques pour ces ressources, afin d'améliorer les avantages socioéconomiques pour les collectivités locales.

## Méthode

Une visite sur le terrain (discussion thématique de groupe) a été organisée pour recueillir des informations.

## Situation actuelle du delta de Tana

Le delta de Tana est une terre communautaire utilisée par les populations locales. Le droit exclusif sur les terres revient à la collectivité locale, qui est ainsi gardienne des ressources de ces terres. L'écosystème du delta de Tana est le moyen de subsistance des collectivités locales depuis des temps immémoriaux.

## Valeur des terres humides

Les terres humides du delta de Tana supportent les activités suivantes :

- filtration d'eau ;
- pêche ;
- pratiques agricoles post-tarissement des eaux d'inondation ;
- irrigation de subsistance ;
- pâturage du bétail ;
- chasse, cueillette, y compris collecte de miel ;
- transport (par voie navigable) ;
- moyens de subsistance des populations tributaires des terres humides.

## Objectifs pour la zone

- Élaborer une stratégie de développement et de conservation claire et durable pour l'écosystème du delta, en vue de guider et informer les activités de développement et ou de conservation future dans le but de maintenir l'intégrité écologique et économique de l'écosystème du delta de Tana.
- Protéger les droits et les moyens de subsistance des collectivités locales et leur rôle en tant que membres d'une communauté – leur droit à la prise de décisions, d'accès et de bénéfice égal des activités de développement axées sur les ressources naturelles du delta. Protéger et conserver l'intégrité et la valeur écologique et socioéconomique du delta de Tana, en mettant l'accent sur l'utilisation durable et à bon escient des ressources des terres humides du delta, tel qu'énoncé dans les documents de stratégies sur les terres humides du Kenya.
- Arrêter les projets d'établissement de monopole à grande échelle et faire du plaidoyer pour un développement qui tient compte des multiples utilisations du delta de Tana, tels que les projets pour convertir plus de 100 ha du delta en une production sucrière à grande échelle et les plantations d'envergure de *Jatropha* qui serviront à la production d'éthanol et de biocarburant. Les collectivités locales peuvent ne pas tirer profit de ces plantations, vu puisqu'elles ont été écartées de toutes les décisions relatives à leur environnement. En outre, ces plantations peuvent empêcher les efforts futurs consentis par d'autres groupes autochtones pour mettre en valeur la terre pour leurs propres besoins. En revanche, nous aimerions insister sur les avantages socioéconomiques grâce au développement de la conservation.

La santé et la nutrition sont les autres facteurs qui contribuent à accroître considérablement la vulnérabilité. Avec la pénurie alimentaire aigüe dans la zone, les niveaux élevés de malnutrition et toute une gamme de problèmes de santé continuent à se faire jour. Les communautés ont très peu accès au mécanisme de prévention et de services de santé, en dehors des guérisseurs traditionnels qui doivent relever les défis de maladies en pleine mutation. L'infrastructure (les routes) dans le delta de Tana est en mauvais état, ce qui exacerbe davantage les conditions de vie et freine les réseaux d'aide communautaire. Les groupes autochtones du delta de Tana se sont appuyés sur leurs connaissances traditionnelles pour surmonter les catastrophes dans leur environnement, mais en raison de l'imprévisibilité des conditions climatiques locales (telles que les saisons de plantation et d'inondation), alliée au manque de connaissances scientifiques, les connaissances traditionnelles semblent insuffisantes, bien qu'elles soient cruciales, pour leur suivi psychologique, socioéconomique et écologique.

## Conclusion

Si les terres humides du delta de Tana sont importantes (non pas en tant que terres abandonnées à transformer en terres destinées à la monoculture) mais parce qu'elles sont reconnues pour leurs multiples utilisations potentielles, un plan intégré de gestion de ces terres et des bassins de rivière doit être conçu, élaboré et mis en œuvre pour préserver l'intérêt de tous, en particulier les moyens de subsistance des populations rurales. La richesse et la diversité des ressources du delta de Tana soutiennent actuellement plus de 52 000 autochtones par la pêche, le pâturage de bétail, la petite agriculture de subsistance et la cueillette de la faune et de la flore, entre autres. La proposition faite par le gouvernement kényan en collaboration avec des investisseurs privés de convertir les terres humides du delta de Tana en grandes plantations de canne à sucre et de *Jatropha* est à un stade avancé. En l'absence d'un plan de développement et de conservation convenu pour la zone, les décideurs et les opérateurs privés se montrent très peu respectueux des populations autochtones marginalisées qui vivent et dépendent du delta.

Il conviendrait de résoudre les problèmes fonciers et de droit d'accès. Sur le plan juridique ces problèmes ne sont pas reconnus, ce qui donne lieu à une exploitation et un empiètement potentiels. Par ailleurs, ces communautés minoritaires tireraient un grand avantage si les dispositions étaient prises pour faciliter l'accès à l'information scientifique et technologique sur les tendances du changement climatique et s'il leur était fourni du matériel de multiplication subventionné, amélioré et adapté au climat. Les systèmes de surveillance, d'alerte précoce et d'information doivent être envisagés par ces groupes, afin qu'ils puissent protéger leurs cultures et leurs troupeaux. Il faut encourager l'agriculture moderne irriguée à petite échelle plutôt que la monoculture à grande échelle. En outre, l'amélioration de l'éducation, des soins de santé et de l'infrastructure générale, ainsi que la diversification de leur base de ressource, y compris des sources alimentaires et de revenu, pourraient renforcer la résistance des groupes minoritaires d'autochtones aux effets du changement climatique.

Je suggère que les groupes d'autochtones soient consultés avant toute négociation sur les projets de séquestration du carbone et que les projets de biocarburant soient établis là où ces populations résident. Je suggère, en outre, que les interventions relatives au changement climatique, en particulier l'application du Protocole de Kyoto, soient orientées par une pensée éthique et le respect des droits civiques et démocratiques des groupes désavantagés et marginalisés.

Le gouvernement devrait respecter les obligations de la Convention Ramsar sur les terres humides et la Convention des Nations-Unies sur la diversité biologique et les principes de développement durable et montrer sa détermination à réaliser l'Objectif de développement du millénaire (OMD) n°7 des Nations-Unies (« Assurer un environnement durable ») – ce qui contribuera à la réalisation d'autres OMD, en particulier l'OMD 1 (« Réduire l'extrême pauvreté et la faim ») et l'OMD 8 (« Mettre en place un partenariat pour le développement »).

Beaucoup reste à faire pour s'assurer que la Vision 2030 du pays et les OMD soient perçus comme réalisables. Cette initiative et tous les enseignements tirés doivent servir de base pour élaborer une approche plus viable pour la réalisation du développement socioéconomique et la prise en compte des aspects durables de l'environnement.

# Conception, construction et essai d'une batteuse de maïs à faible coût

J.N. Nwakaire<sup>1</sup> et M. Mkpado<sup>2</sup>

Mots clés : construction, faible coût, batteuse de maïs, efficacité, agriculteurs ruraux

## Résumé

La transformation des produits agricoles en des formes de qualité prolonge non seulement la durée de vie de ces produits, mais elle accroît également le bénéfice net que les agriculteurs en tirent. Dans le présent travail, l'accent a été mis sur une conception déterminée par la demande, laquelle impliquait la compréhension des besoins des agriculteurs et l'élaboration de systèmes appropriés visant à répondre à ces besoins. Le travail avait pour objectifs de concevoir, construire et évaluer une décortiqueuse de maïs à faible coût pour les agriculteurs ruraux du Nigeria. Au nombre des méthodes utilisées, figuraient le recueil des avis des agriculteurs sur leurs besoins en décortiqueuses, le choix des matériaux appropriés et l'utilisation « d'équations de conception appropriées » permettant la détermination de la contrainte de cisaillement admissible sur les surfaces portantes. Les méthodes de communication utilisées ont été des sessions interactives avec les agriculteurs, notamment les femmes et les enfants, afin d'identifier leurs problèmes en termes de décorticage. Des comparaisons ont été effectuées entre l'indice de performance humaine en matière de décorticage et l'indice de performance mécanique. L'efficacité mécanique de l'homme, la capacité de débit et la capacité de manutention de grains étaient respectivement de 45 %, 26,67 kg/h et de 21,1 kg/h, à un poids spécifique bio-matériel de 20 kg avec un poids réel décortiqué de 15,8 kg pendant un temps de décorticage de 45 min. L'efficacité, la capacité de débit et la capacité de manutention de grains de la décortiqueuse étaient respectivement de 86 %, 119,76 kg/h et de 109,99 kg/h. L'écart de prix par rapport aux batteuses disponibles sur le marché indique une réduction drastique du prix d'achat d'une batteuse de maïs qui est de 32 500 ₦ (175,66 € ; 216,67 \$US), soit une économie de 56,52 %. On a également saisi l'opportunité des jours de marché pour montrer aux agriculteurs et aux agro-transformateurs les avantages de l'utilisation de la décortiqueuse de maïs.

## Introduction

Le mot « maïs », est dérivé d'un mot que les Amérindiens utilisaient pour désigner le blé d'Inde et qui signifie littéralement « ce qui perpétue la vie ». Il est, après le blé et le riz, le grain céréalier le plus important au monde, en ce qu'il fournit des éléments nutritifs pour les humains et les animaux et sert de matière première de base pour la production d'amidon, d'huile et de protéines, de boissons alcoolisées, d'édulcorants alimentaires et, plus récemment, de carburant (FAO, 1992). En Afrique, le maïs est devenu une denrée alimentaire de base connue des familles les plus démunies. Il est utilisé sous diverses formes pour atténuer la faim, notamment sous forme de bouillie ou *ogi* et de farine de maïs. C'est en raison de l'importance du maïs que sa transformation et sa conservation doivent être optimales. Les principales étapes qu'implique la transformation du maïs sont : la récolte, le séchage, l'épluchage, le décorticage, le stockage et le broyage. Pour permettre aux agriculteurs ruraux de maximiser le profit qu'ils tirent de leur maïs, la technologie appropriée répondant à leurs besoins doit être utilisée.

1. Département d'agriculture et d'ingénierie des bioressources, Université du Nigéria, Nsukka, Nigéria.

2. Département d'agriculture, Ngor-Okpoala LGA, État d'Imo, Nigéria.

La transformation de produits agricoles tels que le maïs en des formes de qualité ne prolonge pas seulement la durée de vie de ces produits, elle accroît aussi le bénéfice net que les agriculteurs en tirent. Le décortiquage ou le battage constituent l'une des opérations de transformation les plus importantes réalisées afin d'améliorer la qualité du maïs.

## Contexte

Les méthodes traditionnelles de décortiquage ne supportent pas le décortiquage du maïs à grande échelle, notamment à des fins commerciales. Au plan local, dans la partie nord du Nigéria (la région qui produit la plus grande quantité de maïs du pays), il a été observé que l'essentiel du décortiquage du maïs se faisait à la main. Le décortiquage manuel est chronophage, même avec certains outils simples utilisés manuellement. De même, il a été observé, dans la zone couverte par l'étude (l'État de Nasarawa), que l'essentiel des décortiqueuses mécaniques était conçu pour un battage ou un décortiquage multi-grains, ce qui cause des dommages substantiels aux grains de maïs et brise l'épi en morceaux. Les décortiqueuses disponibles localement étaient équipées d'un tambour rotatif de battage avec des batteurs ou des dentures qui endommagent les grains. En outre, le coût d'achat de telles décortiqueuses était élevé pour les agriculteurs démunis des zones rurales. Le besoin d'un système abordable et à faible coût se faisait sentir afin d'accroître l'efficacité du battage et de réduire les dommages causés aux grains.

## Objectifs

Le travail avait pour objectifs spécifiques les suivants :

- la conception, la construction et l'essai d'une décortiqueuse de maïs à faible coût ;
- l'évaluation de l'efficacité de la décortiqueuse de maïs ;
- l'utilisation de la décortiqueuse de maïs dans la création d'un centre agroindustriel destiné aux agriculteurs des zones rurales.

## Paramètre de conception

Le décortiquage du maïs consiste à retirer les grains de l'épi de maïs. Cette opération peut être effectuée au champ ou sur le lieu de stockage. Le décortiquage du maïs est une étape importante dans la transformation du maïs en différents produits finis tels que la farine. Les différentes méthodes de décortiquage du maïs peuvent être catégorisées sur la base de la technologie de mécanisation utilisée, à savoir les technologies à guidage manuel, animal et motorisé (Onwualu *et al*, 2006). Les outils manuels sont utilisés dans le décortiquage et nous avons également observé le recours aux animaux dans le battage au champ, battage consistant à fouler le maïs. La technologie motorisée implique l'utilisation d'une assistance mécanique dans le battage ou le décortiquage du maïs. On a vu certains exemples d'une décortiqueuse de maïs qui a été conçue et construite au Nigéria par Abdulkadir *et al*. (2009). Pour faciliter le décortiquage rapide du maïs afin de réduire les détériorations post-récoltes, les décortiqueuses mécaniques sont recommandées.

Le rapport de Fashina et Abdulahi (1994) indique un taux d'humidité moyen de 15 à 18 % pour le maïs à battre ou à décortiquer. Le taux d'humidité affecte sérieusement l'aptitude du maïs au battage. Un autre facteur affectant l'aptitude du maïs au battage dans un système mécanisé est la taille de l'épi de maïs et les décortiqueuses mécaniques ont besoin d'être ajustées aux différentes tailles des épis. Selon Joshi (1981), les épis de maïs ont un diamètre variant de 50 à 85 mm, selon leur variété. Il existe également des facteurs de conception technique qui affectent la conception des décortiqueuses mécaniques. Au nombre de ces facteurs, on compte la conception de l'arbre de transmission de puissance, la sélection du générateur de force motrice, le type de poulie, la conception appropriée de la courroie, l'importance et la sélection de surface portante appropriée.

Selon Shigley (1986), la puissance fournie par un arbre est donnée par la formule :

$$P = F \times V$$

où  $P$  = puissance (Nm/s),  $F$  = force de battage et  $V$  = vitesse. La force requise pour battre le maïs ( $f$ ) est :

$$f = mw^2r,$$

où  $m$  est la masse des barres de battage ;  $w$ , la vitesse angulaire de l'arbre ;  $r$ , le rayon de l'arbre. La vitesse angulaire ( $w$ ) est déterminée par l'équation ci-dessous :

$$w = 2\pi N/60$$

où  $N$  représente la vitesse de battage en révolutions par minute. La puissance fournie par l'arbre ( $P$ ) est :

$$P = fwr$$

Le moteur électrique approprié est sélectionné lorsque l'exigence en matière de puissance totale de battage est déterminée à une vitesse appropriée de battage. Selon Fashina et Abdulahi (1994), la vitesse de battage qui entraînera les dommages mécaniques les plus faibles, mais avec un rendement de battage élevé, se situe dans un intervalle allant de 300 à 650 tr/min. William (1953) donne la relation entre la vitesse de la poulie entraînée et la vitesse de la force motrice comme suit :

$$N_1 D_1 = N_2 D_2$$

où  $N_1$  représente la vitesse de la poulie motrice ;  $N_2$ , la vitesse de la poulie entraînée ;  $D_1$ , le diamètre de la poulie motrice ;  $D_2$ , le diamètre de la poulie entraînée. Le poids de la poulie sur l'arbre est donné comme suit :

$$m = \rho v$$

où  $m$  représente la masse de la poulie ;  $\rho$ , la densité de la poulie ;  $v$ , le volume de la poulie. Le poids est égal à la masse multipliée par l'accélération due à la gravité ( $g$ ) :

$$W_p = \rho \times (\pi d^2/4) \times l \times g$$

où  $W_p$  est le poids de la poulie ;  $d$ , le diamètre de la poulie ;  $l$ , la longueur de la poulie. La sélection appropriée de la courroie contribuera à une transmission de puissance effective. Une courroie fournit un moyen convenable de transfert de puissance d'un arbre à un autre. La force tangentielle exercée sur une courroie est donnée par la formule suivante :

$$T = T_1 - T_2$$

où  $T_1$  constitue la tension sur le côté tendu et  $T_2$ , la tension sur le côté distendu.

$$T_s = F \times r$$

où  $T_s$  est le couple sur l'arbre et  $F$ , la force totale de battage, laquelle équivaut à l'exigence de couple total du système ; par conséquent,

$$T_s = T \times r$$

$$T_m \text{ (couple moteur)} = T \times r$$

où  $T_s = T_m$ . Il importe de noter que :

$$P_m \text{ (puissance du moteur)} = wT_m,$$

ainsi

$$T \text{ (force tangentielle)} = P_m / (wr)$$

et

$$M_T \text{ (moment de torsion)} = (T_1 - T_2) r_1$$

Selon Hannah et Stephens (1970), la puissance transmise par une courroie est donnée par la formule ci-dessous :

$$P = (T_1 - T_2)V$$

où

$$V = (\pi DN)/60.$$

et

$$T_1/T_2 = \exp(\mu\theta\csc\beta)$$

où  $\beta$  représente le semi-angle de la jabière et,  $\theta$ , l'angle de chevauchement (angle entre la courroie et la poulie) et  $\mu$ , le coefficient de frottement. Selon Ogunwede (2003),  $\mu = 0,3$  pour une courroie en caoutchouc sur fonte ou acier fonctionnant sur une surface sèche. L'angle de chevauchement pour une transmission par courroie ouverte en forme de V est donné comme suit :

$$\theta = (180 - 2\alpha) \times \pi/180 \text{ rad}$$

et

$$\sin \alpha (r_2 - r_1) / x$$

où  $x$  représente la distance entre les poulies ;  $r_1$ , le rayon de la grande poulie ;  $r_2$ , le rayon de la petite poulie. La longueur de la poulie est donnée comme suit :

$$L = 2x + (\pi/2XD + d) + (D - d)^2/4x$$

Le diamètre minimum de l'arbre est déterminé en utilisant une équation basée sur le code ASME (1995) qui établit que :

$$d^3 = [16/(\pi S_s)] \times [(k_b M_b)^2 + (k_t M_t)^2]^{1/2}$$

où  $d$  représente le diamètre de l'arbre ;  $M_t$  le mouvement de torsion d'ensemble ;  $M_b$  le moment de flexion ;  $K_b$  le choc combiné et le facteur de fatigue appliqué au moment de flexion ;  $K_t$  le choc combiné et le facteur de fatigue appliqué au moment de torsion ;  $S_s$  la contrainte de cisaillement admissible. Selon ASME (1995), les facteurs  $K_b$  et  $K_t$  intervenant lorsqu'un choc est appliqué brusquement à un arbre rotatif sont respectivement de 1,5 à 2 et de 1 à 1,5. Pour les arbres ne disposant pas de clés et ceux en disposant, la contrainte admissible ( $S_s$ ) est de 55 et de 40 MN/m<sup>2</sup>, respectivement. Le palier est sélectionné sur la base de la capacité de charge, de l'espérance de vie et de la fiabilité, conformément à PSG Tech (1989, in Abdulkadir *et al.*, 2009). La force de battage s'exerce soit par charge dynamique comme on le voit avec les batteurs cylindriques soit par force de cisaillement, comme constaté dans le battage manuel.

La décortiqueuse a été testée afin de déterminer son efficacité. Les machines agricoles sont évaluées sur la base de leur capacité de débit, de leur capacité effective de débit et de leur efficacité mécanique (Onwualu *et al.*, 2006). La capacité de débit ( $T_p$ ), en kg/h, est donnée comme suit :

$$T_p = W/t_t$$

où  $W_t$  représente le poids total de matière transformée (battue et non battue) et  $t_t$  le temps total consacré à la manutention des matières. La capacité de débit effective est le poids réel des grains transformés et qui n'ont pas été endommagés (par heure). L'efficacité équivaut au poids total des grains effectivement transformés (rendement) exprimée en pourcentage du poids total de grains à transformer (donnée d'entrée).

## Matériels et méthodes

Les méthodes utilisées se déclinaient en trois phases. La première phase comprenait la découverte des besoins des agriculteurs ruraux en décortiqueuses et d'autres problèmes liés à l'exploitation agricole. La deuxième phase avait trait à la conception d'un système approprié afin de satisfaire leurs besoins ; et la troisième consistait à communiquer les résultats aux agriculteurs et à déterminer si leur problème avait été pris en compte. La capacité de décorticage des agriculteurs a été déterminée sur le terrain. Une comparaison a été faite entre le temps mis par un agriculteur pour décortiquer la quantité de maïs récoltée et le temps avant la survenue de la détérioration. Nous avons observé que la technologie appropriée n'était pas disponible pour le stockage, notamment l'utilisation de pesticides pour gérer les attaques par le charançon. Les pesticides ont été achetés avec l'aide des administrateurs locaux, qui ont été informés des besoins de la communauté.

## Calculs de conception

La vitesse moyenne de la plaque de battage est de 450 à 700 tr/min. La présente décortiqueuse de maïs comporte une trémie qui est conçue pour supporter trois épis de maïs couchés sur leur axe vertical (plan ZY), une plaque de battage équipée de crampons qui stimulent la force tangentielle appliquée à la surface du maïs, une structure de soutien, une paroi de battage qui est équipée de poulie là où pivotent les grains de maïs qui se détachent et un ressort réglable qui permet l'ajustement de la paroi de battage aux différentes tailles du maïs. Cette décortiqueuse dispose également d'un récipient de stockage à côté du cylindre de battage et de la trémie. La longueur de l'arbre était de 590 mm et son diamètre de 60 mm. La vitesse angulaire ( $w$ ) était de 73 rad/s, avec un maximum de force de battage disponible de 501,2 N à l'extrémité des crampons. Le couple développé au dessus des crampons était de 36,45 Nm. La puissance fournie au niveau des crampons de battage était de 2,92 kw, ce qui signifie qu'une puissance de force motrice de 4 ou 5 hp a été utilisée. Le générateur de force motrice était un moteur Yamaha à combustion de 4 hp. La figure 1 montre une batteuse de maïs achevée et donne un aperçu des composantes de la batteuse.

## Analyse de performance

La capacité de débit, la capacité effective de débit et l'efficacité mécanique ont été déterminées. Le poids du maïs non battu (200 kg) a été mesuré en utilisant une balance. Un agriculteur local a chargé les épis trois par trois à la fois dans la chambre de broyage. Le temps mis pour charger et achever le battage de 200 kg d'épis a été enregistré. Le poids total des grains battus a été déterminé. Le poids total des grains cassés ou endommagés a également été déterminé et les épis ont été pesés. Le pourcentage de dommage mécanique a été déterminé. Une comparaison a été faite entre l'indice de performance humaine et l'indice de performance mécanique.





**Figure 1.** Batteuse de maïs : (a) machine entièrement montée ; (b) coupe transversale ; (c-e) vues orthographiques : (c) de la machine ; (d) de l'arbre de transmission ; (e) de la poulie.

## Stratégie de communication et d'information

Les experts de la Federal Polytechnic de Nasarawa au Nigéria ont été invités à évaluer les performances de la machine et à les communiquer à la communauté rurale. La machine a été transportée dans des plantations voisines, disposant de grandes superficies de maïs, afin de battre leur maïs. La batteuse a également été portée sur les marchés pour que les populations la voient en plein fonctionnement, pendant les jours de marché. Des réunions ont été organisées avec des hommes politiques afin de discuter de solutions pour financer la construction de cinq centres agroindustriels dans les exploitations agricoles des environs. Les agents en charge de la vulgarisation agricole ont été contactés afin de faciliter la diffusion de l'information. L'existence de la batteuse de maïs et sa tarification ont été annoncées à la radio locale et la télévision d'État a diffusé des images de la décortiqueuse de maïs.

## Résultats

L'efficacité mécanique humaine était de 45 % pour le poids biomatériel spécifique de 20 kg, avec un poids réel de maïs décortiqué de 15,8 kg. La capacité humaine de débit était de 26,67 kg/h, avec une capacité réelle de manutention de grains de 21,1 kg/h pour un temps de battage de 45 min (0,75 h). Ce résultat se fonde sur l'évaluation sur le lieu du battage effectuée par cinq agriculteurs sélectionnés à partir des exploitations agricoles, bien que cette efficacité connaisse une chute au fil du temps en raison d'une augmentation de la corvée. L'efficacité de la machine et les capacités de débit étaient de 86 % et de 119,76 kg/h, respectivement. Lorsqu'une évaluation plus poussée a été effectuée afin de déterminer la capacité réelle de débit relativement aux grains, basée sur le poids réel des grains battus mais non brisés, il en est ressorti une capacité de 109,99 kg/h. Le résultat a montré que la décortiqueuse était efficace.

L'utilisation d'outils de communication efficaces a eu pour résultat le fait pour les populations d'apporter elles-mêmes leur maïs pour le faire battre et pour les agriculteurs de s'organiser en groupes en vue d'acquérir la machine mise au point localement à un coût de 25 000 ₦ (soit 166,66 \$US ou 135,14 €). Les cinq exploitations agricoles identifiées ont reçu chacune cinq décortiqueuses, plus d'autres machines pour râper et broyer le manioc. Ces machines ont été offertes par le conseil de collectivité locale et un sénateur. Davantage de machines ont été montées et distribuées. D'autres États formulent des demandes afin d'acquérir la batteuse. À l'édition 2009 de l'Exposition de la Polytechnique organisée à Kano, au Nigéria, la décortiqueuse est venue en deuxième position dans la catégorie des machines de transformation.

## Discussion et conclusion

À partir des résultats, il est évident que la conception de la machine a été une réussite. La capacité effective de débit de 109,99 kg/h s'est avérée bien meilleure à la capacité effective de débit humain (qui est de 21,1 kg/h). La valeur actualisée nette de la batteuse s'est avérée attrayante pour les agriculteurs qui ont dit que les batteuses disponibles sur le marché coûtaient environ 55 000 à 60 000 ₦ (soit entre 367 et 400 dollars US ou 297 à 324 €). La différence de prix indique une réduction drastique du prix d'achat d'une batteuse de maïs de 32 500 ₦ (soit 217 \$ US ou 176 €) ; ce qui représente une économie de 56,52 %. Le nombre de pièces de rechange était faible comparativement à la plupart des batteuses disponibles sur le marché. La machine a une durée de vie estimée à 10 ans. La capacité de battage de la décortiqueuse de maïs était telle qu'elle a répondu aux besoins de battage des agriculteurs dans le temps requis avec une corvée zéro. Ainsi, les agriculteurs ont-ils disposé de plus de temps et d'énergie à consacrer à d'autres activités. Les agriculteurs, de même que les centres agro-industriels ont non seulement réduit le coût par sac de leur maïs destiné au battage, mais ils ont également créé davantage de richesses pour eux-mêmes.

Les centres agro-industriels créés ont aidé de nombreux agriculteurs à transformer leurs propres produits agricoles dans un format acceptable sur le marché, ce qui a apporté une valeur ajoutée aux prix marchands auxquels les agriculteurs les vendaient. Des recherches plus poussées devraient être effectuées afin d'identifier les nombreux besoins de ces agriculteurs ruraux, de sorte que les experts puissent concevoir des systèmes et offrir des solutions qui satisfassent leurs besoins.

## Références

- Abdulkadir, B.H., Matthew, S.A., Olufemi, A.O. et Ikechukwu, C.U. 2009. 'The design and construction of maize threshing machine'. *Assumption University J. Technology, Thaïlande* 12 (3): 199–206.
- ASME. 1995. *Design of Transmission Shafting*. American Society of Mechanical Engineering, New York, États-Unis. FAO. 1992. *Maize in Human Nutrition*. Food and Nutrition Series No. 25. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie.
- Fashina, A.B. et Abdulahi, H. 1994. 'Performance evaluation of a locally developed direct-power-take off driven maize thresher'. *J. Agricultural Technology, NBTE* 2 (1): 1–5.
- Hannah, J. et Stephens, R.C. 1970. *Mechanics of Machines: Elementary Theory and Example*. Edward Arnold, Londres, Royaume-Uni.
- Joshi, H.C. 1981. 'Design and selection of thresher parameters et components'. *J. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America* 12 (2): 61–70.
- Ogunwede, O.I. 2003. Design and construction of plastic crushing machine. PGD thesis, Department of Mechanical Engineering, Federal University of Technology, Minna, Nigeria.
- Onwualu, A.P., Akubuo, C.O. et Ahaneke, I.E. 2006. *Fundamentals of Engineering for Agriculture*. Immaculate Publications, Enugu, Nigeria.
- Shigley, J.E. 1986. *Mechanical Engineering Design*. S.I. (metric) edn. McGraw-Hill, New York, États-Unis.
- William, W.A. 1953. *Mechanical Power Transmission Manual*. Conover Mast Publications, New York, États-Unis.

# Optimisation des ressources dans la production des principales denrées alimentaires et cultures de rente -une voie conduisant à la sécurité alimentaire et à la réduction de la pauvreté au Soudan

Elgilany Abdelhafeez Ahmed<sup>1</sup>

Mots clés : préservation de l'environnement, amélioration du rendement, accroissement du revenu agricole

## Résumé

L'utilisation efficace des ressources est essentielle pour l'agriculture soudanaise. Étant donné que les ressources sont des intrants économiques, l'objectif devrait être d'obtenir une production maximale par unité. Au Soudan, les agriculteurs utilisent de nombreuses cultures afin d'intensifier la production pour essayer d'améliorer la sécurité alimentaire et le revenu des ménages. Les grandes cultures, telles que les légumineuses à grains, les légumineuses vivrières et les légumes, sont considérées comme des aliments essentiels et des cultures de rente dans le cadre de la combinaison des cultures prévalant au Soudan. La recherche a considéré l'État du Nil (Nahr Elneel State) comme une étude de cas en raison de son potentiel élevé pour la culture de produits vivriers et de cultures de rente. Les cultures sont communément produites par irrigation, par pompage depuis le Nil. Il se pose de nombreux écueils à la production de ces cultures dans l'État, au nombre desquels figurent l'inefficacité de l'utilisation des ressources, les faibles niveaux de productivité et les coûts élevés de production. La recherche visait à optimiser l'utilisation des ressources dans la production de cultures vivrières et de rente. Les données primaires ont été collectées auprès de 70 personnes interrogées et sélectionnées de manière aléatoire, au moyen de questionnaires structurés. Une technique de programmation linéaire a été utilisée pour évaluer la combinaison optimale des ressources relatives aux cultures soumises à l'étude. Le modèle a révélé que les fermiers obtiendraient des rendements plus élevés en optimisant l'utilisation des ressources dans la production des denrées vivrières et commerciales. Les producteurs devraient par conséquent bénéficier d'orientations sur la façon d'utiliser leurs ressources de manière optimale et être encouragés à cultiver des cultures commerciales et vivrières comme moyens de contribuer de façon significative à la pérennité des exploitations agricoles et à la réduction de la malnutrition dans l'État.

## Introduction

Le Soudan est riche en ressources agricoles qui, si elles sont bien gérées, peuvent générer de la nourriture en quantité suffisante pour le pays et même un excédent à exporter en direction des pays limitrophes. L'eau provenant du Nil et de ses affluents, les ressources souterraines et les impressionnantes précipitations au Centre et au Sud sont propices à l'agriculture et à l'élevage à diverses intensités. Sur une superficie totale arable d'à peu près 85 millions d'hectares, seuls 20 % sont actuellement cultivés mais avec une variation inter-saisonnière (MAF, 2006). Étant donné la forte dépendance du pays vis-à-vis de l'agriculture et de l'élevage pour la subsistance de sa population, la disponibilité et l'accès aux ressources naturelles sont d'une importance primordiale (De Pauw, 2009). Dans l'État du Nil, une forte concurrence pour la terre et l'eau résultant de la forte pression démographique et des rendements agricoles chroniquement faibles et instables (du fait des stress environnementaux et de la faible utilisation de technologies améliorées) constitue des écueils pour la gestion des ressources. Les agriculteurs sont confrontés au double scénario de la faiblesse de disponibilité des produits alimentaires et des revenus. Selon Elsir *et al.* (2004), il a longtemps été reconnu que les coûts élevés de production, la faible productivité et le manque de source d'énergie bon marché pour le pompage de l'eau entravent la réalisation du plein potentiel agricole de l'État du Nil.

1. Ministère de la science et de la technologie, Corporation de recherche agricole, Centre de recherche et de politique économique en agriculture, Soudan.

Étant donné que ce dernier se limite à des bandes de terres étroites situées au bord du fleuve, la production agricole doit être intensifiée par la suppression des contraintes saisonnières tenant à la fourniture de l'eau et par l'équilibre de la demande et de l'offre d'eau. Ceci exige l'optimisation de l'utilisation des ressources. Le présent article se fonde sur des recherches effectuées sur le système public d'irrigation par pompage, système dans lequel il incombe entièrement aux fermiers la gestion de leurs plantations, le gouvernement se contentant de vendre l'eau et d'élaborer les politiques. Bien que d'importantes recherches biologiques aient été effectuées à ce niveau, la recherche sur l'allocation des ressources a été limitée. L'étude a exploré des alternatives visant à maximiser les gains des fermiers découlant des cultures vivrières et commerciales dans le cadre des combinaisons optimales et durables d'utilisation des rares ressources en eau, foncières, humaines et en capital. Ainsi, l'étude a-t-elle traité des questions concernant la sécurité alimentaire, la réduction de la pauvreté et les moyens de subsistance des agriculteurs.

## Matériels et méthodes

L'étude a été réalisée sur le système public d'irrigation d'Elzeidab de l'État du Nil, lieu où sont cultivées les céréales, les légumineuses et les cultures pérennes annuelles et où ont récemment été introduites la production animale et les cultures oléagineuses. L'étude a utilisé principalement des données primaires collectées en 2006 auprès de 70 exploitants agricoles sélectionnés de façon aléatoire au moyen d'un échantillonnage aléatoire proportionnel et d'un questionnaire structuré. Au nombre des techniques d'analyse figuraient les modèles de programmation linéaires et d'efficacité dans l'utilisation de l'eau, ainsi que des méthodes statistiques simples utilisant le Système général de modélisation algébrique (GAMS), les logiciels CropWat4, Excel et SPSS. Des données ont été collectées sur la gamme des cultures et l'affectation existante des ressources.

## Résultats

### Production de cultures vivrières et de rente

Bien que la plupart des plantes cultivées dans l'État soient hautement rentables, l'insuffisance de terres, d'eau, de main-d'œuvre et de capital entrave la génération de retombées suffisantes. La plus grande surface de terre (48 %) est affectée aux céréales, suivies des légumineuses (22 %). Une variété de légumes, d'épices et de cultures fourragères occupent de petites superficies. Les rendements cultureux étaient beaucoup plus faibles que les résultats des recherches ne l'indiquaient. Des écarts de rendement de 47 et de 81 % ont été enregistrés respectivement pour les haricots secs et les légumes, ce qui indique un potentiel élevé d'accroissement des rendements. Selon Peter (2001), chaque accroissement du rendement des cultures de 10 % réduit le nombre de personnes à faible revenu de 7,2 % en moyenne, en Afrique subsaharienne. Les coûts de production variables jouent un rôle singulier dans la production des cultures annuelles, pour lesquelles les coûts d'intrants matériels influencent largement les bénéfices réalisés (Doll et Orzem, 1984). L'étude a révélé que l'essentiel du coût de production est constitué d'environ 15 composantes. La plupart des personnes interrogées se sont plaintes du coût élevé des intrants de production. L'eau d'irrigation est considérée comme la principale ressource coûteuse, en raison du coût élevé du pompage de l'eau depuis le Nil. Toutefois, des agriculteurs sélectionnés irriguaient de façon invariable et excessive leurs cultures annuelles (Fig. 1), avec des exigences en termes d'eau pour les cultures par an dépassées de 60 %. Ceci laisse penser qu'il existe un fort potentiel d'utilisation de l'eau (par exemple, pour les cultures additionnelles) une fois que l'utilisation efficace de l'eau sera améliorée. La main-d'œuvre est également une ressource importante ; cependant, pour réduire les coûts de production, les agriculteurs avaient tendance à éviter d'employer des ouvriers agricoles salariés. En moyenne, les agriculteurs employaient deux membres de leur famille ; toutefois, des ouvriers agricoles sont recrutés respectivement pour 10 et 34 jours de travail pour la production de pois chiches et de pommes de terre.

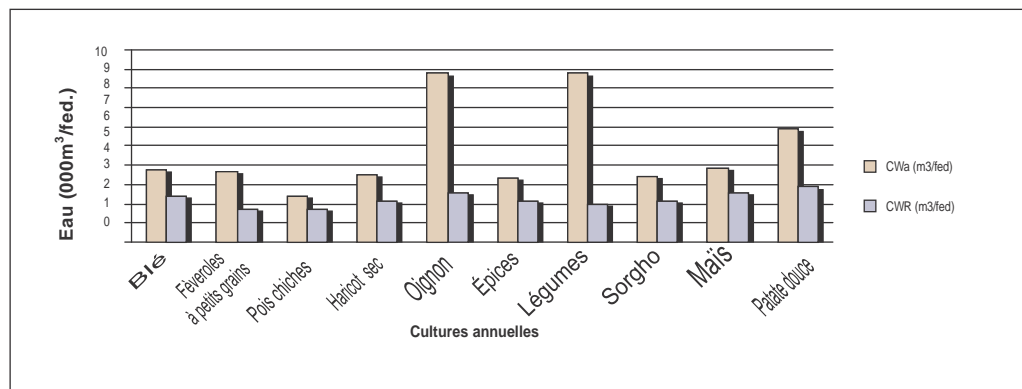


Figure 1. Écart physique entre les besoins en eau des cultures (BEC) et l'eau pour les cultures appliquées (ECA) pour les cultures à l'étude

Après la terre, l'eau et la main-d'œuvre, le quatrième pilier de la production est le capital. Le système financier formel ne fournit qu'une petite part du crédit utilisé par les agriculteurs et 93 % des agriculteurs ayant pris part à l'étude vivaient de leurs propres ressources, alors que des sources informelles telles que les commerçants villageois ne contribuaient qu'à hauteur de 2,8 %.

### Contribution des cultures à la sécurité alimentaire et à la réduction de la pauvreté des ménages

Les cultures annuelles, à savoir le blé, le sorgho, les légumineuses vivrières, les légumes et les cultures fourragères, sont généralement considérées comme étant les principales cultures vivrières et de rente. Toutefois, ces cultures jouent un rôle important en pérennisant la production des systèmes agricoles. Les décisions relatives aux quantités excédentaires commercialisables et à la durée de leur vente dépendent du type de culture. Étant donné la limitation des infrastructures, ceci conduit à des niveaux élevés de vente immédiatement après la récolte ; toutefois, une certaine quantité est retenue pour la vente au cours du reste de l'année : 88 % des produits sont vendus (77 % immédiatement après la récolte et 11 % conservés pour des ventes futures), les 12 % restants étant conservés au grenier. Environ 32 % des quantités conservées servaient de semence pour la prochaine saison et 68 % étaient destinés à la consommation des ménages. Parmi les cultures individuelles, les céréales et les légumineuses sont vendues, en partie, après la récolte et stockées en partie alors que les légumes, les épices et les pommes de terre sont vendus immédiatement à cause du manque d'infrastructures de stockage appropriées et de l'insuffisance de marchés. Les études ont pour la plupart confirmé que la diversification des sources de revenu pourrait renforcer la viabilité de l'agriculture. Beetz (2002) rapporte que l'intégration des arbres et des arbustes aux autres activités pratiquées sur une plantation peut créer des sources de revenus additionnelles, étendre le travail agricole sur l'année et accroître la productivité des autres activités, tout en protégeant le sol, l'eau, la faune et la flore.

Les transferts d'argent et les contributions des membres de la famille, l'emploi dans le secteur formel, le commerce et d'autres activités privées non champêtres constituent, dans la zone, les principales sources de revenu en dehors de l'agriculture (Tableau 1).

Près de 37 % des fermiers avaient des revenus hors travaux champêtres qui sont complémentaires de leurs revenus agricoles, contre 63 % comptant exclusivement sur les revenus agricoles. L'essentiel du revenu agricole provenait des cultures pérennes (78 %). La majorité des fermiers (63 %) ont diversifié leur production en cultivant plusieurs produits agricoles à la fois, pratiquant l'élevage aussi bien que les cultures annuelles et, quelques fois, des activités à valeur ajoutée. La diversification des activités rend plus facile le fait pour les ménages d'être davantage autosuffisants aux plans de la nutrition, de l'alimentation du bétail, des matières organiques du sol et de l'énergie.

Tableau 1. Source de revenu des ménages

Source de revenus	Valeur (SD) <sup>1</sup>	Revenu agricole (%)	Total (%)	Fermiers (%)
Revenus des cultures pérennes	1 870 280	78	–	–
Revenus des cultures annuelles	396 533	17	–	–
Revenus de l'élevage	107 059	5	–	–
Moyenne totale du revenu agricole	2 373 872	100	82	32
Moyenne totale du revenu non agricole	522 700	–	18	68
Moyenne totale du revenu des fermiers	2 896 572	–	100	100

(Source: Enquête sur le terrain, 2006.)

1. dinar soudanais = 0,50 \$ US.

## Production annuelle optimale obtenue par le modèle de l'État du Nil

L'approche de modélisation intégrée est utile pour établir un lien entre les facteurs biophysiques et socioéconomiques influençant la prise de décision relative aux petites exploitations agricoles et l'évaluation des options pour l'utilisation des ressources, en termes d'équilibre nutritif, d'utilisation de la main-d'œuvre, d'autonomie alimentaire et de solde de trésorerie (Fischer, 2001). Le contexte agricole des fermiers de l'État du Nil consiste à pratiquer des cultures annuelles et pérennes. L'élevage offre une solution prometteuse pour l'amélioration du système agricole et des moyens de subsistance des populations vivant aussi bien dans les zones rurales que dans les zones périurbaines. Le résultat découlant du modèle utilisé est la valeur objective de la fonction (revenus), la combinaison optimale des cultures et les ressources utilisées et assorties des productivités de leurs valeurs marginales respectives. Le modèle a révélé que l'utilisation optimale des terres est représentée exclusivement par les pois chiches et les haricots secs (sur 8,62 et 1,38 feddans [3,62 et 0,58 ha], respectivement), en raison des hauts rendements de ces cultures comparativement aux autres cultures annuelles soumises à l'étude. Les revenus réels générés par la production agricole étaient de 399 487 DS, contre 811 597 DS pour les rendements optimaux (soit un accroissement de 103 % par rapport aux niveaux actuels).

Le fermier moyen disposait de jusqu'à 10 feddans (4,2 ha) de terre, de 28 573 m<sup>3</sup> d'eau, de 191 jours de travail et de 179 532 SD (soit à peu près 870 \$US) comme capital disponible pour la campagne agricole. Conformément au modèle, des ressources ont été affectées à la culture des légumineuses vivrières. Le modèle a indiqué que toutes les autres cultures étaient impossibles, à moins que des améliorations ne soient réalisées. Toutefois, ces cultures sont considérées comme stratégiques (importantes pour la sécurité alimentaire et le revenu des ménages) ; par conséquent, des incitations devraient être fournies pour les rendre plus rentables. Les recherches ont mis au point un scénario basé sur une solution type afin de confirmer l'importance des cultures n'apparaissant pas dans le plan optimal. Le modèle a supposé une chute des prix du pois chiche, ainsi que du haricot sec comme phénomène dominant sur les marchés de l'État. La fluctuation saisonnière des prix est un aspect normal des produits agricoles dans l'État du Nil : les prix des denrées vivrières suivent en général un modèle saisonnier courant. Le modèle a prévu que la chute des prix du pois chiche et du haricot sec conduirait à une chute des marges brutes, mais que la marge demeurerait positive. Le Tableau 2 montre les résultats de la nouvelle solution type. L'analyse du scénario définit les changements des prix du pois chiche et du haricot sec dans la solution optimale. Le rendement optimal était de 845 496 DS, soit 112 % de plus que le rendement actuel. Les niveaux optimaux des ressources utilisées étaient de 10 feddans (4,2 ha, toutes les terres disponibles confondues), de 17 645 m<sup>3</sup> d'eau, de 133 jours de travail et de 202 608 DS de capital-numéraire, données inférieures aux quantités réelles disponibles. La répartition de la zone cultivée par feddan était variée, y compris tous les produits agricoles, à l'exception du maïs et de la fève de pois (Tableau 2).

Tableau 2. Impacts de la faiblesse des prix des pois chiches et des haricots secs

Éléments	Réel	Optimal	Unités
<i>Utilisation des ressources:</i>			
Superficie totale	10	10	feddan <sup>1</sup> m <sup>2</sup> jr. de travail
Eau d'irrigation totale	28 573	17 644,94	SD
Main-d'œuvre totale	191	133	SD
Capital total	267 118	202 608,4	
Rendements: valeur en objfn <sup>2</sup> (Z)	399 487,28	845 495,61	feddan
<i>Cultures:</i>			
			feddan
Blé	1,1	1,0	feddan
Féverole à petits grains	1,1	0,0	feddan
Pois chiche	0,3	1,0	feddan
Haricots secs	0,6	1,0	feddan
Oignon	0,6	1,0	feddan
Épices	0,9	0,5	feddan
Légumes	0,8	1,5	feddan
Sorgho	1,7	1,7	feddan
Mais	0,7	–	feddan
Pomme de terre	0,4	1,3	
Fouage	1,8	1,0	

(Source: résultat du modèle, 2008.)

<sup>1</sup>Feddan = 4200 m<sup>2</sup>.<sup>2</sup>objfn = fonction objective.

Les résultats indiquent qu'une manipulation cruciale est nécessaire pour stabiliser les sous-secteurs des ressources pour parvenir à la sécurité alimentaire, à la réduction de la pauvreté et à l'amélioration des moyens de subsistances des agriculteurs dans l'État. Les systèmes de denrées de base demeureront des sources dominantes d'approvisionnement en vivres et les activités agricoles optimisées sont des sources de revenu plus fiables. La diversification des cultures offre des rendements plus élevés découlant des investissements de ressources et doit, en conséquence, être orientée.

## Discussion et conclusion

La recherche démontre que l'État du Nil a la possibilité de jouer un rôle de premier plan dans la production de cultures annuelles, en raison de ses ressources naturelles stables et de grande qualité. Le présent document examine certaines des conclusions de l'étude de terrain et traite de l'utilisation des ressources pour la production agricole en termes de sécurité alimentaire et de réduction de la pauvreté. Nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

- le système agricole est dominé par la production céréalière, laquelle occupe 48 % des terres agricoles ;
- l'étude révèle la faible productivité des cultures vivrières et de rente, lesquelles représentent des cultures stratégiques et prometteuses ;
- l'irrigation de surface (le système dominant utilisé dans l'État) est considérée comme inefficace et onéreuse ;

- la production agricole dans l'État est présentée comme étant émaillée de difficultés. Ceci pourrait être attribué au coût élevé des nombreux intrants de production, mais l'eau d'irrigation est considérée comme étant la ressource la plus onéreuse ;
- le poste de coût de l'irrigation lié à la production de plantes de grandes cultures représentait 19 % du coût total de production – soit la variable de postes de coûts la plus élevée ;
- le manque général de sensibilisation au sujet de l'optimisation de l'utilisation de ressources chez les fermiers enquêtés pourrait être dû à la limitation des services de vulgarisation ;
- les cultures annuelles dans l'État sont bien établies, diversifiées et économiquement importantes ;
- les fermiers participant au projet n'allouaient pas de façon optimale les ressources disponibles et ne consacraient que de petites portions de leurs terres agricoles aux cultures les plus rentables, à savoir les légumineuses vivrières.

Au regard des conclusions précédentes et des résultats obtenus, l'étude a indiqué ce qui suit :

- le potentiel de production de cultures vivrières et de rente dans la zone est fort prometteur, au regard des vastes ressources naturelles disponibles. Les décideurs de l'État devraient envisager l'utilisation économique des ressources rares afin d'accroître les marges brutes agricoles, de préserver la fertilité des sols et d'accroître la viabilité des plantations ;
- si la contribution attendue des cultures annuelles aux apports d'éléments nutritifs aux ménages peut être favorisée par la diversification et l'optimisation de la productivité agricole, la réduction du besoin d'achat d'intrants et (à terme) le développement de l'orientation commerciale des ménages en faveur d'un gain de revenu additionnel peuvent conduire à une optimisation de l'utilisation des ressources ; cette situation contribuera ainsi à la réduction de la faim et de la pauvreté. L'intervention et l'application d'approches participatives pourraient permettre d'y arriver ;
- en raison du fait que les services de base sont considérés comme un écueil chronique auquel se heurte la production dans l'État, l'intervention est nécessaire afin de créer des infrastructures (routes, magasins, stations de transformation) ;
- l'étude a identifié le fait que les fermiers considéraient la mauvaise utilisation des ressources comme étant une question de coût, alors qu'ils ignoraient la dimension de l'impact environnemental négatif. Il est, dès lors, fort important de sensibiliser les fermiers aux questions environnementales, à travers un mécanisme efficace qui peut être appliqué par le système de vulgarisation ;
- les cultures annuelles soumises à l'étude ont, pour l'essentiel, été considérées comme étant des cultures à faible valeur. Des incitations devraient être fournies, afin de rendre ces cultures plus rentables, du fait de leur importance pour la sécurité alimentaire. Au nombre des politiques pertinentes, peuvent figurer la réduction des coûts de production ou des interventions pour l'achat de ces produits à des coûts raisonnables ;
- la combinaison appropriée des ressources foncières, en eau, humaines et en capital pour produire des cultures vivrières et de rente dans la zone couverte par l'étude est très importante et devrait être bien élaborée et appliquée.

## Références

Beetz. A. 2002. *Agroforestry Overview. Horticulture Systems Guide*. National Sustainable Agriculture Information Services Publication #IP155. ATTRA, Fayetteville, AR, États-Unis.



- De Pauw, E. 2009. 'Preliminary results of assessment and mapping of poverty-related natural resources in Sudan'. Presented at the workshop on 'Poverty Assessment and Mapping in Sudan', Khartoum, mai 2009.
- Doll, J.P. et Orzem, F. 1984. *Production Economics Theory with Application* (2nd edn). John Wiley & Sons, Ontario, Canada.
- Elsir, A., Idris, M. et Faki, H.H. 2004. 'Irrigated benchmark site project for Sudan'. Project proposal presented at the Annual Meeting of Wheat and Food Legume Crops Committees, Wadmadni, Soudan.
- Fischer, G. 2001. 'Integrating biophysical and socioeconomic factors in modelling impacts of global environmental change'. In Matsuno, T. et Kida, H. (eds) *Present and Future of Modeling Global Environmental Change: Toward integrated modeling*. Terra Scientific, Tokyo, Japon.
- MAF. 2006. *Annual Report 2000*. Ministry of Agriculture and Forestry, Khartoum, Soudan.
- Peter, S. 2001. 'Economics of organic farming'. In Wallace, J. (ed.) *Organic Field Crop Handbook*. Canadian Organic Growers, Ottawa, Canada.

# Élaboration de systèmes de surveillance appropriés des nuisibles et maladies apicoles pour une amélioration de la production de miel et d'autres produits de la ruche en Ouganda

Robert Kajobe<sup>1</sup>

*Mots clés : zones agro-écologiques, BQCV, nuisibles des abeilles, lutte contre les nuisibles des abeilles, distribution, PCR, Ouganda, agents pathogènes viraux*

## Résumé

L'apiculture en Ouganda est essentielle et vitale en tant que source d'alimentation, d'emploi, de réduction de la pauvreté, de diversification de la base d'exportation et de préservation de l'environnement. En 2005, l'Union européenne a autorisé l'Ouganda à exporter du miel sur son marché, offrant ainsi à ce pays une grande opportunité. Toutefois, les efforts visant à accroître la production sont sapés par des écueils relevant de la production, de la transformation, du conditionnement, du stockage et de la commercialisation. Il existe une insuffisance d'informations sur les nuisibles et maladies apicoles. L'objectif de la présente étude était d'élaborer un système de surveillance approprié des nuisibles et maladies apicoles, afin d'améliorer la qualité du miel et autres produits de la ruche en Ouganda. La collecte des données a été effectuée dans les différentes zones agro-écologiques de l'Ouganda. Dans chaque zone, on a inventorié les connaissances indigènes sur les parasites des abeilles et leur prévalence par l'utilisation d'outils d'évaluation participative en milieu rural, tels que le classement par paire. Des échantillons d'abeilles ont été conservés dans une solution d'éthanol à 70 %, aux fins d'examen. Certains spécimens ont été disséqués et analysés au microscope afin de détecter la présence de parasites et de nuisibles. Un simple test de faisabilité des matériels et techniques locaux, en ce qui concerne les méthodes de lutte contre les nuisibles, a été effectué. Pour l'analyse moléculaire des maladies apicoles, des échantillons ont été sélectionnés pour dépister sept virus des abeilles : le virus de la cellule royale noire (BQCV), le virus de la paralysie chronique de l'abeille (CBPV), le virus couvain sacciforme (SBV), le virus de l'aile déformée (DWV), le virus de la paralysie aiguë de l'abeille (ABPV), le virus invertébré iridescent 24 (AIV) et le virus israélien de la paralysie aiguë (IAPV). Les résultats ont montré l'existence de 12 nuisibles et prédateurs des abeilles. Au nombre des nuisibles en quantité importante figuraient les fourmis noires, les fourmis rouges, les petits coléoptères de la ruche et les vers de la cire. La production de miel avec les ruches traditionnelles a été extrêmement affectée par les nuisibles, suivie de celle des ruches à barrettes supérieures. Les ruches Langstroth étaient les moins affectées par les nuisibles. Parmi les méthodes efficaces de lutte contre les nuisibles, on comptait le maintien du rucher propre et sain, le non-jet de gâteaux de miel tout autour du rucher. De nombreux apiculteurs ont fabriqué des bio-pesticides pour lutter contre les nuisibles. Lors de la sélection moléculaire des abeilles, aucun échantillon n'a réagi positivement au dépistage du DWV, du SBV, du CBPV, de l'ABPV, de l'IAPV ou de l'AIV. Toutefois, si on a noté la présence du BQCV dans 32 échantillons sur 90 testés, dans des échantillons adultes et larvaires, il n'en existait, par contre, dans aucun des échantillons de nymphes, même ceux provenant des colonies testées positives au BQCV. Le virus a bien plus souvent été détecté chez les abeilles adultes (88 % des échantillons) que chez les abeilles jeunes (13 %). Les valeurs limites du cycle pour le BQCV se situaient entre 21 et 35, et il n'a été détecté aucun écart dans les niveaux d'infection entre les abeilles adultes et celles au stade larvaire.

1. Responsable du Programme de recherches en apiculture, de l'Organisation nationale pour la recherche agricole (NARO), à l'Institut national de recherche sur les ressources de l'élevage, (NaLIRRI), PO Box 96, Tororo, Ouganda.

## Introduction

L'apiculture est importante en tant que source d'alimentation, d'emploi, de réduction de la pauvreté en zone rurale, de diversification de la base des exportations et de préservation de l'environnement (MAAIF et MFPED, 2000). Comparativement à d'autres projets agricoles, tels que la pisciculture (aquaculture), l'élevage de volaille et de bétail, l'apiculture est une entreprise à faible investissement qui peut être réalisée par la plupart des populations, en particulier les populations vulnérables (les femmes, les jeunes, les handicapés et les personnes âgées). Les industries pharmaceutiques et cosmétiques utilisent les produits de la ruche tels que le miel, la propolis, la gelée royale, le venin et la cire d'abeilles (UEPB, 2005). Le miel et les couvains de l'abeille sont des sources d'aliments à forte teneur en glucides et en protéines que les populations rurales peuvent se procurer à faible coût (FAO, 1990).

Le service le plus important que les abeilles mellifères rendent aux humains est la pollinisation des cultures agricoles et sylvicoles. Toutefois, les agriculteurs ont peu d'informations sur l'importance des agents de pollinisation. Selon le Secrétariat du Commonwealth (2002), les abeilles mellifères sont utilisées en Ouganda pour la pollinisation du café, du thé, du coton, des légumineuses à grains, des graines oléagineuses, du maïs, du sorgho, de la mangue, de l'orange, des pois, des haricots et des épices.

Il existe des marchés locaux et internationaux pour les produits de la ruche. Toutefois, le marché international en expansion pour le miel spécialement parfumé et organique est inexploité en Ouganda. En 2005, l'Union européenne a autorisé l'Ouganda à exporter du miel sur son marché, offrant ainsi à ce pays une immense opportunité. Les efforts visant à accroître la production sont toutefois minés par divers écueils tenant à la production, à la transformation, au conditionnement, au stockage et à la commercialisation (UEPB, 2005). Afin de produire et d'exporter le miel, l'Ouganda doit entretenir une forte population d'abeilles en bonne santé. Toutefois, il existe peu d'informations dans le pays sur les nuisibles et les maladies apicoles. On suspecte que les populations des colonies existantes dans le pays sont en déclin à cause des parasites et des maladies, ce qui a un effet négatif sur la productivité.

Il est nécessaire de lutter contre les principaux parasites et agents pathogènes affectant les abeilles mellifères et, partant, la qualité de leurs produits. Il n'existe, concernant la surveillance des parasites et des maladies apicoles, aucun système national adapté à leur éradication et à la création de zones d'exportations exemptes de nuisibles et de maladies. Des programmes efficaces d'éradication requièrent qu'un système efficace de lutte contre les nuisibles et les maladies apicoles soit mis en place, mais ce dernier reste encore à créer en Ouganda.

## Objectif général

L'objectif général de l'étude était d'élaborer un système de surveillance approprié des nuisibles et maladies apicoles afin d'améliorer la qualité du miel et d'autres produits de la ruche en Ouganda.

## Objectifs spécifiques

- documenter les nuisibles et maladies apicoles dans les différentes zones agro-écologiques de l'Ouganda ;
- évaluer la prévalence des nuisibles et maladies affectant les colonies d'abeilles et, partant, leur production ;
- examiner et documenter les méthodes organiques (protectrices des abeilles) de lutte contre les nuisibles et maladies apicoles ;
- engager des échanges avec les apiculteurs et d'autres parties prenantes, pour partager des expériences en matière de méthodes de lutte contre les nuisibles et maladies apicoles.

## Matériels et méthodes

### Site de l'étude

La collecte des données a été effectuée dans différentes zones agro-écologiques de l'Ouganda. Celles-ci sont classées sur la base des types de végétation distincts, des conditions d'élevation et climatiques.

### Échantillonnage des parasites des abeilles

La collecte des données relatives aux nuisibles des abeilles a été effectuée de février 2007 à juin 2009, dans cinq des 10 zones agro-écologiques du pays. Un district a été sélectionné dans chaque zone (Kampala à Lake Victoria Crescent ; Mbale à l'Est ; Hoima à Lake Albert Crescent ; Lira dans la zone mi-septentrionale ; Kabarole sur les hauts plateaux de l'Ouest). La sélection des zones agro-écologiques a été guidée par le nombre de groupes d'apiculteurs et la productivité de miel dans les zones. L'étude a pris la forme d'une recherche-action participative. La collecte de données au sein de chaque zone impliquait le recueil des connaissances indigènes auprès des agriculteurs, au sujet des différents nuisibles des abeilles et de leurs prévalences, en utilisant des outils d'évaluation participative en milieu rural (PRA) tels que le classement préférentiel par paire. Dans chaque zone, l'intensité de l'échantillonnage a tenu compte du degré de pratique de l'apiculture. Des échantillons d'abeilles collectés à partir des ruches dans différentes zones ont été préservés dans de l'éthanol à 70 % pour un examen morphologique. Certains échantillons ont été disséqués et examinés au microscope, afin de détecter les parasites et nuisibles. Les échantillons d'éléments infectés et d'autres produits de la ruche ont également été collés pour une analyse en laboratoire. Un simple test de faisabilité a été effectué afin d'analyser les matériels et techniques locaux de lutte antiparasitaire. Les fermiers et les chercheurs ont travaillé en tant que partenaires du processus de développement technologique. Les essais participatifs ont également aidé à confirmer l'évaluation, par les agriculteurs, de la pratique et de leurs idées sur la façon dont celle-ci peut être modifiée, ainsi qu'à observer leurs innovations.

### Sélection moléculaire des abeilles

Dans la première étude du genre effectuée en Ouganda, des abeilles mellifères (*Apis mellifera*) au stade larvaire, de nymphes et d'adultes ont été collectées (entre février 2007 et mai 2008) sur des sites d'apiculture situés dans neuf des 10 zones agro-écologiques de l'Ouganda – zone Est, Lake Albert Crescent, Lake Victoria Crescent, zone mi-septentrionale, Sud-est, terres arides du Sud, hauts plateaux du Sud, zone Ouest du Nil et hauts plateaux de l'Ouest. Dans chaque zone, l'intensité de l'échantillonnage reflétait la densité florale et la façon dont l'apiculture y était appliquée. Au total, 138 colonies ont fait l'objet d'échantillonnage sur 63 sites. Étant donné que les virus infectent tous les stades de développement des abeilles (Chen *et al.*, 2006), des spécimens larvaires, de nymphes et d'adultes ont été prélevés sur chaque site. Tous les échantillons ont été conservés dans de l'alcool à 70 % avant l'extraction de l'ARN.

Tous les diagnostics moléculaires ont été effectués en utilisant un PCR en temps réel (TaqMan) au sein de l'Unité technologique moléculaire de l'Agence de recherche sur les produits alimentaires et l'environnement, de York, au Royaume-Uni. Les échantillons ont été sélectionnés pour détecter la présence de sept virus infectant les abeilles : le virus de la cellule royale noire (BQCV), le virus de la paralysie chronique de l'abeille (CBPV), le virus du couvain sacciforme (SBV), le virus de l'aile déformée (DWV), le virus de la paralysie aiguë de l'abeille (ABPV), le virus invertébré iridescent 24 (AIV) et le virus israélien de la paralysie aiguë (IAPV). Un contrôle interne destiné à détecter le gène rRNA 18S de l'*Apis mellifera*, a été intégré à l'étude afin de comparer les efficacités d'extraction entre les échantillons et de faciliter l'interprétation des résultats négatifs (Ward *et al.*, 2007).

La valeur  $C_T$  (valeur limite du cycle), qui est le nombre de cycles requis pour que le signal fluorescent dépasse le seuil, a été évaluée au moyen du logiciel de détection de séquence v.2.2.2 (Applied Biosystem). Les échantillons donnant les valeurs  $C_T$  les plus faibles ont été sélectionnés pour des essais de confirmation, en utilisant un séquençage direct. Cette sélection de virus candidats a été faite en raison de leur association avec les colonies d'abeilles connues, des dommages que ces virus peuvent causer, et de leur importance économique forte ou potentiellement élevée dans l'apiculture internationale de l'Afrique.

## Résultats

### Nuisibles de l'abeille

Au moins douze nuisibles et prédateurs d'abeilles affectant la production apicole ont été enregistrés (Tableau 1). Selon le classement par paire, les parasites les plus importants causant des pertes économiques aux apiculteurs étaient (par ordre d'importance) : les fourmis noires, les fourmis rouges, les coléoptères des petites ruches et les vers de la cire. Les oiseaux, les serpents, les araignées et les rats étaient les nuisibles les moins importants. Les termites détruisaient les ruches des abeilles qui étaient négligées. Au moins 41 % des apiculteurs ont fait état de la destruction de leurs colonies par des nuisibles et des maladies. La production de miel au moyen des ruches traditionnelles était la plus affectée par les nuisibles, avec 35 % de pertes de rendement ; suivie de la ruche à barrette supérieure avec 21 % de pertes. Les ruches Langstroth étaient les moins affectées par les nuisibles avec 15 % pertes.

Au nombre des symptômes que les apiculteurs utilisaient pour diagnostiquer la présence de parasites dans leurs ruches, figuraient les vols entrants et sortants très fréquents sans aucune charge visible, la présence de nuisibles dans les ruches, la réduction de l'occupation de la ruche et l'évasion. Les méthodes efficaces de lutte contre les nuisibles comprenaient le maintien du rucher propre et sain ; le fait d'éviter de jeter les rayons de miel tout autour du rucher ; l'enfumage fréquent des ruches (afin de chasser les coléoptères des petites ruches). Beaucoup d'apiculteurs ont fabriqué des bio-pesticides pour lutter contre la plupart des nuisibles. Au nombre des principaux ingrédients entrant dans la fabrication de ces pesticides, figuraient le piment rouge, l'argousier (*Azadirachta indica*) et l'espèce *Tephrosia*. Le maintien du rucher soigné et propre était la méthode la plus efficace de lutte contre les nuisibles. L'application de cendres au pied de la ruche dans le rucher et l'élévation d'une haie autour du rucher sont des méthodes efficaces de lutte organique contre les nuisibles (Tableau 2). La plupart des bio-pesticides étaient mélangés à la cendre et à l'urine, puis aspergés directement sur les nuisibles ou sur leur chemin.

Tableau 1. Prévalence des nuisibles des abeilles et des prédateurs affectant les colonies

Nuisibles	Les plus courants (très fréquents)	Courants (fréquents)	Peu courants (rares)
Coléoptères des petites ruches		x	
Oiseaux		x	
Ratels, renards, chimpanzés			x
Lézards		x	
Hommes	x		
Rats			x
Fourmis rouges	x		
Petites fourmis noires	x		
Serpents			x
Araignées			x
Vers de la cire		x	

Tableau 2. Méthodes traditionnelles/organiques locales (de protection des abeilles) pour la lutte contre les parasites des abeilles

Méthodes	Très efficaces	Efficaces	Moins efficace
Application de cendres dans le rucher		x	
Absence de jet/d'éparpillement de rayons de miel et du miel tout autour du rucher	x		
Érection de haie autour du rucher			x
Enfumage fréquent des ruches (grand nombre de nuisibles)	x		
Maintien du rucher propre et sain	x		
Positionnement des ruches sur des fils		x	
Utilisation de supports de ruche placés dans de l'huile de moteur usagée		x	
Utilisation de bio-pesticides	x		

## Maladies des abeilles

Aucun échantillon n'a réagi positivement au dépistage du DWV, SBV, CBPV, de l'ABPV, de l'IAPV ou de l'AIV. Toutefois, on a identifié une présence du BQCV dans 32 des 90 échantillons testés (soit une occurrence de 36 %) ; tous les contrôles des prélèvements témoins ont réagi négativement au dépistage de tous les sept virus responsables des maladies d'abeilles. Le BQCV a été identifié dans les échantillons adultes et larvaires, mais aucun n'a été dépisté dans les nymphes sélectionnées au cours de la présente étude, encore moins dans les échantillons prélevés à partir des colonies infectées par le BQCV. Le virus a été détecté beaucoup plus souvent chez les adultes (88 % des échantillons) que chez les jeunes abeilles (13 %).

Les valeurs seuils du cycle (CT) pour le BQCV se situent entre 21 et 35, et il n'a été détecté aucun écart dans les niveaux d'infection entre les abeilles adultes et celles au stade larvaire. Le matériel infecté par le BQCV provenait de sept zones agro-écologiques ayant fait l'objet d'échantillonnage, les deux exceptions en la matière étant le Sud-est et les hauts plateaux du Sud. Le BQCV était plus répandu dans les échantillons provenant des hauts plateaux de l'Ouest, où il a été identifié sur sept sites (ce qui représente plus de 40 % des résultats positifs pour le BQCV au plan national). Il était comparativement moins répandu dans les zones Est (identifié sur trois sites) et présent sur les sites individuels situés ailleurs.

## Discussion

### Nuisibles des abeilles

Il est de notoriété publique qu'une grande variété de nuisibles et de prédateurs attaquent les abeilles mellifères adultes, les abeilles au stade de couvains, les matières stockées dans la ruche, voire la ruche elle-même (Caron, 1999). Certains de ces organismes peuvent simplement utiliser la ruche comme un lieu pour vivre ou en tant qu'abri pour leurs propres petits/nids, mais d'autres peuvent causer des dommages en se nourrissant de miel, de pollen, de restes de couvain ou de cire. Les fourmis noires sucent le miel et tuent les nymphes et les œufs. Elles sont trop petites pour être arrêtées par les gardiens de la ruche et, dans bien de cas, elles font fuir les abeilles de la ruche. Les vers de la cire sont des nuisibles opportunistes ; ils pondent leurs œufs rapidement sur les nids d'abeilles plus anciens et abandonnés dans l'habitat d'une faible colonie. Les oiseaux mangent les abeilles, surtout celles qui butinent à la recherche de nectar. La FAO (1990) note que les termites ne recherchent que du bois et peuvent ne pas être classées dans la catégorie des nuisibles. Les personnes interrogées ont rapporté que les lézards se nourrissent d'abeilles et de miel. Les apiculteurs ont fait une démonstration des méthodes locales de lutte antiparasitaire, notamment pour les parasites tels que les fourmis noires, les fourmis rouges et les termites. Ils sont venus à bout de la plupart des nuisibles, notamment des nuisibles rampants, en posant les ruches sur des fils électriques et cet emplacement a été considéré comme une méthode efficace de lutte contre les parasites rampants. Nsubuga (2000) rapporte que les apiculteurs du district de Luweero luttent contre les fourmis en posant leurs ruches sur des fils électriques enduits de graisse.

Les piliers des ruches servaient également à la lutte contre les nuisibles rampants : les pieds des ruches étaient posés dans un récipient contenant de l'huile de moteur usagée ou dans un anneau de graisse situé entre la ruche et le sol. Les piliers de la ruche étaient traités alternativement à l'huile de moteur usagée, laquelle est fort efficace (FAO, 1990). Des plaques métalliques peuvent aussi être placées sur les piliers pour empêcher les lézards d'atteindre les ruches. De même, Nsubuga (2000) suggère qu'une combinaison de cendre et de graisse peut être utilisée pour lutter contre les fourmis. Les bio-pesticides sont, pour l'essentiel, mélangés à la cendre et à l'urine et répandus par la suite directement sur les nuisibles ou leur passage. La plupart des bio-pesticides ne sont pas dangereux pour les abeilles, comparativement aux pesticides inorganiques. Les ingrédients utilisés, en majorité, dans la lutte contre les nuisibles et les maladies sont disponibles localement et sont à la portée de la bourse des fermiers. De même, aux dires des apiculteurs, une bonne gestion de la ruche peut être une méthode efficace de lutte contre les nuisibles et les maladies qui attaquent les colonies d'abeilles.

## Maladies des abeilles

Seul le BQCV a été détecté dans les colonies d'abeilles. Il s'agit du premier dépistage moléculaire du BQCV dans tous les stocks d'abeilles mellifères d'Afrique de l'Est. Le BQCV a été isolé pour la première fois dans les années 70, à partir des restes des reines en développement trouvées en décomposition au sein des cellules noircies (Bailey et Woods, 1977). Certes, le BQCV affecte tous les stades du cycle de vie de l'*A. mellifera*, mais il est plus souvent détecté chez les abeilles adultes que chez celles au stade de larve ou de nymphe (Tentcheva *et al.*, 2004) ; ceci s'est avéré être également le cas dans les échantillons ougandais infectés par le BQCV. Le cycle d'incidence annuelle du BQCV est étroitement lié à celui d'un parasite apicole intestinal microsporidien, le *Nosema apis*, et il a été indiqué que la présence du virus accroît la pathogénicité du *N. apis* (Bailey *et al.*, 1981, 1983). À ce jour, l'incidence du *N. apis* en Ouganda est méconnue. En ce qui concerne les implications de l'infection à BQCV pour l'apiculture ougandaise, à l'exception d'un cas, les échantillons prélevés aux fins de la présente étude provenaient de colonies asymptomatiques. Par conséquent, il est probable que la présence du virus au sein d'une colonie n'entraîne pas nécessairement une maladie patente. Il a été observé ailleurs que divers types de virus sont susceptibles d'être identifiés chez des abeilles au stade adulte et de nymphe apparemment en bonne santé (Hung *et al.*, 1996), et que la mortalité due au virus ne surviendra que lorsque lesdits virus se manifesteront au sein de colonies co-infestées par l'acarien parasite connu sous le nom de *Varroa destructor* (Hung *et al.*, 1996).

Bien qu'il n'existe pas de données disponibles sur les incidences du *Varroa* en Ouganda, on pense que ladite mite n'existe pas dans ce pays (observation personnelle) et les preuves actuelles laissent penser que le *Varroa* est également absent des pays limitrophes que sont le Kenya, la Tanzanie, le Soudan et la RD Congo (Griffiths et Bowman, 1981 ; Kigatiira, 1984). L'acarien est répandu dans beaucoup d'autres pays du reste du monde, s'étant rapidement propagé de l'extérieur de son habitat naturel situé en Asie pour atteindre tous les continents à l'exception de l'Australie. La présence du *Varroa* et sa propagation ont été confirmées en Afrique subsaharienne (Allsop, 1999), y compris dans un rapport récent publié au Nigéria (Ukattah, 2008). Ceci signifie que pendant que l'impact actuel du BQCV en Ouganda peut être minime, si les acariens *Varroa* venaient à atteindre les districts où le BQCV est endémique, alors la combinaison de l'acarien et du virus pourraient avoir un effet dévastateur plus important sur l'apiculture. Les données résultant de la récente étude démontrent clairement la présence d'au moins un virus dans les stocks apicoles ougandais. Le dépistage de virus additionnel potentiellement destructeur, par exemple le virus aux ailes nuageuses, et la caractérisation plus poussée du BQCV d'origine ougandaise pourraient fournir des informations utiles sur la provenance du virus.

## Outils et stratégies d'information et de communication utilisés

Les résultats des recherches ont été diffusés aux acteurs de la filière apicole pour les tenir informés des nuisibles et maladies importantes des abeilles prévalant en Ouganda.

Les outils et stratégies suivants de communication ont été utilisés à des fins de transfert de technologies : ateliers de formation de fermiers qui ont été bénéfiques aux apiculteurs ; production et distribution aux apiculteurs, de supports d'information (dépliants, brochures et posters) ; utilisation de moyens de communication pour sensibiliser une communauté agricole plus large (radio FM et journaux locaux) ; visites de fermes (de ruchers) organisées afin de permettre aux apiculteurs de partager leurs connaissances, compétences et expériences ; démonstrations au rucher de l'Institut national de recherche sur les ressources animales ; participation à des salons de l'agriculture et publication de revues scientifiques ciblant la communauté scientifique.

Tableau 3. Incidence du BQCV à différents stades de développement de l'abeille dans neuf zones agro-écologiques en Ouganda

Zone agro-écologique	District	Nbre.de sites	Stade du cycle de vie de l'abeille	Valeur moyenne $\bar{C}$ ( $\pm$ SD)	
				Testé positif au BQCV	18S en contrôle interne rRNA
Est	Mbale	1	Adulte	38,48 ( $\pm$ 2,143)	15,05 ( $\pm$ 0,102)
	Mbale		Adulte	30,91 ( $\pm$ 0,044)	15,17 ( $\pm$ 0,020)
	Mbale		Adulte	29,97 ( $\pm$ 0,125)	16,98 ( $\pm$ 0,128)
	Mbale	2	Adulte	34,77 ( $\pm$ 0,071)	15,71 ( $\pm$ 0,124)
	Mbale		Larvaire	32,16 ( $\pm$ 0,320)	13,97 ( $\pm$ 0,038)
	Mbale	3	Larvaire	21,56 ( $\pm$ 0,312)	14,60 ( $\pm$ 0,053)
Lake Albert Crescent	Mubende		Larvaire	28,12 ( $\pm$ 0,007)	13,87 ( $\pm$ 0,082)
	Hoima	1	Adulte	33,59 ( $\pm$ 0,342)	16,05 ( $\pm$ 0,007)
	Hoima		Adulte	32,10 ( $\pm$ 0,195)	15,32 ( $\pm$ 0,227)
Lake Victoria Crescent	Hoima		Adulte	33,71 ( $\pm$ 0,575)	15,56 ( $\pm$ 0,034)
	Mubende	1	Adulte	31,52 ( $\pm$ 0,583)	22,70 ( $\pm$ 0,367)
Mi-septentrionale	Mubende		Adulte	33,70 ( $\pm$ 0,068)	28,77 ( $\pm$ 0,115)
	Lira	1	Adulte	38,27 ( $\pm$ 0,395)	18,45 ( $\pm$ 0,072)
Sud-est	Aucun échantillon n'a réagi positivement au dépistage du BQCV				
Zones arides du Sud	Mbarara	1	Adulte	27,47 ( $\pm$ 0,428)	16,96 ( $\pm$ 0,060)
Hauts plateaux du Sud	Aucun échantillon n'a réagi positivement au dépistage du BQCV				
Ouest du Nil	Yumbe	1	Adulte	30,22 ( $\pm$ 0,468)	14,31 ( $\pm$ 0,071)
	Yumbe		Adulte	32,17 ( $\pm$ 1,316)	14,37 ( $\pm$ 0,062)
	Yumbe		Adulte	30,54 ( $\pm$ 0,171)	14,38 ( $\pm$ 0,105)
	Yumbe		Adulte	32,75 ( $\pm$ 0,222)	15,20 ( $\pm$ 0,132)
	Yumbe		Larvaire	36,97 ( $\pm$ 4,279)	14,31 ( $\pm$ 0,225)
Hauts plateaux de l'Ouest	Kabarole	1	Adulte	35,84 ( $\pm$ 0,122)	22,76 ( $\pm$ 0,079)
	Kabarole	2	Adulte	33,17 ( $\pm$ 0,948)	17,45 ( $\pm$ 0,364)
	Kabarole		Adulte	30,34 ( $\pm$ 0,027)	15,96 ( $\pm$ 0,042)
	Kabarole		Adulte	28,74 ( $\pm$ 0,566)	16,75 ( $\pm$ 0,020)
	Kabarole	3	Adulte	35,72 ( $\pm$ 2,277)	18,10 ( $\pm$ 0,005)
	Kabarole	4	Adulte	35,62 ( $\pm$ 0,676)	16,90 ( $\pm$ 0,365)
	Kabarole	5	Adulte	32,83 ( $\pm$ 0,500)	20,13 ( $\pm$ 0,198)
	Kabarole		Adulte	29,82 ( $\pm$ 0,046)	16,04 ( $\pm$ 0,030)
	Kabarole		Adulte	30,00 ( $\pm$ 0,075)	18,16 ( $\pm$ 0,050)
	Kabarole		Adulte	28,76 ( $\pm$ 2,083)	17,02 ( $\pm$ 0,027)
	Kabarole	6	Adulte	38,36 ( $\pm$ 2,326)	16,00 ( $\pm$ 0,036)
	Kabarole		Adulte	34,32 ( $\pm$ 0,246)	16,87 ( $\pm$ 0,167)
	Kyenjojo	7	Adulte	32,03 ( $\pm$ 0,199)	16,16 ( $\pm$ 0,186)



## Impact sur l'agriculture et les moyens de subsistance en zone rurale

L'impact sur l'agriculture et les moyens de subsistance en zone rurale intègre l'identification des principaux nuisibles et maladies affectant les colonies d'abeilles en Ouganda, la détermination de la prévalence et de la distribution des maladies affectant les colonies d'abeilles et la détermination des effets des nuisibles et maladies des abeilles sur la production de miel et d'autres produits de la ruche. Les résultats de la présente étude ont servi à élaborer un système national de surveillance des nuisibles et des maladies des abeilles pour une production améliorée de miel et d'autres produits de la ruche.

## Références

- Allsop, M.H. 1999. 'Varroa mite threatens African honey bees'. *Plant Protection News* 55: 6–7.
- Bailey, L. et Woods, R.D. 1977. 'Two more small RNA viruses from honey bees and further observations on sacbrood and acute bee-paralysis viruses'. *J. General Virology* 37: 175–182.
- Bailey, L., Ball, B.V. et Perry, J.N. 1981. 'The prevalence of viruses of honey bees in Britain'. *Annals of Applied Biology* 97: 109–118.
- Bailey, L., Ball, B.V. et Perry, J.N. 1983. 'Association of viruses with two protozoal pathogens of the honey bee'. *Annals of Applied Biology* 103: 13–20.
- Caron, D.M. 1999. *Honey Bee Biology and Beekeeping*. Wicwas Press, Cheshire, CT, États-Unis.
- Chen, Y., Evans, J. et Feldlaufer, M. 2006. 'Horizontal and vertical transmission of viruses in the honey bee, *Apis mellifera*'. *J. Invertebrate Pathology* 92: 152–159.
- Commonwealth Secretariat. 2002. Uganda: Strategy for Development of the Apiculture Sector. Final Report. Commonwealth Secretariat, Londres, Royaume-Uni.
- FAO. 1990. *Beekeeping in Africa*. Agricultural Services Bulletin 68/6. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie.
- Griffiths, D.A. et Bowman, C.E. 1981. 'World distribution of the mite *Varroa jacobsoni*, a parasite of honeybees'. *Bee World* 62: 154–163.
- Hung, A.C.F., Shimanuki, H. et Knox, D.A. 1996. 'Inapparent infection of acute paralysis virus and Kashmir bee virus in the US honey bees'. *American Bee Journal* 136: 874–876.
- Kigatiira, K.I. 1984. 'Bees and beekeeping in Kenya'. *Bee World* 65: 74–80.
- MAAIF et MFPED. 2000. *Plan for Modernisation of Agriculture: Eradicating Poverty in Uganda*. Government Strategy et Operational Framework. Ministry of Agriculture, Animal Industry et Fisheries/Ministry of Finance, Planning et Economic Development, Government of Uganda, Kampala.
- Nsubuga, E.G.B. 2000. *The Uganda Bee Industry*. Apiary Development Unit, Ministry of Agriculture, Animal Industry et Fisheries, Entebbe, Ouganda.
- Tentcheva, D., Gauthier, L., Zappulla, N., Dainat, B., Cousserans, F., Colin, M.E. et Bergoin, M. 2004. 'Prevalence et seasonal variations of six bee viruses in *Apis mellifera* L. et *Varroa destructor* mite populations in France'. *Applied Environmental Microbiology* 70: 7185–7191.
- UEPB. 2005. *Uganda Apiculture Export Strategy*. A Report by UEPB and the Sector Counterpart Team. Uganda Export Promotion Board/ITC, Kampala.
- Ukattah, M. 2008. 'Varroa in Nigeria'. *Bees for Development* 86: 11.
- Ward, L., Waite, R., Boonham, N., Fisher, T., Pescod, K., Thompson, H., Chantawannakul, P. et Brown, M. 2007. 'First detection of Kashmir bee virus in the UK using real-time PCR'. *Apidologie* 38:181–190.

# Variation de l'activité biologique sur des parcelles comportant des cordons pierreux dans la province de Kouritenga, au Burkina Faso

Sabine Marie Flore Doamba<sup>1</sup> et Hassan Bismarck Nacro<sup>1</sup>

*Mots clés : Kouritenga, macrofaune, dégradation des sols, cordons pierreux*

## Résumé

Le Burkina Faso est un pays situé dans la zone soudano-sahélienne de l'Afrique de l'Ouest. Pendant de nombreuses décennies, il a été confronté à de sérieux problèmes de dégradation de ses ressources naturelles. Le développement de la production agro-pastorale est confiné aux terres dégradées. Afin de résoudre ces problèmes, des mesures ont été prises par la population locale pour restaurer et préserver leur espace par des cordons pierreux. La présente étude a consisté en un suivi de l'activité biologique, au moyen d'un inventaire de la macrofaune et de la caractérisation des paramètres physico-chimiques du sol. Elle a été réalisée en utilisant deux types de parcelles (l'une pourvue de cordons pierreux et l'autre servant de parcelle témoin). Il a été noté un accroissement de la taille et de la diversité de la macrofaune sur la parcelle sur laquelle ont été installés des cordons pierreux, tandis que les valeurs étaient faibles sur la parcelle témoin. Il a également été noté sur la parcelle pourvue en cordons pierreux un accroissement de la proportion de particules fines et des niveaux élevés de la teneur totale en carbone. Ces résultats attestent de l'impact écologique des cordons pierreux sur l'amélioration de la fertilité des sols au Sahel.

## Introduction

Le Burkina Faso est un pays sans littoral, dont l'économie repose sur le secteur primaire. Principale activité économique, l'agriculture représente 38 à 40 % du produit intérieur brut (PIB) et plus de 65 % des recettes d'exportation du pays (Adda, 1999). Toutefois, pendant plusieurs décennies, le pays a été confronté à des problèmes de dégradation des sols et à une baisse de leur productivité. En outre, une étude réalisée par l'INERA (2000) a indiqué qu'à peu près 24 % des terres arables sont fortement dégradées et qu'on enregistre une déperdition de 31 % des précipitations annuelles, du fait de l'érosion. On note une dégradation continue des terres, résultant de la surexploitation du sol et de la disparition progressive du couvert végétal, donnant lieu à la formation de tabliers décapés et dégradés qu'on appelle *zipellés* en langue Moré (Roose *et al.*, 1993).

Face à cette forte dégradation du sol, la population a pris des mesures visant à protéger et à restaurer le sol, au nombre desquelles figurent des mesures de préservation de l'eau et du sol par la construction de structures anti-érosion, notamment des digues de filtrage, des demi-lunes, des diguettes, des haies, des paillages, des cordons de Zaï et de pierres.<sup>2</sup> Les producteurs combinent ces technologies en vue de tirer parti de leurs effets synergiques (Kaboré et Reij, 2003). Ceci est caractéristique du *zaï* qui est associé aux cordons pierreux ou bandes caillouteuses liées par des tapis herbacés.

1. Institut pour le développement rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 01 BP 1091, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.
2. Cordon pierreux : structure de contrôle de l'érosion constituée de deux rangées de pierres suivant les cordons pierreux d'une parcelle ou d'un champ.

Ces techniques traditionnelles de préservation des sols, les cordons pierreux en particulier, aident conjointement à restaurer le paysage naturel (Sangaré, 2002 ; Doamba, 2007), la fertilité des sols et elles contribuent, de manière indirecte, à améliorer la production en quantité et en qualité (Kambou et Zougmore, 1995).

Bien que de nombreuses recherches aient été réalisées sur les caractéristiques physico-chimiques des sols dégradés, seules quelques études ont accordé de l'intérêt à la quantification de l'activité biologique du sol. La dégradation physique et chimique est de loin la plus sérieuse des dégradations au Sahel. Toutefois, la dégradation biologique est également une forme de dégradation de la terre. Elle est le résultat d'un déclin de l'activité biologique du sol, laquelle est soutenue par la matière organique et par la présence de divers organismes vivants (faune, micro-organismes, racines de plantes, etc.). En conséquence, l'activité biologique est une composante importante de la fertilité du sol. Il s'ensuit que nous avons entrepris la présente étude de la faune terrestre (potentiel respiratoire, abondance et diversité) sur deux environnements (une parcelle où ont été installés des cordons pierreux et une autre n'en contenant pas). L'objectif est d'évaluer l'impact, sur la fertilité du sol, des développements intervenus sur les parcelles pourvues de cordons pierreux.

## Matériels et méthodes

### Site de l'étude

L'étude avait pour site la province de Kouritenga (Koupéla) située à 140 km environ à l'est de Ouagadougou (Fig.1). Cette province fait partie de la zone phytogéographique sahélienne septentrionale (Guinko, 1984). Elle est marquée par l'alternance de deux saisons fortement contrastées : une saison pluvieuse, allant de mai à octobre, et une saison sèche, allant de novembre à avril. L'étude a commencé particulièrement à partir de Kampelzougou, village situé à 50 km de la ville de Koupéla.

Deux types de parcelle étaient concernés par l'étude, une parcelle pourvue de cordons pierreux et une autre n'en contenant pas (parcelle témoin). La parcelle pourvue de cordons pierreux se subdivisait en trois bandes en fonction de l'inclinaison (Fig. 2). Des échantillons de sols ont été prélevés sur chaque bande et la macrofaune du sol a été identifiée.

### Fouille et inventaire de la macrofaune du sol

L'évaluation de la macrofaune du sol a été effectuée en utilisant la technique d'échantillonnage par cadrat, en procédant à la fouille du sol par classement manuel, selon la méthode de l'Institut tropical de biologie et de fertilité des sols (TSBF) (Anderson et Ingram, 1989). La fouille du sol a été effectuée avec une houe après un marquage au centimètre carré de 25 × 25 cm (Fig. 3). Les opérateurs ont simultanément creusé des puits témoins de 30 cm de profondeur autour de l'endroit, afin d'empêcher (autant que possible), les animaux de s'échapper. Le bloc de terre dont les contours ont été tracés a, par la suite, été divisé en plusieurs morceaux et effrité à la main ; le classement a été effectué en utilisant une paire de pinces. Les spécimens de la macrofaune ont été conservés dans des boîtes à pilules remplies d'alcool à 70 %. La macrofaune du sol soigneusement recueillie a été analysée et identifiée en laboratoire. Plusieurs clés ont été utilisées pour l'identification de la macrofaune : Bland et Jacques (1978) ; Villiers (1997) ; CIRAD et CNEARC (1998) ; Delvare et Aberlenc (1999).

### Mesure des propriétés physicochimiques du sol

Au total, 30 échantillons de sol ont été prélevés et analysés, ce qui représente neuf échantillons pour chaque bande de terre pourvue de cordons pierreux. Ils ont été prélevés sur un horizon de 0 à 20 cm. Des essais complets, au carbone et au nitrogène, des échantillons de sol ont été effectués en utilisant la méthode de Walkley et Black (1934). Ensuite, les matières organiques ont été soumises à un fractionnement granulométrique sur un sol passé à un tamis de 2 mm de mailles, selon la méthode décrite par Feller (1979).



Figure 1. Site de l'étude (Kouritenga, Burkina Faso)

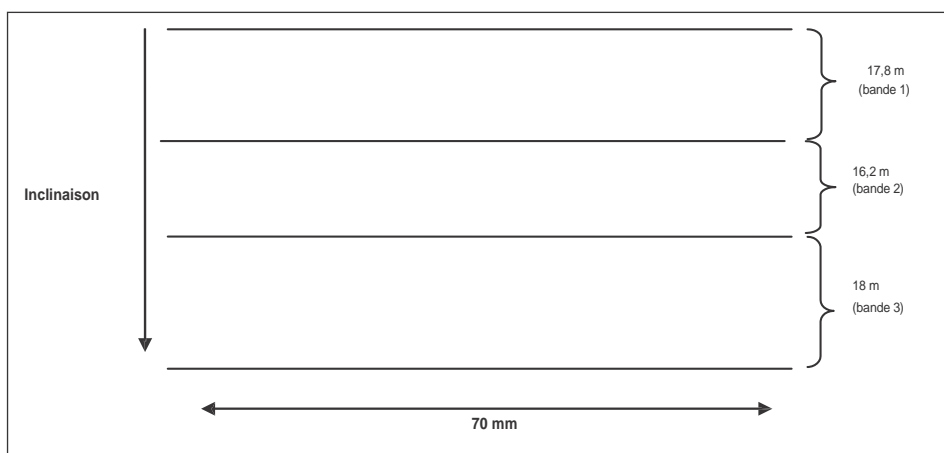


Figure 2. Parcelle pourvue de cordons pierreux

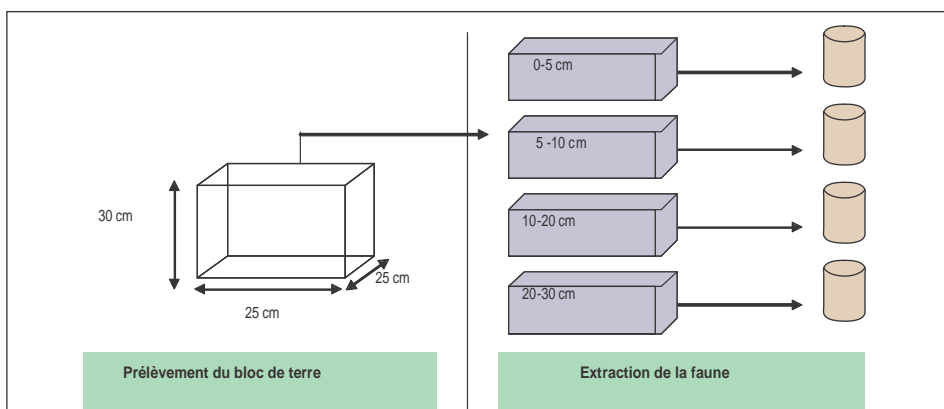


Figure 3. Instrument de prélèvement pour la macrofaune du sol (méthode de TSBF)

## Analyse des données

Les données résultant de l'étude ont été traitées avec le logiciel XLSTAT 7.5. Elles ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) à un seuil de 5 % selon le test de Newman-Keuls. Pour l'inventaire de la macrofaune du sol, les données ont été obtenues après calcul de l'indice Shannon-Weaver ( $H'$ ) et l'indice d'équitabilité ( $E$ ) :

$$H' = - \sum P_i \log_2 P_i$$

où  $P_i$  est la probabilité de trouver un taxon « i » sur une parcelle ;

$$E = H' / \log(S)$$

où  $S$  représente le nombre total de taxons trouvés sur la parcelle.

## Résultats

### Impact de la technique des cordons pierreux sur la macrofaune du sol

Quelques 289 spécimens représentant 13 familles ont été collectées sur la parcelle de cordons pierreux, représentant le double du nombre de familles rencontrées sur la parcelle témoin (Tableau 1). Les résultats montrent que les cordons pierreux ont un effet positif sur les populations de la macrofaune du sol. Ces résultats sont confirmés par l'indice de diversité de Shannon-Weaver, indice reflétant le changement de l'abondance relative des espèces (Tableau 2). L'indice de diversité calculé pour la parcelle pourvue de cordons pierreux était de trois fois celui de la parcelle témoin : 0,54 cf. 1,25-1,76.

### Impact de la technique des cordons pierreux sur les paramètres physicochimiques et biologiques du sol

Le Tableau 3 résume la composition chimique et physique des sols sur le site de l'étude. Les éléments fins (0 à 50  $\mu\text{m}$ ) constituaient 29 % du sol de la parcelle témoin et 67 % du sol de la parcelle de cordons de pierres (Tableau 3). Le développement des cordons pierreux sur les parcelles a également entraîné une amélioration de la teneur en carbone organique du sol (4,9 à 7,5 g/kg de sol) et de sa teneur totale en azote (0,48 à 0,69 g/kg de sol ; Tableau 3).

La Figure 4 indique la minéralisation microbienne du carbone. Les plus faibles émissions journalières de  $\text{CO}_2$  provenaient de la parcelle témoin. L'activité biologique était plus intense dans les sections élevées (361 mg  $\text{CO}_2$ /kg de sol) et dans celles à mi-pente (255 mg  $\text{CO}_2$ /kg de sol) des parcelles de cordons pierreux.

## Discussion

Un grand nombre de spécimens d'une large variété de faune terrestre a été observé dans la parcelle de cordons pierreux. Par contre, la parcelle témoin avait un nombre moins élevé de spécimens et une diversité moins importante. Ceci peut s'expliquer par le fait que les cordons pierreux sont un mécanisme de filtre, puisqu'ils ralentissent l'écoulement de l'eau et, par conséquent, entraînent un accroissement de la teneur du sol en humidité (Serpantié et Lamachère, 1988).

Tableau 1. Répartition des spécimens par ordre et famille

Ordre	Famille	Parcelle de cordons pierreux	Parcelle témoin
Aranea	Araneidae	1	0
	Divers Aranea	3	0
Hyménoptères	Formicidae	110	21
	Gryllidae	5	0
Haplotaxidés	Lumbricidae	6	1
Hémiptères	Lygaeidae	0	0
	Pentatomidae	0	0
	Divers hyménoptères	0	0
	Coreidae	0	0
Geophilomorpha	Geophilidae	3	5
Scutigéromorphes	Scutigerae	1	1
Scorpions	Scorponidae	1	0
Coléoptères	Staphylinidae	1	0
	Tenebrionidae	1	1
	Scarabaeidae	1	0
Isophtères	Termitidae	74	3
Mites	Divers mites	1	0

Tableau 2. Indices de la diversité de la macrofaune du sol

Type de parcelle	Emplacement par rapport à la plante	Indice de Shannon-Weaver	Indice d'équitabilité
Parcelle de cordons pierreux	Bande 1	1,76	0,3
	Bande 2	1,34	0,22
	Bande 3	1,25	0,21
Parcelle témoin		0,54	0,09

Tableau 3. Caractéristique physicochimique du sol

Type de parcelle	Emplacement par rapport à la pente	Élément fin (% d'argile + % de limon)	Total C (g/kg du sol)	Total N (g/kg du sol)	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl)
Parcelle de cordon pierreux	Bande 1	5.49 a	7.5 a	0.69a	6,4 a	5,02 a
	Bande 2	67.38 a	7.3 a	0.64a	6,35 a	4,74 b
	Bande 3	63.13 a	5.4 a	0.52a	6,27 a	4,56 b
Parcelle témoin	Témoin	28.82 b	4.9 a	0.48a	6,23 a	4,68 b
	P > F	0.0001	0.08	0.483	0,467	0,001
	Importance	HS	NS	NS	NS	S

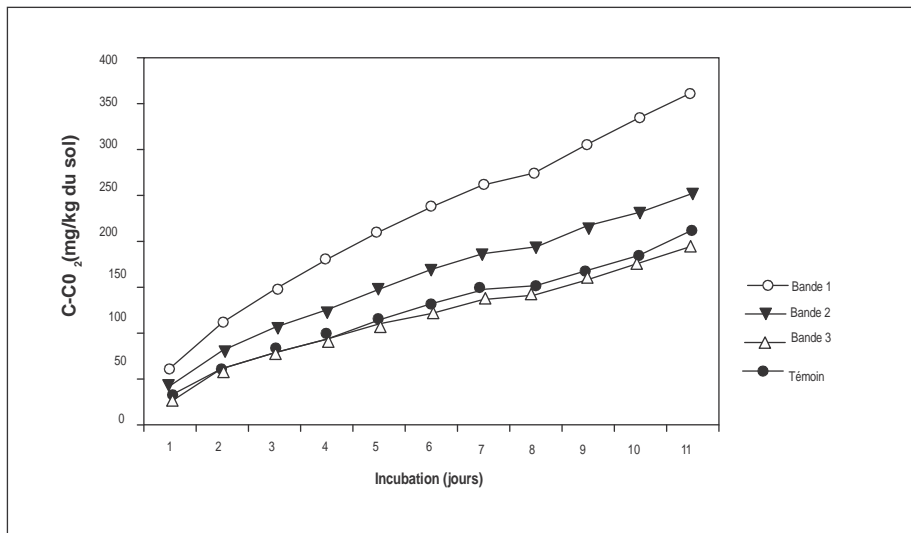


Figure 4. Évolution du C-CO<sub>2</sub> cumulé (en mg/kg du sol) atteint pour chaque traitement (parcelle de cordons de pierres et parcelle témoin)

En outre, les cordons de pierres favorisent la sédimentation des particules (sable, terre fine, matières organiques) dans les emplacements en amont des diguettes (Hien, 1995 ; David, 2003). Cet environnement devient propice à l'apparition d'autres organismes vivants dans le sol, tels que les termites, les vers de terre et les fourmis, qu'on ne retrouve pas sur la parcelle témoin. Ces organismes, les termites et les vers de terre en particulier, sont souvent appelés « les ingénieurs de l'écosystème » : outre le rôle important qu'ils jouent dans l'amélioration des propriétés physiques du sol (porosité et drainage d'eau), ils fragmentent la litière et induisent, par conséquent, la minéralisation du carbone (Lepage, 1981 ; Lavelle, 1997). Ceci explique les niveaux très élevés de la quantité totale de carbone dans les parcelles pourvues de cordons de pierres. Le résultat de tous ces facteurs est l'accroissement des rendements agricoles (Ouédraogo, 2005). Nous en déduisons que l'importance de l'activité biologique réside dans la préservation de l'équilibre du sol et de ses caractéristiques physicochimiques.

Par ailleurs, la présente technologie (des parcelles pourvues de cordons de pierres) assure la réhabilitation des sols dégradés et, partant, améliore la production agricole dans le Sahel. Entre outre, dans le cadre du changement climatique, la perte de la biodiversité et la dégradation des sols, les techniques de préservation de l'eau et du sol contribuent en général à la préservation de la fertilité du sol, soutenant ainsi la production agricole. De façon générale, la préservation du sol assure une gestion durable des écosystèmes naturels.

## Conclusion

L'étude a identifié les effets bénéfiques des cordons de pierres sur :

- l'infiltration de l'eau de pluie ;
- la retenue des particules solides en amont des cordons de pierres ;
- la colonisation par la faune sauvage diverse.

Ces résultats pourraient expliquer les bons rendements obtenus sur les parcelles contenant des cordons de pierres, ce que de nombreuses études prouvent. En outre, cette technique est connue des agriculteurs et elle pourrait aisément être adoptée par la population. Toutefois, la contrainte tenant à l'utilisation de cette technique demeure la disponibilité et le transport des pierres sur le site.

Aussi, son efficacité est-elle renforcée lorsqu'elle est combinée avec d'autres techniques telles que l'utilisation de compost/de fumier ou de *zai*. En conclusion, cette technologie peut réduire le besoin de fertilisants minéraux et elle peut être considérée comme écologique. En définitive, dans le cadre du changement climatique, la présente approche constitue une méthode d'adaptation.

Toutefois, il doit être noté que les problèmes liés à la dégradation des sols et de l'environnement sont toujours liés à la façon dont la société planifie et exploite son environnement. Il en découle que la solution à ces problèmes ne saurait être circonscrite simplement à une composante technique.

## Remerciements

Le présent travail a été effectué dans le cadre du suivi d'impact, relativement au projet SILEM (Projet de gestion intégrée des écosystèmes des basses terres sahéliennes) coordonné par l'*Union internationale pour la conservation de la nature* (UICN). Nous exprimons notre gratitude à l'UICN, en particulier au Chef de la mission, le professeur Aimée Nianogo. Nous souhaitons, par la même occasion, exprimer notre reconnaissance à Mme Honadia Clarisse et à tout le personnel du département financier de l'UICN pour les commodités mises à notre disposition pendant le travail de terrain.

## Références

- Adda, L. 1999. *Etat de la désertification et des ressources naturelles au Burkina Faso*. Rapport d'étude. Ministère de l'environnement et du cadre de vie, Ouagadougou, Burkina Faso.
- Anderson, J.M. et Ingram, J.S. 1989. *Tropical Soil Biology and Fertility: Handbook of methods*. CAB International, Wallingford, Royaume-Uni.
- Bland, R.G. et Jacques, H.E. 1978. *How to Know the Insects* (3rd edn). The Pictured Key Nature Series. Wm. C. Brown, Dubuque, Iowa, États-Unis.
- CIRAD et CNEARC. 1998. *Reconnaissance des hyménoptères parasitoïdes d'importance économique, clé iconographique pour l'identification des genres*. CIRAD and French Institute for Teaching and Training in Tropical and Subtropical Agricultural Studies (CNEARC), Cotonou, Bénin.
- David, F. 2003. « Action de la macrofaune sur la fertilité des sols dans une succession végétale : rôle des termites dans un système de *zai* forestier au Yatenga (Burkina Faso) ». Mémoire d'Ingénieur-Maître, Institut Universitaire Professionnalisé Environnement, Technologies et Société, Marseille St-Charles, France.
- Delval, G. et Aberlenc, H. 1999. *Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale. Clés pour la reconnaissance des familles*. CIRAD, France.
- Doamba, W.S.M.F. 2007. « Effet du *zai* forestier sur l'évolution de la biodiversité et des paramètres physiques, chimiques et biologiques du sol ». Mémoire de fin d'étude, IDR/UPB.
- Feller, C. 1979. « Une méthode de fractionnement granulométrique de la matière organique des sols. Application aux sols tropicaux, à textures grossières, très pauvres en humus ». *Cahiers ORSTOM, Série pédologique* 17 (4): 339–346.
- Guinko, S. 1984. « Végétation de la Haute-Volta ». Thèse de Doctorat ès Science naturelles, Université de Bordeaux III, Bordeaux, France.
- Hien, F.G. 1995. « La régénération de l'espace sylvo-pastoral au sahel : une étude de l'effet de mesures de conservation des eaux et des sols au Burkina Faso ». Thèse de l'université Agronomique Wageningen International, Pays-Bas.



- INERA. 2000. *Rapport sur les acquis scientifiques (1992–1999) du département gestion des ressources naturelles et systèmes de production (GRN/SP)*. INERA, Ouagadougou, Burkina Faso.
- Kaboré, P.D. et Reij, C. 2003. « Emergence et diffusion d'une technique traditionnelle améliorée : le cas du *zai* ». Étude Plateau Central Rapport de travail No. 13. Presented in English at IFPRI workshop 'Successes in African Agriculture', Lusaka, Zambia, 10–12 juin 2002.
- Kambou, F.N. et Zougmore, R. 1995. *Evolution des états de surface d'un zipellé soumis à différentes techniques de restauration des sols*, Yilou, Burkina Faso, 12<sup>ème</sup> journée du Réseau Erosion, Paris.
- Lavelle, P. 1997. 'Faunal activity and soil processes: adaptative strategies that determine ecosystem function'. *Advances in Ecological Research* 27: 93–132.
- Lepage, M.G. 1981. « L'impact de populations récoltantes de *Macrotermes michaeni* (Sjostedt) (Isoptera : Macrotermitinae) dans un écosystème semi-aride (Kajiado, Kenya) ». *Insectes sociaux* 28:297–308.
- Ouédraogo, S. 2005. « Intensification de l'agriculture dans le Plateau central du Burkina Faso : Une analyse des possibilités à partir des nouvelles et technologie ». Thèse de Doctorat. Univ. Rykouniversiteit Groningen, Pays-Bas.
- Roose, E., Dugué, P. et Rodriguez, L. 1993. « L'aménagement des terroirs villageois et l'amélioration de la production agricole au Yatenga (Burkina Faso). Une expérience de recherche-développement », *Cahiers ORSTOM, Série Pédologique* 27 (2): 385–402.
- Sangaré, S. 2002. « Évaluation des performances agro-écologiques des techniques de lutte contre la désertification dans les provinces du Passoré et du Yatenga. Cas du *zai*, de la demi-lune et du tapis herbacé ». Mémoire de fin d'études, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso-Institut du Développement Rural (UPB-IDR), Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.
- Serpantié, G. et Lamachère, J.M. 1988. *Valorisation des eaux de ruissellement en zone soudano-sahélienne. Burkina Faso, Province du Yatenga, Région du Bidi*. ORSTOM, Ouagadougou, Burkina Faso.
- Villiers, A. 1997. *Hemiptères de Ramées*. Boubée, Paris, France.
- Walkley, A. et Black, I.A. 1934. 'An examination of the Degtjareff method for determining a proposed modification of the chromic acid titration method'. *Soil Science* 37: 29–38.

# Cours des matières premières, recettes budgétaires et croissance économique : étude de cas sur la Côte d'Ivoire

Nguiakam Sandrine<sup>1</sup> et Kabore Augustin<sup>1</sup>

Mots clés : PIB, cacao, café, exportations, impact, huile, choc commercial

## Résumé

L'objectif de la présente étude était d'évaluer l'impact de la fluctuation sur le marché international des prix des matières premières sur la variabilité du produit intérieur brut (PIB) de la Côte d'Ivoire. L'étude a utilisé le modèle vectoriel autorégressif sur un ensemble de données internationales liées aux produits primaires et aux recettes d'exportation ; l'inflation et le PIB ont été des variables choisies, analysées par rapport à cette variabilité. De 1960 à 2005, les fluctuations des prix du café ont expliqué à peu près 15 % de la variabilité du PIB, alors que les recettes d'exportation totales ont justifié approximativement 20 % de ladite variabilité. Le taux de change du dollar et la fluctuation du cours du pétrole, qui constituent des facteurs externes, ont également eu un impact significatif sur la dynamique de la croissance de la Côte d'Ivoire. Ces résultats confirment la dépendance de l'économie ivoirienne vis-à-vis des matières premières. Ils illustrent la nécessité de la poursuite des efforts visant à diversifier l'économie, en particulier le secteur agricole, et à encourager la création d'un observatoire pour une meilleure interprétation de l'environnement économique mondial, en vue de prévenir et de résister aux différents chocs.

## Introduction

La Côte d'Ivoire contribue au commerce mondial par le biais d'une gamme limitée de produits, au nombre desquels figurent le cacao, le café, le bois et le pétrole. Selon les statistiques (Institut national de statistique de Côte d'Ivoire) sur le commerce extérieur de la Côte d'Ivoire, depuis l'accession du pays à l'indépendance, ces quelques produits représentent plus de la moitié de la valeur des exportations. À l'image de la majorité des pays d'Afrique subsaharienne, la Côte d'Ivoire « vend au prix du marché ». Pour cette raison, le pays n'exerce aucun contrôle ni sur le niveau des prix de ses exportations, ni sur celui de ses importations. En outre, ses exportations sont cotées en devise étrangère et le pays n'a aucun contrôle sur le taux de change, ce qui affecte les recettes d'exportation cotées en monnaie nationale. Il semble, dès lors, que la dépendance de la Côte d'Ivoire vis-à-vis des matières premières rend le pays vulnérable. En guise d'illustration, de 1980 à 2002, les cours mondiaux annuels ont baissé de 58 % en valeur nominale. En valeur réelle (c'est-à-dire, lorsque l'inflation pour la période entière est prise en compte), l'effet se traduit par une réduction graduelle du pouvoir d'achat des agriculteurs – la baisse des cours observée a été de 80,8 %.

---

1. École nationale supérieure de statistique et d'économie appliquée (ENSEA), 08 BP 3, Abidjan 08, Côte d'Ivoire.

## Problème

Comme la plupart des autres pays d'Afrique subsaharienne, la Côte d'Ivoire compte sur les prix des matières premières, mais quel est l'effet de l'instabilité de ces prix sur les recettes budgétaires et quel en est l'effet indirect sur la croissance économique de la Côte d'Ivoire ? Est-il possible d'évaluer l'ampleur de cet effet ? En définitive (puisque l'on ne peut y échapper), comment les effets de cette instabilité sur nos économies peuvent-elles être amoindris ?

## Objectifs

### Objectif général

L'objectif de la présente étude est de démontrer qu'il existe une forte corrélation, d'une part, entre les prix des matières premières sur les marchés internationaux (café, cacao, pétrole, etc.), les recettes budgétaires découlant de la taxation aux points d'entrées et la croissance économique, d'autre part.

### Objectifs spécifiques

Analyser la structure des exportations de la Côte d'Ivoire en vue de mettre en exergue l'importance des matières premières dans les recettes d'exportation ; analyser la filière café-cacao, le secteur pétrolier et les acteurs ; évaluer l'influence des fluctuations des prix sur les recettes issues de la taxation aux points d'entrée ; mettre en exergue l'impact des variations desdites recettes sur la croissance économique de la Côte d'Ivoire.

## Revue de la littérature

Il existe une littérature abondante sur la variabilité (l'instabilité) des cours des matières premières. Kose et Reizman (2001) ont démontré qu'en Afrique subsaharienne, les chocs commerciaux liés aux fluctuations des cours sur les marchés internationaux représentaient près de 45 % des fluctuations du PIB, 87 % des variations de l'investissement et 80 % de la fluctuation de l'offre de main-d'œuvre. Une étude réalisée par la Banque centrale des États d'Afrique de l'Ouest (BCEAO, 2007) à l'aide du modèle de Projection macro-économétrique et de simulation (PROMES), axé sur les perspectives économiques régionales, a prouvé, en général, que les chocs pétroliers contribuaient à l'accentuation de l'instabilité financière du secteur électrique dans la plupart des pays de l'Union économique et monétaire ouest-africaine (UEMOA), au regard du fait qu'une grande partie de l'énergie électrique produite est tirée de sources thermiques. David Dawe (1996), économiste à Harvard, a effectué un audit économétrique portant sur l'hypothèse que la fluctuation des recettes d'exportation conduit à une instabilité des revenus des ménages. Chambas (CERDI, nd) a noté que, dans les années 1970, la mauvaise gestion de la hausse des cours du phosphate sur le marché international a conduit à l'émergence du « syndrome hollandais » au Sénégal. Toutefois, ces études sont générales et ne font pas ressortir les spécificités propres à chaque pays.

## Matériels et méthode

Pour atteindre les objectifs de la présente étude, les outils suivants ont été utilisés : recherche documentaire et analyse économique, statistique descriptive et analyse économétrique.

- La recherche documentaire a permis une analyse théorique des répercussions économiques d'un choc sur les matières premières.
- 
2. « Le syndrome hollandais » est un phénomène paradoxal : une phase d'expansion dans un secteur produisant des ressources naturelles aura, de manière spontanée, tendance à compromettre tout effort d'industrialisation ou de diversification des exportations, accentuant ainsi la vulnérabilité de l'économie.

- L'analyse graphique et les statistiques descriptives ont permis la présentation et la description des magnitudes macro-économiques utilisées dans l'étude.
- L'analyse économétrique, notamment la modélisation du modèle vectoriel autorégressif/vectoriel de correction d'erreur (VAR/VECM), a permis l'analyse de l'impact d'un accroissement des prix des matières premières sur les variables macro-économiques de la Côte d'Ivoire. Cette analyse économétrique se subdivisait en trois parties :
  - la causalité, qui a permis la formulation correcte de la politique économique et la prise de décision. Dans cette étude, on a eu recours à la notion de causalité de Granger (1969). Selon Granger, un effet de magnitude  $X$  provoque une réponse de magnitude  $Y$ , si la connaissance de  $X$  améliore la prédiction de  $Y$ . Cette définition établit l'antériorité des événements ;
  - les fonctions de réponses aux impulsions, lesquelles mesurent les conséquences d'un choc sur les variables ;
  - l'analyse de la décomposition de la variance de prédiction d'erreur, dont l'objectif est d'élucider l'information sur l'importance relative de l'innovation dans les variations de chaque variable type.

## Résultats

### Analyse économique

L'effet des cours internationaux sur le PIB n'est pas direct, mais il découle des variables d'intervention. On peut établir une distinction entre les canaux suivants : la fiscalité, la répartition du revenu national, les comportements de consommation et d'investissement.

Ces chocs sur les prix des matières premières peuvent trouver leur source dans l'offre et la demande, ou résulter d'une variation du taux de change (pour les pays de la zone du franc CFA, ce sera la différence entre l'euro et le dollar). Du point de vue de l'offre, il pourrait s'agir du résultat d'une crise de surproduction, d'un choc de l'offre sur le plan local (par exemple l'accroissement du coût des intrants) ; par contre, dans la perspective de la demande, les chocs procèdent d'une baisse de la demande globale, qui est généralement extérieure.

Un choc négatif lié aux cours des matières premières signifiait que les exportations se solderaient à une baisse des recettes d'exportation. Cette diminution de recettes a un effet sur tous les opérateurs économiques. Les ménages, particulièrement ceux des agriculteurs, enregistrent une baisse de leurs revenus et ajustent, par conséquent, leurs modèles de consommation.

### Analyse graphique et statistique descriptive

#### Importance des matières premières dans les exportations

Le café et le cacao, dont la contribution aux exportations est considérable, représentent le moteur de croissance des exportations ivoiriennes. En 1960, les exportations de ces deux produits représentaient plus de 80 % des exportations totales et sont restées supérieures à 55 % du total des exportations jusqu'en 1979. En 1999, la part du cacao dans les cultures d'exportation se situait encore à 43,8 % (voir le Tableau 1 qui donne une idée de la concentration des exportations ivoiriennes sur le cacao).

Tableau 1. Répartition des principales cultures d'exportation, de 1991 à 1999

Nb. de produits exportés		Part des exportations totales (%)			
		Produit le plus exporté (cacao)		Trois principaux produits exportés (cacao, café, pétrole)	
1991	1999	1991	1999	1991	1999
23	20	33.1	43.8	48.5	55

Source: Gros et al. (2002).

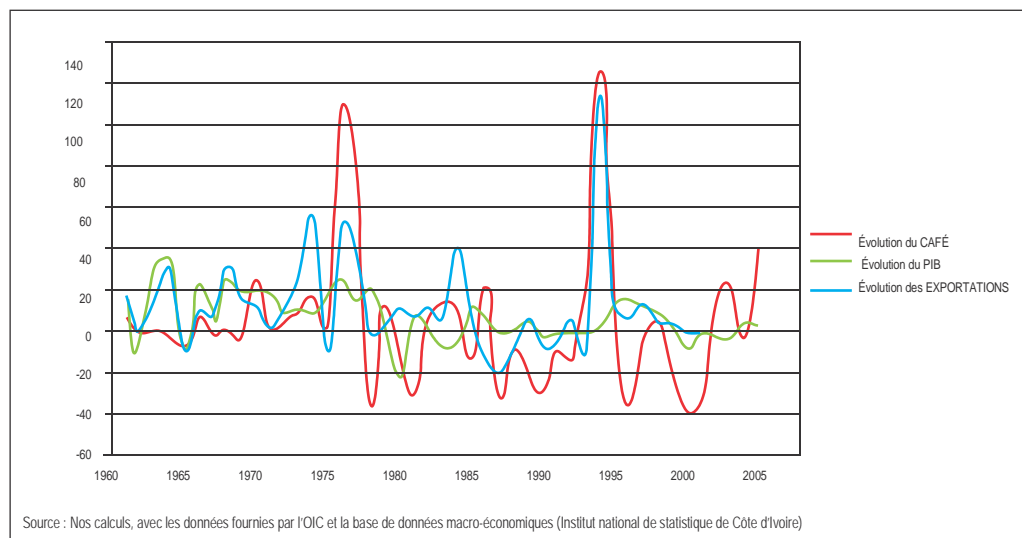


Figure 1. Développements en termes de PIB, d'exportation et de prix du café

### Évolution des cours du café et du cacao

Dans l'ensemble, les cours des deux produits ont enregistré des évolutions similaires de 1960 à 2002 : on peut distinguer deux périodes au plan de l'évolution des cours de ces deux produits au niveau mondial. La première part de 1960 à 1977 et se caractérise par une tendance à la hausse avec un record de tous les temps atteint en 1977, ce qui correspond à un choc positif des cours de ces deux produits. En fait, les cours du cacao et du café se sont accrus, passant de 56,49 \$US/livre et de 61,05 \$US/livre en 1975 à 233,75 \$US/livre en 1977, après une baisse record pour se situer à 17,96 \$US/livre. En trois ans, les cours ont triplé pour le cacao et quadruplé pour le café. La seconde période, allant de 1977 à 2002, a été marquée par une très forte tendance baissière. Au cours de cette période, il a été observé une très large variabilité des cours et deux chocs négatifs (en 1982 et en 1993) et les cours sont revenus à leur niveau de 1960 (Organisation internationale du cacao, ICCO, [www.icco.org](http://www.icco.org), Organisation internationale du café, ICO, [www.ico.org](http://www.ico.org)).

En termes de développements comparatifs des recettes fiscales aux points d'entrée, du PIB de la Côte d'Ivoire et des cours mondiaux du café, il ressort que les variations du cours du café correspondent aux variations des recettes et, dans la même logique, au PIB (Fig. 1). On peut donc supposer qu'il existe un lien étroit entre l'instabilité des cours des matières premières et l'accroissement du PIB.

## Analyse économétrique

### Définition des variables de l'étude

Les variables utilisées dans la présente étude sont les suivantes :

- DOLLAR = prix international du dollar américain ;
- CAFÉ = cours international du café (moyenne annuelle calculée à partir des moyennes mensuelles) ;
- PÉTROLE = cours international du pétrole (moyenne annuelle calculée à partir des moyennes mensuelles) ;
- EXPORTATION = recettes d'exportation (par an) ;
- INFL1 = taux d'inflation (moyenne annuelle calculée à partir des moyennes mensuelles) ;
- PIB = produit intérieur brut.

En application du modèle VAR, toutes les variables sont examinées en logarithme. Ainsi, le « L » avant les variables de notation constitue le logarithme. La forme logarithmique peut aisément découler de l'élasticité et de la fonction du taux de croissance. L'écart en  $\log Y_t$  et  $\log Y_{[t-1]}$  correspond au taux de croissance de  $Y$ . Par conséquent, le premier écart  $\log$  de chaque fonction donne une approximation du taux de croissance de la fonction.

Le test de stationnarité est une étape du modèle VAR. Nous avons utilisé les tests de Dickey-Fuller et Phillips-Perron. (L'utilisation de ces deux tests est motivée par le fait que le premier prend en compte l'existence d'une possible corrélation de résidus, alors que le second prend en compte l'existence d'une possible hétéroscédasticité). Les résultats de ces tests montrent que seule la variable « inflation » est stationnaire à un niveau de probabilité de 5 %. Nous avons donc différencié toutes les variables pour les rendre stationnaires. Les séries différenciées sont dénotées par « DL ».

### Causalité

Alors que les développements des cours du café et du cacao étaient similaires au cours de la période sous revue, nous avons utilisé exclusivement les cours du café dans la présente modélisation (pour éliminer le risque de multi-colinéarité). Après avoir effectué les différents tests, le modèle VAR obtenu était comme suit :

$$Y_t = A_0 + \sum A_j Y_{t-j} + \varepsilon_t$$

où  $\varepsilon_t = (\varepsilon_{1t}, \varepsilon_{2t}, \varepsilon_{3t}, \varepsilon_{4t}, \varepsilon_{5t}, \varepsilon_{6t})$  (le vecteur des termes d'erreurs stochastiques est appelé impulsions ou innovations ou en encore chocs en langage VAR) ;  $Y_t$  est le processus stationnaire ;  $A_j$  est le coefficient matriciel ; et  $t$  représente toute année donnée. L'ordre de notre modèle est 1 et, dans la forme matricielle, nous utilisons l'équation ci-dessous :

$$\begin{pmatrix} DLCDOLLAR_t \\ DLCPETROLE_t \\ DLCCAFE_t \\ DLEXPORT_t \\ LINFL1_t \\ DLPIB_t \end{pmatrix}_t = \begin{pmatrix} c1 \\ c2 \\ c3 \\ c4 \\ c5 \\ c6 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{16} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{26} \\ a_{31} & a_{32} & \dots & a_{36} \\ a_{41} & a_{42} & \dots & a_{46} \\ a_{51} & a_{52} & \dots & a_{56} \\ a_{61} & a_{62} & \dots & a_{66} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} DLCDOLLAR_{t-1} \\ DLCPETROLE_{t-1} \\ DLCCAFE_{t-1} \\ DLEXPORT_{t-1} \\ LINFL1_{t-1} \\ DLPIB_{t-1} \end{pmatrix}$$

où:

$$Y_T = \begin{pmatrix} DLDOLLAR_t \\ DLOIL_t \\ DLCOFFEE_t \\ DLEXPORT_t \\ LINFLI_t \\ DLGDP_t \end{pmatrix}; A_0 = \begin{pmatrix} a_{01} \\ a_{02} \\ a_{03} \\ a_{04} \\ a_{05} \\ a_{61} \end{pmatrix}; A_j = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{16} \\ a_{21} & a_{21} & \dots & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} & \dots & a_{36} \\ a_{41} & a_{42} & \dots & a_{46} \\ a_{51} & a_{52} & \dots & a_{56} \\ a_{61} & a_{62} & \dots & a_{66} \end{pmatrix}; \varepsilon_t = \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \varepsilon_4 \\ \varepsilon_5 \\ \varepsilon_6 \end{pmatrix}$$

La figure 2 fournit un résumé de la causalité entre les variables obtenues à partir des estimations du modèle choisi : le taux de croissance du PIB de la Côte d'Ivoire est conjointement influencé par la variation du cours du pétrole, du café et des recettes d'exportation de la Côte d'Ivoire.

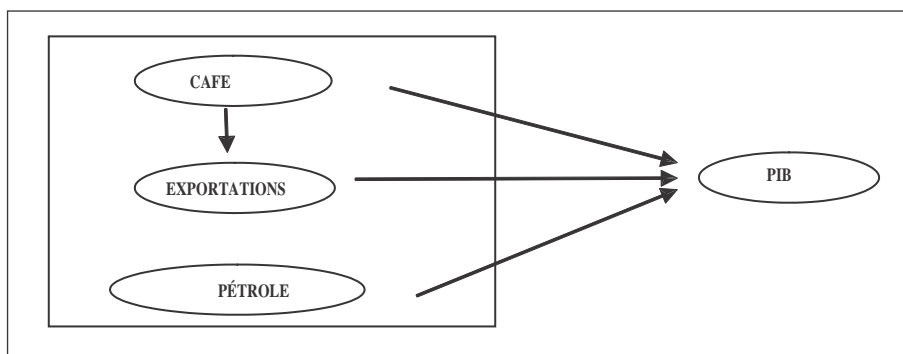


Figure 2. Causalité entre les variables

### Analyse des impulsions

La réponse aux impulsions mesure la conséquence d'un choc sur les variables. Les graphiques (Fig. 3) présentent certaines des fonctions essentielles d'impulsion obtenues. Nous nous intéressons à l'effet d'un choc sur 10 ans. En règle générale, les chocs sont provisoires puisque leurs effets disparaissent dans un délai de dix (10) années.

L'horizon représente le délai maximum nécessaire pour que les variables retrouvent leur niveau à long terme. Les chocs ont été simulés sur la base des cours du café.

L'effet d'un choc positif sur le cours du café se traduit par une hausse du PIB. Suite à ce choc, le PIB croît au cours de la première année, décroît ensuite à partir de la deuxième année avant de retrouver progressivement son niveau à long terme après une période de 6 ans. Encore une fois, ces résultats confirment la dynamique du cours du café et de la croissance en Côte d'Ivoire. Il importe également de noter que l'effet du choc sur les cours du café sur le PIB va au-delà de quatre ans.

L'effet d'un choc positif sur le cours du café se traduit instantanément en un ajustement des recettes d'exportation à la hausse. À la suite de ce choc, les recettes d'exportation retrouvent leur niveau à long terme au bout de trois ans.

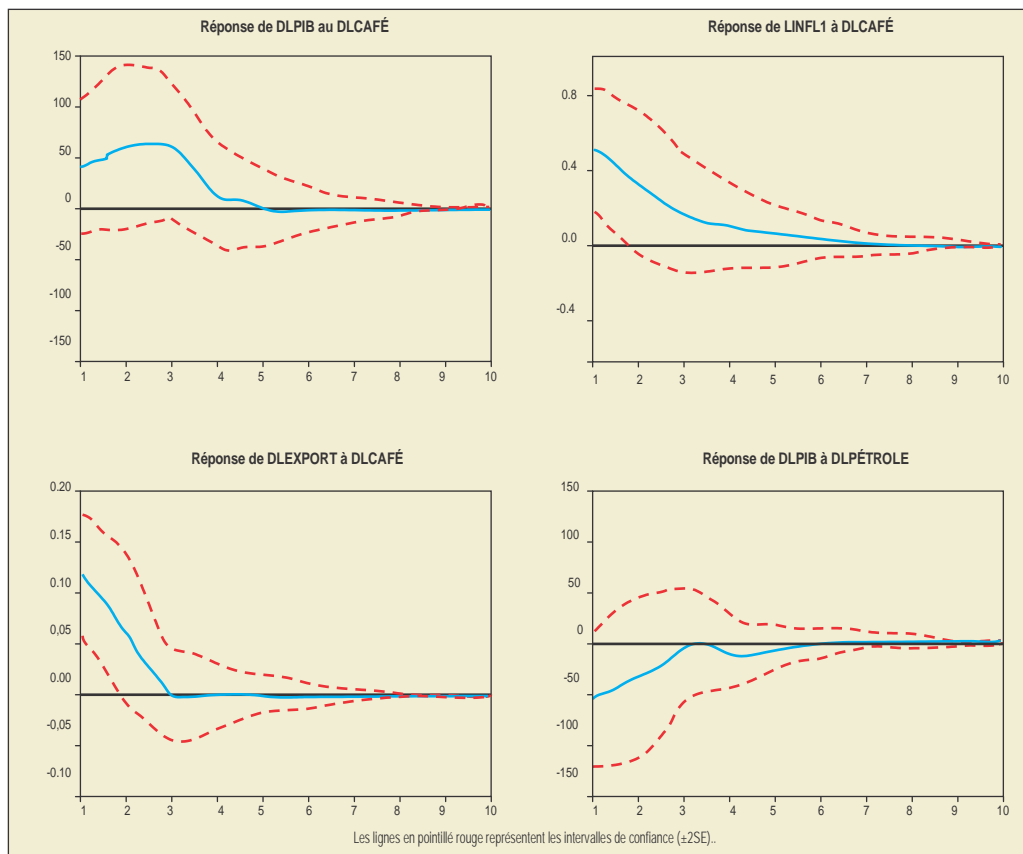


Figure 3. Réponse aux impulsions

### Décomposition de la variance

L'objectif est de déterminer l'importance relative des innovations dans les variations de chacune des variables du modèle. De façon concrète, nous écrivons la variance de l'erreur de prévision sur un horizon désigné  $h$  (dans notre cas,  $h$  va de 1 à 5) selon la variance de l'erreur attribuée à chacune des variables. Lorsqu'une innovation explique une proportion significative de la variance de l'erreur de prévision, nous déduisons que l'économie est sensible aux chocs affectant cette série. Dans la présente section, nous analysons la décomposition de la variance de DLGDP et de DLEXPOR.

Tableau 2. Décomposition de la variance du PIB

Période	SE	DLCAFÉ	DLPÉTROLE (%)	DLEXPOR (%)	DLPIBP (%)	DLINFL1 (%)
1	1,016124	13,5	7,7	17,7	61,1	0
2	1,124223	17,1	7,5	24,0	51,3	0,1
3	1,145297	20,4	6,9	22,3	49,9	0,5
4	1,153545	20,5	7,1	22,3	49,5	0,6
5	1,156771	20,5	7,2	22,3	49,4	0,6

La variance de l'erreur de prévision du PIB au cours de la première année est de 61 % en raison de ses propres fluctuations, de 13 % en raison des fluctuations du cours du café et de 17 % en raison des fluctuations enregistrées par les exportations.



En d'autres termes, les variations du PIB dépendent (dans l'horizon d'une année) à 13 % de la dynamique des cours du café et à 61 % de ses propres innovations (ou variations). On peut donc dire que lesdites variables influencent les fluctuations du PIB en Côte d'Ivoire. Ces résultats reflètent, encore une fois, la dépendance de la Côte d'Ivoire de cette matière première.

Tableau 3. Décomposition de la variance des recettes d'exportation.

Période	SE	DLCAFÉ	DL DOLLAR	DLPÉTROLE (%)	DLEXPORT (%)	DLPIB (%)	DLINFL1 (%)
1	0,203407	33,8	36,0	4,6	25,7	0,0	0,0
2	0,226766	35,8	29,1	3,8	28,6	1,2	1,5
3	0,234586	34,5	28,0	7,3	27,1	1,1	2,2
4	0,238643	33,5	27,8	7,3	26,8	1,2	3,5
5	0,239793	33,2	27,5	7,7	26,9	1,2	3,5

La variance de l'erreur de prévision des recettes d'exportation peut être imputable dans une marge de 26 % à ses propres fluctuations et de 10,8 % aux fluctuations du cours du café au cours de la première année. En d'autres termes, le Tableau 3 indique que les dynamiques des recettes d'exportation en Côte d'Ivoire sont dues aux fluctuations des cours du café (à 34 %), aux fluctuations du taux de change du dollar (à 33 %) et à ses propres fluctuations (à 26 %) dans l'horizon d'une année. Il semble, par conséquent, que les chocs sur ces variables sont supérieurs, à tous égards, aux fluctuations des recettes d'exportation. On peut en conclure que, en Côte d'Ivoire, le cours du café et les fluctuations des recettes d'exportation ont un très grand impact sur les recettes d'exportation.

## Discussion et conclusion

L'objectif de la présente étude était d'évaluer la façon dont les cours mondiaux des matières premières contribuent à justifier la croissance du PIB en Côte d'Ivoire. En termes d'impact du choc simulé, l'étude a révélé que, suite à un choc positif des cours du café, il se produirait une réaction sous forme de croissance positive du PIB de Côte d'Ivoire. En outre, le PIB regagnerait sa stabilité à long terme au cours d'une période de 4 et 5 ans pour un choc positif du dollar et du café, respectivement. D'autre part, à la suite d'un choc positif des cours du café, le PIB et l'inflation mettent plus de temps à regagner leur équilibre sur le long terme que ce n'est le cas à la suite de tout autre choc (pétrolier, du dollar).

Au regard de la contribution des cours mondiaux à la justification des fluctuations de la croissance en Côte d'Ivoire, il semble que, là aussi, les recettes d'exportation aient un rôle à jouer dans l'explication du fait que le PIB représente plus de 17,68 %. Par la suite, le prix du café représente au moins 13,5 % dans l'explication des fluctuations du PIB.

La présente étude aide à confirmer le rôle dominant du café et des exportations dans l'économie ivoirienne, y compris le pétrole, dont le développement est fort important pour la croissance du pays. La diversification de l'économie ivoirienne s'avère cruciale afin de libérer le pays de sa dépendance vis-à-vis du café et d'autres cultures d'exportation telles que le cacao, en créant des industries de transformation au plan local.

De même, étant donné que le besoin de diversification est une politique à long terme, il serait nécessaire, sur le court terme, de garantir une politique de gestion budgétaire prudente et une bonne compréhension de l'environnement économique international, par exemple par la création d'un observatoire.

## Remerciements

Nous adressons nos remerciements à M. Bello Toyidi et M. Koffi Nguesan pour la qualité de leurs conseils et pour leur attention soutenue aux préoccupations des étudiants. Les conseils reçus ont contribué à la réalisation de la présente étude.

## Références

- BCEAO. 2007. *Perspectives économiques des États de l'UEMAO en 2007*. Banque Centrale des États de l'Afrique de l'Ouest (BCEAO), Dakar, Sénégal.
- CERDI. nd. « L'intégration commerciale et financière à l'économie mondiale ». In « Plan de classification des activités de recherche ». [en ligne]. Centre d'Études et de Recherches sur le Développement International, Clermont-Ferrand, France. ([www.cerdi.org/l-ouverture-et-le-commerce-international.html](http://www.cerdi.org/l-ouverture-et-le-commerce-international.html)).
- Dawe, D. 1996. 'A new look at the effects of export instability on investment et growth'. *World Development* 24 (12): 1905–1914.
- Granger, C.W.J. [1969]. 'Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods'. *Econometrica* 37 (3): 424–438.
- Gros, J.-B., Letilly, G. et Martinet, S. 2002. *Performances commerciales de l'Afrique subsaharienne : une diversification nécessaire*. DIAL (Développement, Institutions & Analyses de Long terme) Document de travail DT/2002/13. DIAL, Paris, France.
- Kose, M.A. et Reizman, R. 2001. 'Trade shocks and macroeconomic fluctuations in Africa'. *J. Development Economics* 65 (1): 55–80.

# Caractérisation morphologique du matériel génétique de l'aubergine d'Afrique (espèce *Solanum*) dans certains pays africains

M.K. Osei<sup>1</sup> M.O. Oluoch,<sup>2</sup> C.K. Osei<sup>3</sup> et B. Banful<sup>3</sup>

Mots clés : cultivars traditionnels, traits, variation, phytogénéticien, végétatif, sélection, caractères

## Résumé

En raison de la grande valeur nutritive des feuilles de l'aubergine d'Afrique, de sa production considérable de feuilles et de fruits et de sa résistance relativement élevée aux nuisibles et aux maladies, la culture de l'aubergine d'Afrique se révèle d'un grand intérêt pour le développement. Une longue période de sélection opérée par les agriculteurs a abouti à un certain nombre de cultivars traditionnels. Les cultivars traditionnels sélectionnés sont essaimés à travers les principales zones agro-écologiques d'Afrique, d'où la difficulté de se concentrer sur les caractères recherchés pour une amélioration génétique de la culture. Pour ces espèces, il est nécessaire de procéder à une caractérisation systématique des variétés de cultures disponibles à l'aide de caractères morphologiques, afin de contribuer aux efforts des phytogénéticiens. Par conséquent, le présent travail de recherche a pour objectif de déterminer le matériel génétique de l'aubergine d'Afrique en provenance du Cameroun, de la Côte d'Ivoire, du Ghana, du Soudan, de la Tanzanie et de l'Ouganda. Vingt-huit obtentions d'aubergine d'Afrique, à savoir le *Solanum aethiopicum* (15), le *S. macrocarpon* (9) et le *S. anguivi* (4), ont fait l'objet d'étude pour déterminer leurs caractères morphologiques. Les résultats ont révélé des disparités considérables et distinctes entre les trois espèces de *Solanum*. De grandes disparités étaient remarquables dans les caractéristiques des fruits, aussi bien entre les espèces qu'en leur sein. Des lignées de *S. anguivi* avaient de petits fruits ronds, tandis que les *S. aethiopicum* avaient des fruits de forme ovale de taille moyenne ou grande. Toutefois, il y avait beaucoup de similitudes entre les lignées de *S. aethiopicum* et celles de *S. anguivi*. Cela laisse penser que les deux matériels génétiques sont plus proches l'un de l'autre qu'ils ne le sont du *S. macrocarpon*.

## Introduction

Le *Solanum aethiopicum* L. ('l' aubergine d'Afrique) est l'un des fruits légumes les plus couramment consommés en Afrique tropicale. La valeur hautement nutritive des feuilles et fruits de *S. macrocarpon* L. (aubergine Gboma), ajoutée à sa résistance relativement élevée aux nuisibles et aux maladies font de cette espèce, une espèce de grand intérêt pour le développement (Bonsu *et al.*, 1998). Le *Solanum anguivi* Lam. (l'ancêtre putatif du *S. aethiopicum*) peut également devenir un légume cultivé à des fins de commercialisation. Dans les programmes de sélection, en tant que parent de sexe mâle, cette espèce a également le potentiel d'améliorer la résistance aux maladies du *S. aethiopicum* et d'augmenter le nombre de fruits par inflorescence (Bukonya-Ziraba, 2004). La préférence des consommateurs pour une variété ou une autre d'aubergine d'Afrique se fonde sur des considérations telles que la taille, la forme, la couleur et le goût (sucré ou amer) (Bukonya-Ziraba et Bonsu, 2004).

1. CSIR (Institut de recherche sur les cultures), Division d'horticulture, B.P. 3785, Kumasi, Ghana.
2. AVRDC – Le Centre sur la recherche sur les légumes, B.P. 10, Duluti, Arusha, Tanzanie.
3. KNUST, Faculté d'agriculture /CDL, Univ. Post Office, Kumasi, Ghana

Même si peu de sélections (formelles) de l'aubergine d'Afrique ont été réalisées, des échantillons de matériel génétique sont disponibles et une longue période de sélection opérée par les petits exploitants agricoles a abouti à un certain nombre de cultivars traditionnels. Ces matériels génétiques révèlent une très grande diversité, notamment le niveau de sucrosité, la couleur, la résistance aux maladies, la précocité et la supériorité du rendement. Les cultivars traditionnels sont à l'image des préférences des agriculteurs, tels que les grosseurs plus importantes des fruits, la couleur, la saveur, la précocité de la maturité et l'élévation du rendement. Même si le *S. macrocarpon* a un goût un peu plus amer, il est considéré comme une culture mineure dans la plupart des pays africains sauf au Nigeria, ce qui explique la rareté des programmes de recherche pour accroître le potentiel de matériel génétique. Pendant longtemps, les programmes formels d'amélioration des cultures n'ont pas pris en compte l'aubergine d'Afrique, sauf dans les cas particuliers où elle est utilisée comme source de caractères spécifiques visant à développer la résistance à la maladie chez le *S. melongena* L. ('l' aubergine). Tout récemment, quelques ouvriers ont attiré l'attention des chercheurs sur l'amélioration des caractéristiques agronomiques des sélections des agriculteurs (Lester et Seck, 2004). Toutefois, les cultivars traditionnels sélectionnés sont fort disséminés à travers les principales zones agro-écologiques d'Afrique, d'où la difficulté de se concentrer sur les caractères recherchés pour une amélioration génétique de la culture. Il est nécessaire de procéder à une caractérisation systématique des variétés ou lignées d'aubergine d'Afrique, à l'aide de caractères morphologiques, afin de contribuer aux efforts consacrés par les phytogénéticiens à l'étude des espèces (AVRDC, 2003).

Au regard de ce qui précède, il se posait un besoin clair de procéder à une caractérisation du matériel génétique recueilli et susceptible d'être utilisé dans la mise au point de nouvelles variétés. La présente étude avait pour objectif de caractériser les lignées d'espèces d'aubergine d'Afrique recueillies dans divers pays africains. L'objectif de l'étude était d'aider d'une part à produire les informations nécessaires à la rationalisation de la conservation de l'espèce et, d'autre part, la sélection des collectes et obtentions fondamentales susceptibles de servir à l'amélioration génétique.

## Matériels et méthodes

L'expérience s'est déroulée à l'AVRDC – Centre régional pour l'Afrique du Centre mondial des légumes, basé à Arusha, en Tanzanie, au cours de la saison fraîche, allant de juillet à novembre 2005. La zone de recherche enregistre une pluviométrie annuelle de 1085 mm. Les sols sont de limon argileux avec un pH de 6 à 7. La zone se situe à une altitude de 1290 m au-dessus du niveau de la mer, à une latitude de 4,8° Sud et une longitude de 37° Est. L'expérience a été faite dans un bloc aléatoire complet (RCBD) avec trois blocs identiques. En tout, 28 obtentions (en provenance de divers pays africains, Tableau 1) ont été plantées dans deux planches de semis et transplantées sur le terrain six semaines plus tard. Les jeunes plants ont été transplantés sur deux rangées, pour chaque variété, avec un espacement de 50 x 75 cm pour les parcelles mesurant 6 m de long.

Les plants ont été fertilisés au NPK à un taux de 450 kg/ha (90 kg N, 45 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 45 kg K<sub>2</sub>O). L'urée a apporté une quantité additionnelle de N au taux de 120 kg N/ha. Tout le NPK et 60 kg N/ha d'urée ont été appliqués ensemble une semaine après la transplantation. La deuxième application d'urée (ensemble avec 60 kg N/ha) a eu lieu lors du démarrage de la formation des fruits. Toutes les pesées ont été effectuées à l'aide d'une balance électronique (ADP 1200L, Wagtech International Ltd, Royaume-Uni). L'irrigation du sillon s'est faite deux fois par semaine au cours des premières semaines après la transplantation et une fois par semaine par la suite. Le désherbage manuel était effectué tel que requis. Le pesticide Ridomil (cuivre + métalaxyl-M de la société Syngenta Crop Protection, Bâle, Suisse) a été pulvérisé au taux de 20 mL/15 litres d'eau pour lutter contre la fonte des semis 12 jours après la transplantation (30 L par parcelle). Cette activité a été immédiatement suivie de la pulvérisation de Selecron (profénofos de la société Syngenta Crop Protection, Bâle, Suisse) au taux de 20 mL/15 litres d'eau (30 L par parcelle), au cours de la deuxième semaine, pour lutter contre les vers gris. La caractérisation de ces variétés a été faite de l'étape de jeune plant à celle de mise à fruit. Les caractéristiques morphologiques ont été prises à l'aide de la liste technique pour l'aubergine et pour l'aubergine d'Afrique, développée par l'AVRDC (M.L. Chadha, L.M. Engle et M.O. Oluoch, données non publiées). La caractérisation consistait à enregistrer ces caractères fortement transmissibles ou encore visibles, ou qui se manifestent clairement dans tous les environnements.

Des variantes distinctes ont été identifiées au sein d'une variété et récoltées séparément pour former les sous-variétés. Aussi bien les caractères qualitatifs que quantitatifs ont fait l'objet d'analyses (NTSYS version 2.11s) (Rohlf, 2004) pour produire un dendrogramme.

## Résultats

### Caractères végétatifs

Les obtentions N14, 11-05 et Ex-Yambio avaient de grandes branches très feuillues, tandis que le CR007, n° 9, Ex-Sironkwo et la petite ovale étaient des variétés de petite taille. Les lignées de *S. aethiopicum* et de *S. anguivi* ont montré de grandes différences dans leurs branches portant des feuilles (Tableau 2). La taille de la plante à maturité varie de 22,9 à 94,6 cm dans les lignées *S. aethiopicum* et *S. anguivi*, mais n'est que de 19 à 68,2 cm dans les lignées *S. macrocarpon* (Tableau 2). Le pétiole des lignées de *S. macrocarpon* (CR007, CR005, CR001 et CR.) était de couleur verte et généralement de très petite taille (Tableau 2). La longueur et la largeur du limbe de *S. macrocarpon* variaient avec peu ou pas de poils sur les feuilles. Toutefois, les feuilles et les tiges de *S. macrocarpon* étaient glabres et sans épines. Les lignées de la catégorie de *S. aethiopicum* et *S. anguivi* avaient peu de poils sur les feuilles.

Tableau 1. Origine des variétés d'aubergine d'Afrique

Variété	Espèces	Pays d'origine
Tengeru white	<i>Solanum aethiopicum</i>	Tanzanie
Ex-Sironkwo	<i>Solanum aethiopicum</i>	Ouganda
Aubergine africaine	<i>Solanum aethiopicum</i>	Tanzanie
No.1	<i>Solanum aethiopicum</i>	Tanzanie
No.9	<i>Solanum aethiopicum</i>	Tanzanie
N.12	<i>Solanum aethiopicum</i>	Tanzanie
Small oval	<i>Solanum aethiopicum</i>	Tanzanie
N13	<i>Solanum aethiopicum</i>	Tanzanie
N20	<i>Solanum aethiopicum</i>	Tanzanie
Ex-IVC	<i>Solanum aethiopicum</i>	Côte d'Ivoire
N24	<i>Solanum aethiopicum</i>	Cameroun
N11	<i>Solanum aethiopicum</i>	Tanzanie
N14	<i>Solanum aethiopicum</i>	Tanzanie
DB3	<i>Solanum aethiopicum</i>	Ghana
AB-2	<i>Solanum aethiopicum</i>	Ghana
CR006	<i>Solanum macrocarpon</i>	Cameroun
CN012	<i>Solanum macrocarpon</i>	Cameroun
CR007	<i>Solanum macrocarpon</i>	Cameroun
N1	<i>Solanum macrocarpon</i>	Cameroun
CN009	<i>Solanum macrocarpon</i>	Cameroun
CR001	<i>Solanum macrocarpon</i>	Cameroun
EX-DSM	<i>Solanum macrocarpon</i>	Cameroun
CR.005	<i>Solanum macrocarpon</i>	Cameroun
UVPP	<i>Solanum macrocarpon</i>	Cameroun
Fovembot	<i>Solanum anguivi</i>	Cameroun
Toumbot	<i>Solanum anguivi</i>	Cameroun
11-05	<i>Solanum anguivi</i>	Cameroun
Ex-Yambio	<i>Solanum anguivi</i>	Soudan

## Caractères pomologiques

Les caractères pomologiques comportaient des différences notables, aussi bien entre les espèces qu'en leur sein. Les variétés du *Solanum anguivi* avaient de petits fruits ronds, tandis que celles du *S. aethiopicum* avaient des fruits de forme ovale et de taille moyenne ou grande (Fig. 1). Néanmoins, la majorité des variétés avaient des fruits ronds, dont deux seulement aplatis aux pôles et de forme cylindrique. En général, les fruits de *S. macrocarpon* étaient de couleur vert-foncé à la récolte. Les variétés de la catégorie *S. aethiopicum* comportaient un mélange de couleurs de fruits de la couleur blanc-crème au jaune et au vert-clair avec des rayures vert-foncé. Les lignées de *Solanum anguivi* avaient des fruits vert-foncé et verts avec des rayures vert-foncé. En ce qui concerne la position des fruits, il existait des différences nettes entre les espèces et en leur sein. L'aubergine africaine et le Tengeru white (*S. aethiopicum*) présentaient différentes positions de fruits (Tableau 2). Les lignées de *Solanum macrocarpon* CR006, CR007 et UVPP présentaient respectivement des fruits en position pendante, semi-pendante et horizontale. Le Fovembot et l'Ex-Yambio (*S. anguivi*) présentaient également différentes positions de fruits, c'est-à-dire en position pendante et semi-pendante (Tableau 2).

Tableau 2. Caractéristiques phénotypiques des légumes et quelques caractères pomologiques

Variété	Hauteur de la plante (cm)	Couleur du pétiole	Longueur du pétiole	Longueur du limbe des feuilles	Largeur du limbe des feuilles	Poils des feuilles	Position des fruits
Tengeru white	68,2	Vert	–	Interm.	Mélange	Absent	Pendant
Ex-Sironkwo	45,5	Brun-foncé	Très long	Long	Large	Très peu	Pendant
Manyire green	86,6	Mélange	Short	Mélange	Mélange	Absent	S.pendant
N° 1	76,0	Vert	Long	Interm.	Interm.	Absent	Pendant
N° 9	22,9	Vert	Très long	Interm.	Interm.	Peu	S.pendant
N° 12	79,0	Vert	–	Interm.	Large	Interm.	Pendant
Petite ovale	30,2	Vert	–	–	Large	Few	Pendant
N13	46,8	Vert	Long	Court	Mélange	Très peu	Pendant
N20	71,4	Vert	Long	Interm.	Mélange	Peu	Pendant
Ex-IVC	81,2	Vert	Interm.	Long	Large	Très peu	S.pendant
N24	–	–	–	–	–	–	–
N11	65,4	Mélange	–	Interm.	Large	Absent	Pendant
N14	81,6	Vert	Interm.	Interm.	Large	Absent	Pendant
DB3	55,0	Vert	Long	Interm.	Mélange	Interm.	Pendant
AB-2	69,4	Vert	Long	Interm.	Mélange	Mélange	Pendant
CR006	14,4	Vert	Très court	Interm.	Interm.	Absent	Pendant
CN012	35,4	Vert	Interm.	Interm.	Interm.	Absent	–
CR007	19,0	Vert	Interm.	Interm.	Narrow	Absent	S.pendant
N1	68,2	Vert	–	Interm.	Mélange	Absent	Pendant
CN009	26,9	Vert	Interm.	Court	Interm.	Absent	–
CR001	19,7	Vert	Très court	Court	Interm.	Absent	S.pendant
EX-DSM	53,4	Vert	Très court	Interm.	Mélange	Peu	–
CR.005	26,9	Vert	–	Mélange	Interm.	Mélange	Pendant
UVPP	41,5	Mélange	Court	Interm.	Interm.	Absent	Horizontal
Fovembot	42,2	Violet	Long	Court	Étroit	Absent	Pendant
Toumbot	77,9	Mélange	Long	Interm.	Absent	Absent	Pendant
11-05	79,6	Mélange	Long	Interm.	Mélange	Absent	Pendant
Ex-Yambio	94,6	–	–	–	–	–	S.pendant

Interm.=intermédiaire ; V.= très long ; S.=semi ; – données manquantes.



**Figure 1.** Caractéristiques morphologiques de trois espèces d'aubergine d'Afrique : le *S. aethiopicum* (en haut, image de droite et de gauche) ; le *S. macrocarpon* (en bas à gauche) ; le *S. anguivi* (en bas à droite)

## Diversité des variétés d'aubergine d'Afrique

Le dendrogramme (Fig. 2) classe les variétés en trois groupes. Même s'il y a quelques mélanges, le premier groupe présentait principalement le *S. macrocarpon*, tandis que le second et le troisième groupes présentaient respectivement les variétés *S. anguivi* et *S. aethiopicum*. Le groupe 1 (principalement le *S. macrocarpon*) comptait quelques obtentions du *S. aethiopicum* (petite ovale et Ex-IVC). De même, le groupe 2 comptait quelques obtentions du *S. aethiopicum*. Le groupe 3 (principalement le *S. aethiopicum*) comportait quelques obtentions du *S. macrocarpon*.

## Discussion et conclusion

### Caractères végétatifs

Les larges branches feuillues constituent une très bonne caractéristique pour un rendement élevé (AVRDC, 2003). En général, les sélectionneurs font le choix de ce caractère pour augmenter le nombre de fruits par plante et donc le rendement. L'aubergine d'Afrique présente beaucoup de diversités génétiques au niveau de ses branches feuillues, donnant ainsi aux phytogénéticiens diverses caractéristiques pour procéder à une amélioration. La plupart des variétés de *S. macrocarpon* ne portaient pas de poils sur leurs feuilles. Les poils des feuilles constituent un mécanisme externe servant à lutter contre certains nuisibles et maladies (AVRDC, 2003).

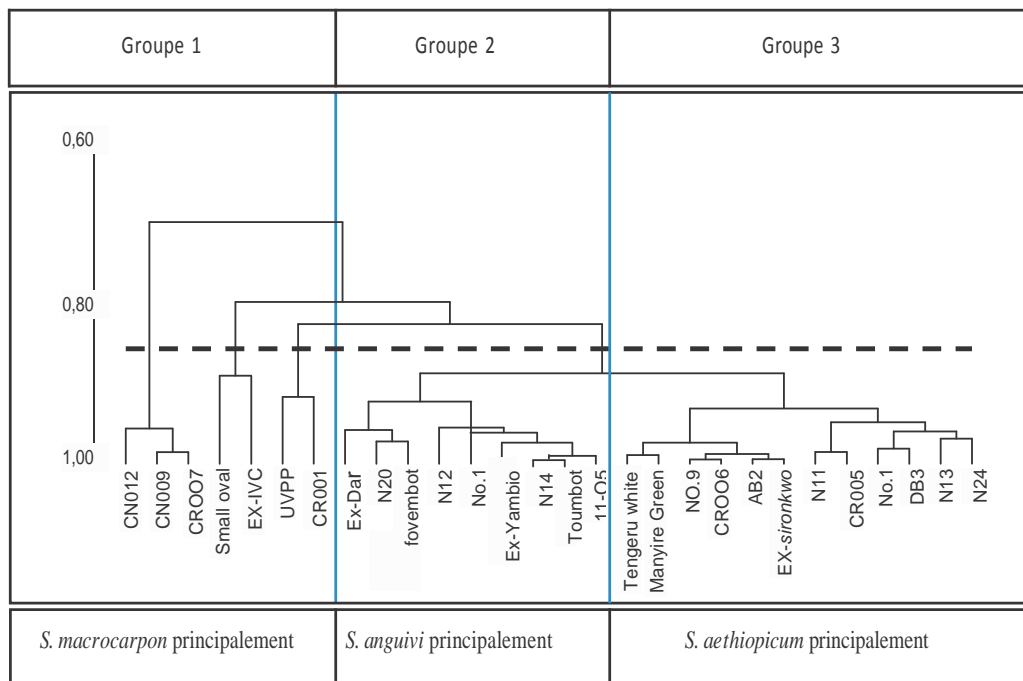


Figure 2. Dendrogramme présentant la diversité au niveau des variétés d'aubergine d'Afrique

## Caractères pomologiques

La différence observée dans la forme du fruit constitue également un précieux caractère pour les phytogénéticiens, dans le choix de leurs programmes de sélection. Nos résultats ont confirmé les rapports précédents (AVRDC, 2003) qui avaient montré des formes similaires entre les espèces et en leur sein. Les formes ovales et aplaties aux pôles sont plus appréciées sur la plupart des marchés du Ghana et de la Tanzanie. Par conséquent, les phytogénéticiens peuvent inclure ces formes dans d'autres lignées d'aubergine d'Afrique qui possèdent d'autres caractères recherchés. En ce qui concerne la couleur et la forme du fruit, il existait de grandes différences dans la catégorie *S. aethiopicum*. Cela veut dire que les phytogénéticiens disposent d'une grande diversité génétique. Les mélanges obtenus dans les variétés, en termes de formes du fruit, peuvent s'expliquer par le fait que certains mélanges de semences et de jeunes plants sont survenus, respectivement au cours des semailles et de la transplantation.

## Diversité des aubergines d'Afrique

Même si le premier groupe présentait surtout le *S. macrocarpon*, d'autres variétés de la catégorie *S. aethiopicum* se retrouvaient également dans le groupe 1 – ces variétés avaient des caractères communs. Par exemple, certaines fleurs du *S. macrocarpon* et du *S. aethiopicum* sont de couleur crème. Dans le groupe 2, les variétés étaient notamment le *S. anguivi* avec quelques *S. aethiopicum*. Cela prouve une fois encore que les deux espèces ont des caractères communs. Un certain nombre de caractères (position des fruits, couleur de la fleur, forme du fruit, couleur du pétiole, longueur du pétiole et poils sur la feuille) étaient des caractères communs au *S. anguivi* et au *S. aethiopicum*. De même, dans le groupe 3 où les obtentions étaient principalement de la lignée du *S. aethiopicum*, il y avait également quelques obtentions du groupe *S. macrocarpon*, ce qui prouve que ces groupes ont des caractères communs. La couleur de la fleur (couleur crème) et la position des fruits à maturité étaient caractéristiques du groupe 3.



Dans l'ensemble, il a été noté des variantes considérables dans les caractères végétatifs et pomologiques observés aussi bien entre espèces *Solanum* qu'en leur sein. Toutefois, de grandes différences existaient dans les caractères, telles que le diamètre de la corolle, la longueur du pétiole, la largeur du limbe, le feuillage des branches, la forme du fruit et la couleur du fruit à la récolte. Fort de ces informations, les phytogénéticiens sont désormais en meilleure posture pour améliorer et développer de nouvelles variétés d'aubergine d'Afrique, à l'intention des agriculteurs qui pourront alors accroître leurs revenus et améliorer leurs conditions de vie.

## Remerciements

Les auteurs expriment leur profonde gratitude au Centre régional pour l'Afrique du Centre mondial des légumes (AVRDC-RCA) pour avoir financé le projet.

## Références

- AVRDC. 2003. *AVRDC Report 2003*. AVRDC Publication Number 03-563. AVRDC – The World Vegetable Center, Shanhua, Taiwan.
- Bonsu, K.O., Owusu, E.O., Nkansah, G.O. et Schippers, R.R. 1998. 'Preliminary characterization of *Solanum macrocarpon* germplasm from different ecological zones of Ghana'. Paper presented at the Workshop for Identification of Vegetable Research Priorities, I Brong Ahafo Region of Ghana, Sunyani, Ghana, 10–11 septembre 1998.
- Bukenya-Ziraba, R., 2004. '*Solanum anguivi* Lam.' [Internet] Record from Grubben, G.J.H. et Denton, O.A. (ed.) *Protabase*. PROTA (Plant Resources of Tropical Africa), Wageningen, Pays-Bas. <http://database.prota.org>
- Bukenya-Ziraba, R. et Bonsu, K.O. 2004. '*Solanum macrocarpon* L.' In Grubben, G.J.H. et Denton, O.A. (ed.) *PROTA 2: Vegetables/Légumes*. [CD-Rom]. PROTA, Wageningen, Pays-Bas.
- Lester, R.N. et Seck, A., 2004. '*Solanum aethiopicum* L.' [Internet] Record from Grubben, G.J.H. et Denton, O.A. (ed.) *Protabase*. PROTA (Plant Resources of Tropical Africa), Wageningen, Pays-Bas.
- Rohlf, F.J. 2004. NTSYSp: numerical taxonomy and multivariate analysis system, ver. 2.1. Exeter Software, Setauket, New York, États-Unis.

# Technologie de réensemencement d'herbages graminacées comme moyen de réhabilitation des terres dégradées et d'amélioration des moyens de subsistance des communautés agro-pastorales dans la région semi-aride du Kenya

K.Z. Mganga,<sup>1</sup> N.K.R. Musimba,<sup>1</sup> M.M. Nyangito,<sup>1</sup> D.M. Nyariki,<sup>1</sup>

A.W. Mwangombe,<sup>2</sup> W.N. Ekaya,<sup>3</sup> W.M. Muiru,<sup>2</sup> D. Clavel,<sup>4</sup> J. Francis,<sup>5</sup>

R. von Kaufmann<sup>6</sup> et J. Verhagen<sup>7</sup>

Mots clés : couverture végétale, graminées vivaces, semi-aride, propriétés hydrologiques du sol

## Résumé

La dégradation du sol constitue un problème majeur dans les zones semi-arides d'Afrique subsaharienne. La lutte contre cette dégradation du sol est capitale pour garantir une productivité durable et à long terme des terres semi-arides habitées. Le *Cenchrus ciliaris* (vulpin des prés africains), l'*Enteropogon macrostachyus* (seigle sauvage) et l'*Eragrostis superba* (Eragrostis Maasai) sont d'importantes graminées vivaces dans les zones semi-arides d'Afrique de l'Est. Une étude a été faite pour évaluer la contribution de ces herbages graminacées indigènes à l'amélioration des propriétés hydrologiques du sol, la réhabilitation, la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance des communautés agro-pastorales dans les districts semi-arides du Kenya. Les propriétés hydrologiques du sol ont été testées à l'aide d'un simulateur Kamphorst, à diverses hauteurs de chaume, pour donner une image de trois différentes intensités de pâturage (faible, moyenne, élevée). L'estimation de la couverture végétale s'est faite à l'aide de la méthode d'échantillonnage step-point. Une étude a également été réalisée dans 50 ménages agro-pastoraux pour évaluer les avantages multidimensionnels des herbages graminacées. La production de sédiments (comme fonction d'écoulement et capacité d'infiltration) était considérablement différente ( $P<0,05$ ) à diverses hauteurs de chaume. Les estimations de la couverture végétale des herbages graminacées étaient également considérablement différentes ( $P<0,05$ ). Le *Cenchrus ciliaris* avait le plus grand impact en matière d'amélioration des propriétés hydrologiques. L'*Enteropogon macrostachyus* et l'*E. superba* se classaient respectivement en deuxième et troisième positions. L'*Enteropogon macrostachyus* avait la plus grande couverture. Le *Cenchrus ciliaris* et l'*E. superba* se classaient respectivement en deuxième et troisième positions. Ces résultats étaient dus à la croissance et aux caractères morphologiques des herbages graminacées. En général, une augmentation de la hauteur de chaume augmente la capacité d'infiltration et réduit l'écoulement et la formation de sédiments. Les résultats de l'enquête réalisée auprès des ménages révèlent que les herbages graminacées constituent une source de revenus par le biais de la vente de foin, de graines de graminacées et de lait, ce qui participe également d'un régime équilibré. Les herbages graminacées constituent également une source bon marché de matériel pour la confection de toitures de chaume et d'aliments pour le bétail.

1. Département pour la gestion des ressources foncières et pour la technologie agricole, Université de Nairobi, B.P. 29053-00625, Nairobi, Kenya.
2. Département de la botanique et de la protection des cultures, Université de Nairobi.
3. RUFORUM, Ouganda.
4. CIRAD, France.
5. CTA, Pays-Bas.
6. FARA.
7. Université de Wageningen, Pays-Bas.

## Introduction

La dégradation des sols (une réduction du potentiel de ressources par un processus ou un ensemble de processus ayant un impact sur les sols, tels que l'eau et l'érosion éolienne) constitue un sérieux problème sur les terres semi-arides en Afrique subsaharienne. On peut définir une terre dégradée comme une terre qui, sous l'action de processus naturels ou d'action anthropique, n'est plus en mesure d'assurer une fonction économique et/ou sa fonction écologique d'origine. Les processus conduisant à la dégradation des terres impliquent des interactions complexes entre les facteurs sociaux et les facteurs climatiques naturels. Au nombre des causes fréquentes les plus connues de dégradation des terres, on peut citer le surpâturage, l'exploitation abusive des terres cultivées, l'engorgement des sols, la salinisation des terres irriguées, la déforestation, la pollution et les causes industrielles (Mganga, 2009).

La question de la dégradation des sols est une source de préoccupation majeure pour la sécurité alimentaire mondiale et la qualité de l'environnement, si on tient compte du fait que seulement 11 % des terres émergées de la planète peuvent être considérées comme de bonne qualité et que celles-ci doivent nourrir aujourd'hui environ 6,3 milliards d'habitants, plus les 8,2 milliards attendus d'ici l'an 2020 (OMM, 2005). La sécurité alimentaire se définit comme la capacité physique et économique de tous à disposer en permanence d'un accès à une alimentation suffisante, sûre et nutritive, dans le but de satisfaire les besoins et préférences alimentaires pour une vie active et saine (Ericksen, 2008). Le réensemencement des herbages graminacées, qui implique l'introduction de nouvelles graines pour approvisionner la banque de semences d'un sol épuisé, a servi à la réhabilitation des terres dégradées, afin d'améliorer leur potentiel, aussi bien pour la production animale que pour la production agricole. On peut définir la réhabilitation comme le processus de restructuration visant à essayer de ramener à son état naturel une superficie de terre précédemment endommagée par une forme ou une autre de perturbation.

La présente étude avait pour objectif de :

- (1) déterminer la contribution de trois graminées vivaces : le *Cenchrus ciliaris*, l'*Enteropogon macrostachyus* et l'*Eragrostis superba* à la réhabilitation des terres semi-arides et l'amélioration des propriétés hydrologiques du sol ;
- (2) déterminer la contribution de ces trois graminées à l'amélioration des moyens de subsistance des communautés agropastorales vivant dans un district semi-aride du Kenya.

## Matériels et méthodes

### Zone de l'étude

La présente étude a été effectuée dans le département de Kibwezi, district du même nom, au Kenya. Le district se situe entre les latitudes 2°6' et 3° Sud et les longitudes 37°36' et 38°30' Est et s'étend sur une superficie totale de 3400 km<sup>2</sup> (Mganga et al., 2010a,b). La communauté agropastorale des Kamba constitue le principal groupe ethnique et leur plus importante activité économique est l'élevage et la culture de céréales et de légumineuses à graines (Nyangito et al., 2010). Les principaux sols sont les ferralsols, les cambisols et les luvisols. En général, ces sols sont très vulnérables à l'érosion physique et à la dégradation chimique et biologique (UNESCO, 2003). Le climat est semi-aride et le district est caractérisé par un apport faible et peu fiable en humidité nécessaire à la croissance des plantes. La moyenne pluviométrique annuelle, l'évaporation et la température moyennes sont respectivement de 600 mm, 2000 mm et 23°C. La végétation naturelle est constituée d'aires boisées et de savanes. Le district de Kibwezi est un district de type semi-aride dominé par le *Commiphora*, l'*Acacia* et espèces génériques alliées, et notamment d'habitats arbustifs. Au nombre des arbustes, on peut citer les essences *Acacia mellifera*, *A. senegal* et *Grewia*. (Nyangito et al., 2009). Les principales graminées vivaces sont notamment le *Cenchrus ciliaris*, l'*Enteropogon macrostachyus*, le *Chloris roxburghiana*, le *Panicum maximum* et l'*Eragrostis superba* (Nyangito et al., 2010).

## Préparation de site et protocole expérimental des terres réensemencées

La préparation du site expérimental a impliqué la préparation de planches de semis, la création de micro-bassins versants à l'aide de charrues à bœufs et et l'érection d'une clôture. Le plan expérimental a été divisé en trois lots d'une superficie de 150 m<sup>2</sup> (15 × 10 m) chacun. Chaque lot était ensuite divisé en six sous-lots de 25 m<sup>2</sup> (5 × 5 m). Les trois lots étaient disposés côte-à-côte à l'horizontale, séparés par des bandes pare-feu de 5 m. Les graines de graminacées ont été plantées tout le long des micro-bassins versants comme cultures pures : *C. ciliaris*, *E. macrostachyus* et *E. superba* ; et sous forme de mélange : *C. ciliaris*-*E. macrostachyus*, *C. ciliaris*-*E. superba* et *E. macrostachyus*-*E. superba*. Les parcelles réensemencées ont été clôturées et mises sous précipitations simulées pour fournir une quantité d'humidité suffisante pour la germination et le sémis subséquent.

## Réponses hydrologiques du sol et mesures de production des sédiments

Les précipitations simulées (Young et Burwell, 1972) ont servi à étudier les réponses hydrologiques du sol (capacité d'infiltration, écoulement et production de sédiments) dans toutes les sous-parcelles. La capacité d'infiltration dans toutes les sous-parcelles à diverses hauteurs de chaume a été mesurée à l'aide du simulateur de précipitations Kamphorst (Kamphorst, 1987). Chaque simulation consistait en une averse de pluie d'une durée de 5 min avec une intensité de 375 mL/min (6 mm/min) (Rietkerk et al., 2000). La capacité d'infiltration était calculée par soustraction de l'écoulement de la quantité de précipitation appliquée : Capacité d'infiltration (cm<sup>3</sup>) = précipitation simulée – écoulement total recueilli.

Les sédiments produits sont nettoyés dans des bouteilles de stockage, filtrés par la suite puis séchés à 105°C pendant 24 h. La quantité de sédiments produits est convertie en kg/ha. Ceci a servi d'indice d'érosion de surface, comme le montre l'équation de Nyangito et al. (2009):

$$\text{Production de sédiments (kg/ha)} = \frac{(\text{sédiment produit} \times \text{zone})}{\text{Surface cultivée}}$$

La production de sédiments et les taux d'infiltration ont été estimés à diverses hauteurs de chaume des herbages graminacées de 0 cm (sur terrain dénudé), à 20 et 40 cm, pour représenter les trois intensités de pâturage (faible, moyenne, élevée). Le pourcentage de la partie souterraine de la plante a été estimé à l'aide de la méthode d'échantillonnage step-point de la végétation (Evans et Love, 1957).

## Enquête auprès des ménages et analyses statistiques

Les données d'enquête ont été recueillies auprès de 50 bergers-éleveurs, à l'aide de questionnaires semi-structurés. Les réponses hydrologiques du sol des trois herbages graminacées aux différentes hauteurs de chaume ont été comparées à l'aide d'une analyse de variance à un critère de classification et les moyennes ont été séparées en utilisant la comparaison de Tukey's *b*. La comparaison moyenne a été faite à  $P < 0,05$ . La statistique descriptive a été utilisée pour l'analyse des données d'enquête. Le programme informatique « Ensemble des programmes statistiques relatifs aux sciences sociales » (SPSS) (Einstein et Abernethy, 2000) a été utilisée pour l'analyse des données.

## Résultats

### Réponses hydrologiques du sol et mesures de production des sédiments

Il a été noté une différence considérable ( $P < 0,05$ ) dans la capacité d'infiltration, l'écoulement et la production de sédiments, avec une augmentation de la hauteur des herbages graminacées dans les espèces d'herbes (Tableaux 1 à 3). Toutefois, il n'a pas été noté de différence notable ( $P > 0,05$ ) dans la capacité d'infiltration pour l'*E. superba* aux hauteurs de chaume de 0 et 20 cm.

## Estimations pour la partie souterraine de la plante

Les résultats, en ce qui concerne la partie souterraine de la plante comme indicateur de succès de réhabilitation, ont révélé des différences considérables ( $P < 0,05$ ) entre les sous-parcelles, aussi bien dans les peuplements purs que dans les mélanges de deux herbages graminacées (Tableau 4).

**Tableau 1.** Conséquences des hauteurs de chaume différentes des herbages graminacées sur la capacité d'infiltration

Hauteur (cm)	Capacité d'infiltration (cm³)		
	CC	EM	ES
0	1047 <sup>a</sup> ± 0	1047 <sup>a</sup> ± 0	1047 <sup>a</sup> ± 0
20	1530 <sup>b</sup> ± 65,57	1413 <sup>b</sup> ± 32,15	1067 <sup>a</sup> ± 30,55
40	1883 <sup>c</sup> ± 25,17	1760 <sup>c</sup> ± 55,68	1513 <sup>b</sup> ± 70,95

CC : *Cenchrus ciliaris* ; EM : *Enteropogon macrostachyus* ; ES : *Eragrostis superba*.

La colonne signifie qu'avec différents exposants, il y a des différences considérables à  $P < 0,05$ .

**Tableau 2.** Conséquences des différentes hauteurs de chaume sur le volume d'écoulement

Hauteur (cm)	Écoulement (cm³)		
	CC	EM	ES
0	953 <sup>a</sup> ± 0	953 <sup>a</sup> ± 0	953 <sup>a</sup> ± 0
20	470 <sup>b</sup> ± 65,57	587 <sup>b</sup> ± 32,15	933 <sup>a</sup> ± 30,55
40	117 <sup>c</sup> ± 25,17	240 <sup>c</sup> ± 55,68	487 <sup>b</sup> ± 70,95

Pour les notes, voir Tableau 1.

**Tableau 3.** Conséquences des différentes hauteurs de chaume sur la production de sédiments

Hauteur de chaume (cm)	Production de sédiments (kg/ha)
0	3476 <sup>a</sup> ± 1996
20	1178 <sup>b</sup> ± 1010
40	652 <sup>b</sup> ± 957

Pour les notes, voir Tableau 1.

**Tableau 4.** Partie souterraine de la plante

Lot	Partie souterraine de la plante (%)
CC	30 <sup>c</sup> ± 26,4
EM	54 <sup>ab</sup> ± 19,3
ES	23 <sup>c</sup> ± 15,4
CC-EM	34 <sup>bc</sup> ± 22,8
CC-ES	33 <sup>bc</sup> ± 16,0
EM-ES	58 <sup>a</sup> ± 20,0

Pour les notes, voir Tableau 1.

## Enquête auprès des ménages

Les résultats de l'enquête ont révélé que les trois herbages graminacées utilisés pour la réhabilitation des terres sèches semi-arides dégradées avaient d'autres avantages pour la communauté agro-pastorale des Kamba. Au nombre de ces avantages, on pouvait citer : la source d'aliments de bonne qualité pour le bétail, la source de revenus par le biais de la vente de graines de graminacées, de foin et de lait ; la source bon marché de matériel pour confection de toiture de chaume ; la source de régime alimentaire équilibré à base de consommation de lait.

## Stratégie de communication

Pour communiquer les résultats de cette enquête aux communautés locales et internationales, deux revues spécialisées ont été acceptées et seront publiées très prochainement (Mganga *et al.*, 2010a,b). La thèse de maîtrise ès sciences est également disponible à la bibliothèque de l'Université de Nairobi. En outre, un site de démonstration a été installé dans la zone de l'étude pour communiquer et présenter les questions relatives au réensemencement et à la réhabilitation sur site. Enfin, le premier auteur a eu l'opportunité de participer à plusieurs *barazas* d'agriculteurs (réunions informelles) dans la zone d'étude, pour échanger sur les résultats de la recherche.

## Discussion

Les différences remarquées dans la capacité d'infiltration et l'écoulement qui s'en est suivi sont attribuables à la croissance et aux caractères morphologiques des graminacées. Le *Cenchrus ciliaris* dispose d'un feuillage dense, avec des ramifications de chaume disposées sous forme d'entonnoir. De même, l'herbage graminacée a des feuilles relativement larges. Ces caractéristiques présentent une plus grande surface pour la collecte d'eau et des gouttes de pluie, qui sont beaucoup plus concentrées dans sa rhizosphère. Même si l'*Enteropogon macrostachyus* n'a que des feuilles étroites, elle a tendance à avoir plus de feuilles que de tige, notamment à la base et, par conséquent, elle ressemble énormément au *C. ciliaris* pour son habilité à retenir l'eau de pluie. Au contraire, l'*E. superba* a beaucoup plus de tige et ainsi, elle est moins efficace en matière de concentration d'eau dans sa rhizosphère. En conséquence, l'*E. superba* ne présente aucune différence en ce qui concerne la capacité d'infiltration de 0 et 20 cm de hauteur de chaume, puisque à 20 cm, l'herbage graminacée avait moins de feuilles, ce qui réduisait sa capacité à retenir assez de gouttelettes d'eau pour les diriger près de la rhizosphère.

Il a été noté une chute générale dans la production de sédiments et une augmentation de la hauteur de chaume des herbages graminacées. Ceci est attribuable à la réduction de la force des gouttes d'eau qui tombent sur le sol et en déstabilisent la structure. En général, la partie souterraine de la plante intercepte l'énergie cinétique des pluies et réduit, par conséquent, la mobilisation des particules du sol. Contrairement aux petites graminacées, les graminacées de plus grande taille retiennent davantage de gouttes d'eau et les canalisent vers leur couronne, concentrant ainsi plus d'eau autour de la rhizosphère. Les limbes des feuilles de plus grande taille réduisent également la force des gouttes d'eau qui tombent directement sur le sol. Ceci participe à l'amélioration de la capacité d'infiltration, à la réduction de l'écoulement et, en conséquence, à la réduction de la production de sédiments.

Le pourcentage plus élevé de la partie souterraine de l'*E. macrostachyus* s'explique par la germination plus rapide de cette espèce, lui procurant ainsi une longueur d'avance dans une compétition régulière entre végétaux. La croissance faible des parties souterraines du *C. ciliaris* et de l'*E. superba* s'explique par leur germination tardive. Le pourcentage élevé de la partie souterraine dans les parcelles comportant un mélange de *E. macrostachyus* et de *E. superba* peut être attribué à la germination plus rapide de l'*E. macrostachyus* dans le mélange, tandis que le faible pourcentage de la partie souterraine dans les lots de *C. ciliaris*-*E. macrostachyus* et *C. ciliaris*-*E. superba* s'explique par la nature allélopathique du *C. ciliaris* dans le mélange, ce qui supprime la croissance et la création d'autres espèces de graminées dans le mélange.

Les résultats de l'étude révèlent que l'*E. superba* est la plante la plus précisée chez les fermiers agropastoraux (97 %). La plus grande préférence exprimée pour l'*E. superba* était d'abord due à son rôle dans la production de lait et l'engraissement du bétail (Wasonga *et al.*, 2003). Le *Cenchrus ciliaris* et l'*E. macrostachyus* étaient classés deuxième et quatrième, avec respectivement 63 et 37 % des agriculteurs qui en pratiquaient la culture. L'excédent de lait était vendu à 30 Ksh<sup>8</sup> le litre. La vente d'herbages graminacées (600 à 1000 Ksh le kg) et de foin (150 Ksh la balle de 13 kg) a également amélioré les moyens de subsistance des fermiers. Les recettes tirées de ces ventes étaient investies dans d'autres secteurs sociaux tels que la santé, l'éducation et les divertissements. De plus, ces herbages graminées constituaient une source bon marché de matériel pour la confection de toitures de chaume pour les habitations et les greniers. Ceci augmente considérablement la longévité des récoltes et améliore par conséquent la sécurité alimentaire.

## Conclusion

Les réponses hydrologiques des graminées vivaces dans la présente étude prouvent que le pâturage pourrait avoir des conséquences négatives sur les propriétés physiques du sol, entraînant un accroissement de l'écoulement des eaux, la perte de sédiments et une réduction de la capacité d'infiltration et, par la suite, l'érosion du sol dans les milieux semi-arides de libre pâturage. La réhabilitation par la méthode du réensemencement de graminées améliore les propriétés hydrologiques du sol dans les environnements semi-arides, notamment par une réduction des écoulements, fréquents dans les zones de pâturage nues et dégradées.

Les graminées utilisées de façon prédominante pour la réhabilitation des zones semi-arides dégradées – notamment le *C. ciliaris*, l'*E. macrostachyus* et l'*E. superba* – ne sont pas seulement avantageuses pour l'amélioration des propriétés hydrologiques du sol, mais aussi pour les moyens de subsistance des fermiers agropastoraux, à travers la vente de lait, de foin et de semences et encore comme source d'aliments du bétail et pour la confection de toitures de chaume, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire.

## Remerciements

Nous exprimons notre profonde gratitude au Projet Innovations agricoles dans les régions sèches d'Afrique (AIDA) pour l'appui financier (Subvention n° 043863-SSA Africa-2006) accordé dans le cadre de la présente recherche. Nous témoignons également notre reconnaissance pour l'opportunité qui nous a été offerte d'utiliser les laboratoires de l'Université de Nairobi et autres infrastructures à Nairobi et à la Station expérimentale de Kibwezi. Nous remercions également la communauté agropastorale de Kamba, dans le district de Kibwezi, pour sa participation active et le partage des savoirs indigènes pendant l'étude.

## Références

- Einstein, G. et Abernethy, K. 2000. *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) Version 12*. Furman University, Greenville, Caroline du Sud, États-Unis.
- Ericksen, P.J. 2008. 'Conceptualizing food systems for global environmental change research'. *Global Environmental Change* 18: 234–245.
- Evans, R.A. et Love, R.M. 1957. 'The step-point method of sampling – a practical tool in range research'. *J. Range Management* 10: 208–212.
- Kamphorst, A. 1987. 'A small rainfall simulator for the determination of soil erodibility'. *Netherlands J. Agricultural Science* 35: 407–415.

8. Taux de change : 1 \$US ≈ 77 Ksh.

- Mganga, K.Z. 2009. Impact of grass reseeding technology on rehabilitation of the degraded rangelands: a case study of Kibwezi district, Kenya. Mémoire de maîtrise ès science, Université de Nairobi, Nairobi, Kenya.
- Mganga, K.Z., Musimba, N.K.R., Nyangito, M.M., Nyariki, D.M. et Mwang'ombe, A.W. 2010a. 'Improving hydrological responses of degraded soils in semi-arid Kenya'. *J. Environmental Science and Technology* 3 (4): 217–225.
- Mganga, K.Z., Nyangito, M.M., Musimba, N.K.R., Nyariki, D.M., Mwang'ombe, A.W., Ekaya, W.N., Muiru, W.M., Clavel, D., Francis, J., Kaufmann, R. et Verhagen, J. 2010b. 'The challenges of rehabilitating denuded patches of a semi-arid environment in Kenya'. *African J. Environmental Science and Technology* 4 (7):430–436.
- Nyangito, M.M., Musimba, N.K.R. et Nyariki, D.M. 2009. 'Hydrological properties of grazed perennial swards in semi-arid southeastern Kenya'. *African J. Environmental Science and Technology* 3 (2): 026–033.
- Nyangito, M.M., Musimba, N.K.R. et Nyariki, D.M. 2010. 'Seasonal energy extraction patterns by agro-pastoral herds in semiarid south-eastern Kenya'. *African J. Range and Forage Science* 26 (2):81–90.
- Rietkerk, M., Ketner, P., Burger, J., Hoorens, B. et Olff, H. 2000. 'Multiscale soil and vegetation patchiness along a gradient of herbivore impact in a semi-arid grazing system in West Africa'. *Plant Ecology* 148: 207–224.
- UNESCO. 2003. *Proceedings of the International Workshop on Combating Desertification. Rehabilitation of Degraded Drylands and Biosphere Reserves*, Aleppo, Syria, 2–3 mai 2002. UNESCO-MAB Dryland Series No. 2. UNESCO, Paris, France.
- Wasonga, V.O., Ngugi, R.K. et Kitalyi, A. 2003. 'Traditional range condition and trend assessment: lessons from Pokot and Il Chamus pastoralists of Kenya'. *Anthropologist* 5 (2): 79–88.
- OMM. 2005. *Climate et Land Degradation*. World Meteorological Department (OMM), Genève, Suisse.
- Young, R.A. et Burwell, B.E. 1972. 'Prediction of runoff and erosion from natural rainfall using a rainfall simulator'. *Soil Science Society of America Journal* 36: 827–830.



# Effets du stress hygrométrique lors de la floraison sur les caractères phénotypiques de races primitives locales de maïs sélectionnées au Kenya<sup>1</sup>

S.W. Munyiri,<sup>2</sup> R.S. Pathak,<sup>2</sup> I.M. Tabu<sup>2</sup> et D.C. Gemenet<sup>2</sup>

**Mots-clés :** intervalle anthèse-floraison femelle, sécheresse, enroulement des feuilles, taille de la panicule, floraison femelle, rendement en grain

## Résumé

Les zones arides et semi-arides représentent environ 82 % de la superficie totale du Kenya et abritent environ 20 % de la population humaine du pays. Les races primitives de maïs constituent une importante ressource de subsistance dans ces régions. L'objectif de cette étude était de déterminer les caractéristiques des races primitives de maïs sélectionnées au Kenya pour leur résistance à la sécheresse. Les caractères secondaires présentant une grande héritabilité pour la résistance à la sécheresse ont fait l'objet d'une étude, notamment en ce qui concerne le rendement en grain, l'intervalle anthèse-floraison femelle (ASI), la taille de la panicule, le nombre d'épis par plant, et l'enroulement des feuilles. Au cours de la première saison, on a procédé à la culture de 25 génotypes dans des conditions optimales avec une pluviométrie normale complétée d'une irrigation pour déterminer l'ASI, le nombre d'épis par plant, la taille de la panicule et le rendement en grain. Au cours de la seconde saison, les génotypes ont été plantés selon le plan treillis alpha (en se fondant sur l'ASI) avec deux traitements différents : sous conditions optimales et conditions de stress hydrique et répétition de chaque traitement trois fois. Sur les parcelles soumises à stress hydrique, l'irrigation a été différée jusqu'à une semaine avant l'anthèse de la panicule et reprise à la fin de la floraison mâle. Parmi les caractères étudiés, un petit ASI (1 à 6 jours) a été associé à un niveau élevé de résistance à la sécheresse et de pertes minimales de rendement. Le stress dû à la sécheresse a provoqué environ 17 à 81 % de perte de rendement en grain. Les races primitives GBK-032419 et GBK-034659 ont présenté les plus faibles pertes de rendement en grain de 28 et 17 % respectivement, pendant que deux autres variétés composites des terres arides utilisées comme témoins enregistraient des pertes plus élevées de rendement en grain de l'ordre de 62 et de 68 %. En général, davantage d'épis par plant, la diminution d'enroulement de feuilles et un petit ASI étaient associés à un meilleur rendement dans des conditions de stress hydrique. Les races primitives locales qui ont montré des caractéristiques de résistance à la sécheresse ont été identifiées. Celles-ci pourraient être recommandées pour culture dans des régions marginales du Kenya habitées par des agriculteurs aux ressources limitées. Les approches de recherche visant à stabiliser les rendements chez ces races primitives pourraient jouer un rôle clé dans la réduction de la faim, puisqu'elles sont déjà adaptées aux différents environnements du Kenya. Par ailleurs, les caractères résistants à la sécheresse identifiés pourraient être introgressés dans des variétés composites recommandées pour les régions marginales.

## Introduction

Environ 18 % seulement de la superficie du Kenya est classée comme terre agricole, avec un potentiel allant de moyen à fort ; les 82 % restants, qui sont soit arides soit semi-arides, doivent jouer un rôle clé en permettant à une multitude de Kényans de subvenir à leurs besoins (GdK, 2004). Le maïs est le plus important aliment de base cultivé sur une superficie d'environ 1,6 million d'hectares (FAO, 2007).

1. Une version de ce document a été publiée dans *Journal of Animal & Plant Sciences* en août 2010 (Munyiri et al., 2010).
2. Université Egerton, PO Box 536, Njoro, Kenya.

Les agriculteurs kényans des hauts plateaux obtiennent un rendement moyen de 2,8 à 3,5 t ha<sup>-1</sup> de maïs, même si certains arrivent à réaliser 7 t ha<sup>-1</sup>, tandis qu'à basse altitude, les agriculteurs ne réalisent que 1 t ha<sup>-1</sup> (FAO, 2007). La difficulté de la production agricole sur les terres arides est aggravée par le fait que la période et l'ampleur de la sécheresse varient d'une année à l'autre (Ribaut *et al.*, 2002). Pour résoudre le problème que pose la sécheresse, il faudra opter pour la solution de l'irrigation, ou recourir à des technologies conçues comme des cultivars résistants à la sécheresse et présentant des caractéristiques capables de résister aux situations de sécheresse. Cependant, l'irrigation apparaît comme une solution moins réaliste, au regard de la croissance de la demande en eau dans le monde (Boyer et Westgate, 2004). Dans de nombreuses régions marginalisées, les agriculteurs ont recours aux races primitives locales, car ils leur attribuent un meilleur rendement, dans des conditions de faible humidité ou de manque d'intrants (Bellon *et al.*, 2006). Certaines races primitives locales de maïs présentent des vertus telles que la résistance ou la tolérance aux principales maladies et nuisibles, ou encore la résistance à la sécheresse, et la productivité sur des sols peu fertiles. L'existence de ces races primitives de maïs de haute valeur constitue une richesse potentielle de matériels génétiques déjà adaptés à différents environnements.

Les caractères secondaires sont un nombre limité de caractéristiques des plantes, qui sont hautement transmissibles par héritage des variations et qui entraînent des génotypes avérés face aux interactions avec l'environnement, pour produire un rendement en grain. Ils sont importants dans la caractérisation du maïs en ce qui concerne la résistance à la sécheresse, car ils augmentent la précision d'identification du matériel génétique résistant à la sécheresse (Banziger *et al.*, 2000). De surcroît, les caractères secondaires sont liés au rendement et ils se distinguent de la grande héritabilité dans un contexte de stress hydrique (Ribaut *et al.*, 2002). Bien que plusieurs catégories de maïs hybrides aient été mises au point, elles ne sont pas parvenues à donner des résultats satisfaisants dans les régions arides. En conséquence, de nombreux agriculteurs continuent de cultiver des races primitives localement adaptées. Même si l'existence de races primitives locales de maïs est établie, leurs caractéristiques et performances dans un contexte de sécheresse n'ont pas été documentées. La présente étude avait pour objectif d'évaluer les conséquences de la sécheresse à la floraison, pour les races primitives de maïs sélectionnées, en s'appuyant sur les caractères secondaires.

## Matériels et méthodes

### Site

Les expériences ont été réalisées à l'exploitation agricole de Masongaleni de l'Institut kényan de recherche agricole (KARI), au Kenya. Le champ d'expérimentation se situe à : 2°21.6' S, 38°7.3' E, à une altitude d'environ 650 m au-dessus du niveau de la mer. Il est situé dans une région semi-aride du Kenya, la zone agroécologique VI, qui reçoit environ 400 mm de pluie par an, avec une évapotranspiration potentielle de 1650 à 2300 mm par an. Les sols sont ferreux et contiennent du rhodium et de l'orthite de fer (Jaetzold et Schmidt, 1983).

### Le matériel génétique

Le matériel expérimental était composé de 25 génotypes, dont 15 étaient des races primitives locales de maïs de la Gene Bank of Kenya (GBK). Dix lignées non-croisées ont été incluses dans le lot à des fins de comparaison. Parmi ces lignées, cinq provenaient de KARI-Kitale, trois de KARI-Katamani et deux de CIMMYT-Nairobi (Centre international d'amélioration du maïs et du blé). Les variétés Katamani Composite B (KCB) et Makueni Dry Land Composite (DLC) – recommandées pour les régions marginalisées – ont été utilisées comme tests. Le matériel génétique a été cultivé dans des conditions optimales pendant une saison ayant enregistré une pluviométrie normale complétée par l'irrigation, en vue de déterminer leur intervalle anthèse-floraison femelle (ASI), le nombre d'épis par plant, la taille de l'épi mâle et le rendement en grain.

La culture a été protégée contre l'action des nuisibles et des herbes sauvages, de sorte que les caractères puissent bien se manifester. L'engrais phosphate Diammonium, à raison de 40 kg N/ha et 102 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, a été utilisé (Ministère de l'agriculture, Laboratoires nationaux d'agriculture, 1987). Chaque parcelle expérimentale était composée de 10 plants espacés de 0,75 × 0,3 m. Les données ont été recueillies sur les huit plants médians de chaque parcelle.

Au cours de la seconde saison, sur la base de l'ASI, 25 lignées ont été plantées selon le plan treillis alpha, avec deux traitements différents : conditions optimales et conditions de stress hydrique, chacun reproduit trois fois. Chaque parcelle expérimentale était de 2,25 × 2,7 m. Les pratiques d'élevage d'animaux ont été effectuées comme décrites ci-dessus pour la première saison. Sur les parcelles soumises à stress hydrique, l'irrigation a été suspendue environ une semaine avant l'anthèse de la panicule. Elle a repris plus tard, à la fin de la floraison mâle. Pendant la saison des cultures, les parcelles suffisamment arrosées ont disposé d'assez d'eau pour assurer une croissance normale.

Les données enregistrées comprenaient les jours, à compter de l'ensemencement à 50 % de l'anthèse de la panicule (AD), de l'ensemencement à 50% de la floraison femelle, l'ASI, l'enroulement des feuilles (mesuré sur une échelle de 1 à 5 après suspension de l'irrigation et avant la floraison), la taille de la panicule (mesurée sur une échelle de 1 à 5) et le rendement en grain (en t ha<sup>-1</sup> ; tous les épis récoltés sont décortiqués à la main et le poids des grains est déterminé à 13 % de teneur en humidité dans le volume). À l'aide de la formule  $\log_e \sqrt[3]{(ASI + 10)}$ , les données sont testées pour s'assurer de leur conformité et elles sont soumises à l'analyse de la variance (ANOVA), en utilisant le modèle linéaire général (SAS version 7). Les traitements qui se révèlent cohérents sur le plan statistique ( $P \leq 0,05$ ) conformément au F-test, ont été soumis à l'écart moyen.

## Résultats, discussions et conclusions

Le matériel génétique varie significativement en termes de variables qui ont été étudiées pour déterminer leur résistance à la sécheresse (Tableau 1). Dans les conditions de stress hydrique (SH), le nombre de jours avant l'anthèse de la panicule, le nombre de jours avant la floraison femelle, l'ampleur de l'enroulement des feuilles et l'ASI ont augmenté, tandis que la taille de la panicule, le nombre d'épis par plant, la taille de la plante, le poids de 100 grains et le rendement en grain ont considérablement diminué.

Tableau 1. Variabilité des caractères des races primitives locales de maïs dans deux régimes hydriques

Caractère	Stress hydrique (SH)		Arrosage normal (AN)	
	Moyenne	Intervalle	Moyenne	Intervalle
Nbre jrs avant l'AD	63,6	43,0–78,0	62,9	40,0–74,0
Nbre jrs avant floraison femelle	71,7	53,3–85,0	69,1	48,7–80,7
SIA (jours)	7,9	–1,3–12,3	6,3	–1,0–12,3
Enroulement des feuilles (1–5)	3,0	1,7–4,3	1,0	1,0–1,0
Taille de la panicule (1–5)	2,9	1–5	3,3	1–5
Décortilage (%)	68,4	50–83	75,0	56,7–81,7
Rendement en grain (t/ha <sup>-1</sup> )	1,7	0,4–3,7	3,6	1,8–5,9
Epis/ plant	0,9	0,5–1,1	1,1	0,7–1,7
Poids de 100 grains (g)	27,2	15,7–42,1	31,1	19,7–44,6
Taille de la plante (m)	1,7	1,3–2,3	2,1	1,6–2,5

### Le nombre de jours avant l'anthèse de la panicule

Dans 65 % du matériel génétique, le stress hydrique a retardé l'anthèse de la panicule de 1 à 5 jours. Monneveux *et al.* (2005) signalent qu'un stress aigu avant la floraison provoque l'enroulement des feuilles et réduit la conductance stomatique, ce qui affecte le partitionnement des photosynthétats à l'inflorescence mâle (panicule) et entraîne ainsi le retard de l'anthèse de la panicule.

En ce qui concerne les variétés composites témoins, KCB et DLC, le stress hydrique a retardé l'anthèse de la panicule, respectivement de trois et quatre jours. Le stress hydrique n'a pas affecté le moment d'apparition de l'anthèse de la panicule au niveau des variétés KTL N 70188-2 ou GBK-044593. Les génotypes témoins, KCB et DLC, ont présenté une anthèse très précoce (40 à 45 jours) dans les deux régimes hydriques. Cela révèle que ces témoins ont eu la faculté de résister à la sécheresse. Le temps pour l'anthèse de la panicule, dans le matériel génétique, de résister à la sécheresse en fonction de la durée de l'ASI, a varié de 57 jours pour le GBK-044593 à 71 jours pour le CML-492, prouvant ainsi que les variétés composites ont mieux résisté à la sécheresse que les autres matériels génétiques testés.

### Le nombre de jours avant la floraison femelle

Le stress hydrique a accru le temps moyen avant la floraison femelle de 69 à 72 jours ; ainsi le stress est-il responsable d'un retard de trois jours pour la floraison femelle. Richards (2006) a également découvert que la sécheresse qui se produit du milieu à la fin du stade végétatif, voire au-delà dans le cas du maïs, entraîne un retard dans le processus de floraison de l'épi. Le temps précédant la floraison femelle chez les variétés composites témoins a varié de 52 à 54 jours chez le KCB et de 49 à 53 jours chez le DLC. Les lignées non-croisées T KTL N 10162-1, KTL N 70133-3, KTL N 10168-2, KTL N 70188-2, KTL N 70140-4 (provenant toutes de Kitale) et CML-265 (provenant du CIMMYT) ont eu une floraison très retardée (76 à 82 jours). Mugo *et al.* (1998) ont signalé que la floraison retardée était associée à la stérilité et qu'elle portait atteinte au partitionnement des assimilats pour l'épi en croissance à la floraison, réduisant ainsi les rendements. D'après les expériences de Richards (2006), la raison pour laquelle les soies apparaissent tardivement est que les génotypes sensibles à la sécheresse produisent moins d'assimilats à la croissance des épis lorsque les épis sont fort petits. À la floraison dans des conditions de stress hydrique, des changements tels que la sénescence accélérée des feuilles, l'enroulement des feuilles et la réduction de la conductance stomatique entraînent la réduction du volume des photosynthétats aux dépens de l'épi.

### Intervalle anthèse-floraison femelle (ASI)

Dans des conditions de tension hydrique, l'ASI a augmenté de deux jours. Une longue durée de l'ASI provoque une perte de culture et est fortement liée à la production de grains et au nombre d'épis par plant (aucune donnée disponible). L'ASI est l'un des plus importants caractères (Mugo *et al.*, 1998 ; Richards, 2006) pouvant servir à indiquer la résistance du génotype du maïs au stress. Dans des conditions d'apparition retardée des soies, le pollen peut apparaître après dessiccation, quand les soies se sont flétries ou ont vieilli, ou après que les ovaires aient épuisé leurs réserves d'amidon. Richards (2006) indique que dans des conditions de tension hydrique, la période de l'ASI a un impact négatif sur la production de grains. Bolanos et Edmeades (1996) font le lien entre un rendement en grain élevé dans des conditions de stress hydrique et un ASI de courte durée. De même, Mugo *et al.* (1998) et Frova *et al.* (1999) ont découvert que lorsque le stress hydrique se produit peu avant ou pendant la période de floraison, dans le cas du maïs, cela entraîne un retard dans la floraison femelle, qui a pour conséquence l'accroissement de la longueur de l'ASI. Les lignées non-croisées DT/ BT/1917.DT et DG/BT/2443.DT présentent une durée très courte pour l'ASI, de - 1 jour dans les deux régimes hydriques, c'est-à-dire la floraison femelle avant la floraison mâle.

### Enroulement des feuilles

L'enroulement des feuilles dans les conditions de tension hydrique est le plus élevé chez les variétés témoins DLC, KTL N 70133-3, KTL N 10162-1, GBK-027054 et KTL N 70140-4 de niveau 4 et le plus bas chez les variétés DG/BT/2443.DT, DT/BT/1470. DT, CML-492 et CML-265 de niveau 2. Monneveux *et al.* (2005) associent l'enroulement des feuilles à la baisse de la photosynthèse due à la réduction de l'interception des rayonnements. Bolanos et Edmeades (1993) attribuent la baisse de la photosynthèse à la diminution de l'interception des rayonnements, associée à l'enroulement des feuilles et à une faible expansion des feuilles. Bolanos et Edmeades (1996) ont découvert que l'enroulement des feuilles est un caractère qui s'adapte à la sécheresse, alors que Sambatti et Caylor (2007) relèvent des échanges d'ordre écologique, morphologique et physiologique associés à des caractères d'adaptation à la sécheresse.

Par exemple, dans la sélection pour la conductance stomatique, les plants luttent contre la sécheresse en stockant de l'eau quand elle se raréfie ; cependant, lorsque l'eau est disponible, le même mécanisme ralentit la croissance en limitant l'absorption du dioxyde de carbone.

## Taille de la panicule

Le stress hydrique a considérablement réduit le niveau de la taille de la panicule de 3,2 à 2,9. Les plus petites panicules (niveau 1) ont été enregistrées chez les lignées non-croisées KTL N701104, DG/BT/2443.DT et DT/BT/1917.DT. Les races primitives GBK-043227, GBK-27054 et GBK-034659 ont présenté les plus grandes panicules (niveau 5). Les deux variétés témoins KCB et DLC ont présenté des panicules de taille moyenne. La sélection d'une petite panicule est très souvent associée à l'amélioration du partitionnement pour l'épi. Les lignées non-croisées DG/BT/2443.DT et DT/BT/1917.DT ont présenté de petites panicules, de même qu'un petit ASI et, par conséquent, une meilleure tolérance à la sécheresse que celles ayant de grandes panicules. Monneveux *et al.* (2005) signalent que la sélection récurrente de petites panicules a abouti à l'accroissement substantiel du partitionnement qui accélère la croissance de l'épi, à l'augmentation du poids de l'épi et de son enveloppe, et un ensemble de grains qui a donné de bons résultats, et donc un rendement amélioré en grains. D'après Banziger *et al.* (2000), ce genre de génotypes exige moins d'assimilats disponibles pendant la sécheresse. Ainsi, une quantité importante peut-elle être consacrée à l'épi en développement pour la production de grains. La sélection de panicules de taille réduite peut également accroître la photosynthèse de la canopée, grâce à un ombrage réduit. Les variétés composites témoins fleurissent et atteignent également la maturité physiologique plus rapidement que d'autres matériels génétiques étudiés, démontrant ainsi qu'elles résistent mieux à la sécheresse que les races primitives.

## Production de grains

La production de grains des génotypes était considérablement variée. Une part importante du potentiel de production n'était donc pas réalisée chez de nombreux génotypes soumis à la tension hydrique (Tableau 2). Les génotypes GBK-032419, DT/BT/1470.DT et GBK-034659 ont présenté les plus faibles pertes de production de grains dans un contexte de tension hydrique, avec des taux respectifs de 28, 22 et 17 % de perte. Le DT/BT/2443.DT (provenant de Katumani), le KTL N 10150-1 et le KTL N 701104 (de Kitale) sont les lignées non-croisées les plus performantes en termes de rendement dans des conditions de pluviométrie satisfaisante, avec respectivement 4,6 ; 4,2 et 4,1 t / ha<sup>-1</sup>. Les témoins KCB et DLC ont produit 3,7 et 3,6 t / ha<sup>-1</sup> dans des conditions de pluviométrie satisfaisante et ont enregistré des pertes respectives de production de grains de 62 et 68 % dans un contexte de tension hydrique (Tableau 2). D'après Banziger *et al.* (2000), les génotypes résistants à la sécheresse doivent fournir un bon rendement dans les deux types de conditions (de pluviométrie satisfaisante ou de stress hydrique). Dix-huit génotypes ont enregistré, dans des conditions de stress hydrique, des pertes de rendement plus faibles que les composites témoins, montrant ainsi une meilleure tolérance à la sécheresse que les témoins recommandés. Ouk *et al.* (2006) relèvent que l'approche pratique pour la sélection d'un parent résistant à la sécheresse est de recourir à une mesure ou un indice de production de grains des génotypes soumis au stress hydrique, par rapport à celui des génotypes soumis à des conditions normales comme une mesure intégrative de l'ensemble des caractères qui permettent la résistance à la sécheresse.

Dans la présente étude, le matériel génétique le plus tolérant au stress hydrique, en termes de petit ASI et de faibles pertes de production de grains comprend, notamment, les variétés GBK-034659, DT/BT/1470.DT, GBK-032419, CML-265, DG/BT/2443.DT, DT/ BT/1917.DT, KTL N 701104, CML-492 et GBK-044593. Dans cette catégorie, il faut noter la présence d'un matériel génétique des hautes altitudes, la lignée consanguine de Kitale : le KTL N 701104. Les matériels génétiques les plus sensibles à la sécheresse sont les variétés suivantes : KTL N 70140-4, GBK-044611, GBK-043731, KTL N 70133-3 et DLC.

Tableau 2. Perte relative de rendement du matériel génétique de maïs dans des conditions de tension hydrique

Génotype	Rendement (t/ha <sup>-1</sup> ) AN		Rendement (t/ha <sup>-1</sup> ) SH		Perte de rdmt. (%)
DT/BT/2443.DT	4,6	(±0,28)	2,2	(±0,95)	52
DT/BT/1917.DT	3,7	(±0,46)	1,7	(±0,43)	54
GBK-032419	5,1	(±2,21)	3,7	(±0,54)	28
DT/BT/1470.DT	3,9	(±2,20)	3,1	(±0,68)	21
GBK-032357	4,7	(±0,69)	1,8	(±0,26)	62
GBK-032423	2,9	(±0,26)	1,6	(±0,49)	45
GBK-027017	3,7	(±0,91)	1,7	(±1,40)	54
GBK-034659	2,9	(±1,15)	2,4	(±0,39)	17
CML-492	2,5	(±0,47)	1,3	(±0,40)	49
KTL N 701104	4,1	(±0,67)	2,0	(±0,55)	51
GBK-044593	3,0	(±0,78)	1,8	(±0,66)	40
KTL N 70188-2	1,8	(±0,75)	1,0	(±0,16)	44
KTL N 70140-4	2,2	(±0,37)	0,4	(±0,36)	81
GBK-045385	4,0	(±0,92)	1,6	(±0,50)	60
GBK-043731	5,9	(±1,70)	1,8	(±0,74)	70
GBK-044611	4,5	(±0,99)	1,0	(±0,53)	77
GBK-034711	3,3	(±0,53)	1,5	(±0,62)	55
GBK-027054	2,0	(±0,64)	1,0	(±0,40)	50
Composite B de Katumani (KCB)	3,7	(±1)	1,4	(±0,43)	62
Composite de terre aride (DLC)	3,6	(±0,22)	1,1	(±0,97)	68
CML-265	2,2	(±0,29)	1,4	(±0,30)	36
KTL N 10168-2	3,1	(±0,62)	1,3	(±0,70)	54
GBK-043227	4,3	(±0,91)	2,1	(±0,14)	51
KTL N 10150-1	4,2	(±0,90)	1,7	(±0,97)	60
KTL N 70133-3	3,9	(±1)	1,2	(±0,35)	69

AN : Arrosage normal ; SH : Stress hydrique

Les nombres entre ( ) représentent l'écart quadratique moyen.

Étant donné que la caractérisation phénotypique de ce matériel génétique a été faite, la caractérisation moléculaire des races primitives locales identifiées comme résistantes à la sécheresse devrait être réalisée pour la mise au point de variétés améliorées de maïs pour les régions arides. La performance des races primitives locales présentant des caractères de grande résistance à la sécheresse peut être étudiée chez les agriculteurs des régions marginalisées, de sorte que les meilleures races primitives puissent être recommandées pour usage. Suite aux besoins exprimés par les agriculteurs des régions avoisinantes, certaines de ces races primitives ont été mises à leur disposition par le chercheur.

## Remerciements

Les auteurs expriment leur profonde gratitude au Forum Régional Universitaire pour le Renforcement des Capacités dans le domaine de l'Agriculture (RUFORUM), pour le financement des travaux fourni par le biais de la subvention n° 2005 CG 13.

## Références

- Banziger, M., Edmeades, G.O., Beck, D. et Bellon, M. 2000. *Breeding for Drought and Nitrogen Stress Tolerance in Maize: From theory to practice*. International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), Mexico, DF, Mexique.
- Bellon, M.R., Adato, M., Becerril, J. et Mindek, D. 2006. 'Poor farmers' perceived benefits from different types of maize germplasm: the case of creolization in lowland tropical Mexico'. *World Development* 34 (1): 113–129.
- Bolanos, J. et Edmeades, G.O. 1993. 'Eight cycles of selection for drought tolerance in tropical maize. II. Responses in reproductive behavior'. *Field Crops Research* 31: 253–268.
- Bolanos, J. et Edmeades, G.O. 1996. 'The importance of the anthesis–silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize'. *Field Crops Research* 48: 65–80.
- Boyer, J.S. et Westgate, M.E. 2004. 'Grain yields with limited water'. *J. Experimental Botany* 55 (407):2385–2394. FAO. 2007. FAOSTAT data 2007 (consulté en février 2008).
- Frova, C., Krajewski, P., Fonzo, N., di Villa, M. et Sari Gorla, M. 1999. 'Genetic analysis of drought tolerance in maize by molecular markers. 1. Yield components'. *Theoretical and Applied Genetics* 9 (1/2):280–288.
- GoK. 2004. Strategy for Revitalizing Agriculture 2004–2014. Gouvernement kényana, Nairobi, Kenya. Jaetzold, R. et Schmidt, H. 1983. *Farm Management/handbook of Kenya*, Vol. II. *Natural conditions et farm management information*. Ministry of Agriculture, Kenya and Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Rossdorf, Allemagne.
- Ministry of Agriculture, National Agriculture Laboratories. 1987. *Fertilizer use recommendation project (Phase 1)*. Vol. 26. Machakos District.
- Monneveux, P., Sánchez, C., Beck, D. et Edmeades, G.O. 2005. 'Drought tolerance improvement in tropical maize source populations: evidence of progress'. *Crop Science* 46: 180–191.
- Mugo, S.N., Smith, M.E., Banziger, M., Setter, T.L., Edmeades, G.O. et Elings, A. 1998. 'Performance of early maturing Katumani and Kito maize composites under drought at the seedling and flowering stages'. *African Crop Science Journal* 6 (4): 329–324.
- Munyiri, S.W., Pathak, R.S., Tabu, I.M. et Gemenet, D.C. 2010. 'Effects of moisture stress at flowering on phenotypic characters of selected local maize landraces in Kenya'. *J. Animal & Plant Sciences* 8 (1): 892–899.
- Ouk, M., Basnayake, J., Tsubo, M., Fukai, S., Fischer, S.K., Cooper, M. et Nesbitt, H. 2006. 'Use of drought response index for identification of drought tolerant genotypes in rain-fed lowland rice'. *Field Crops Research* 2 (5): 128–137.
- Ribaut, J.M., Banzinger, M. et Hoisington, D. 2002. *Genetic Dissection and Plant Improvement under Abiotic Stress Conditions: Drought Tolerance in Maize as an Example*. JIRCAS Working Report 85-92. International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), Texcoco, Mexico.
- Richards, A.R. 2006. 'Physiological traits used in the breeding of new cultivars for water-scarce environments'. *Agricultural Water Management* 80: 197–211.
- Sambatti, J.B.M. et Caylor, K.K. 2007. 'When is breeding for drought tolerance optimal if drought is random?'. *New Phytologist* 175: 70–80.

## Considérer les déchets comme ressources précieuses, exemple de l'industrie de la canne à sucre à Maurice

A. Soobadar<sup>1</sup>

Mots-clés : vinasse, cendre, boues d'épuration, nutriments, fertilisation

### Résumé

La combustion de charbon et de bagasse pour la production d'électricité par l'industrie de la canne à sucre à Maurice génère environ 40 000 tonnes de déchets de cendres dont il faut se débarrasser dans le strict respect des lois de protection de l'environnement. Dans la même perspective, la production de 30 millions de litres d'éthanol va générer 400 000 t de vinasse. Avec l'amélioration du niveau de vie, la production d'environ 35 000 t de boues d'épuration va constituer un fardeau pour toute la communauté. Tous ces déchets peuvent être exploités à des fins utiles et transformés en ressources. Maurice importe chaque année 9000 t de nitrogène (N), 3000 t de phosphore (P) et 9000 t de potassium (K) pour la fertilisation de ses champs de canne à sucre et de toute évidence, une réutilisation des déchets constitue un bon substitut aux sels minéraux NPK. Toutefois, l'utilisation des déchets comme engrais pour les cultures exige une analyse minutieuse, en raison de la présence d'éléments indésirables tels que les contaminants organiques et les métaux lourds, qui peuvent nuire à l'écosystème et à la santé des êtres humains. Une étude réalisée à Maurice sous quatre conditions agro-climatiques a montré que la cendre de charbon, la vinasse, les boues d'épuration n'ont aucun impact sur le pH du sol, sa salinité ou sur ses bases échangeables, même lorsqu'on applique 100 t ha<sup>-1</sup> de ce type d'engrais. Contrairement aux engrais chimiques, une utilisation judicieuse de la vinasse, des boues d'épuration et de la cendre n'entraîne pas de différence notable dans la production de canne ou de sucre. La lixiviation des métaux lourds et des micropolluants organiques au contact de l'eau qui s'infiltre à travers les couches du sol pour atteindre les nappes phréatiques est très improbable et ne devrait pas constituer une entrave à l'élimination des boues d'épuration, de la vinasse ou de la cendre dans les champs de canne à sucre. Étant donné qu'une fertilisation appropriée est le moteur de la production agricole, la présente étude permet de jeter un nouveau regard sur le moyen de faire face aux besoins nutritionnels dans le domaine agricole, afin de satisfaire les besoins alimentaires des pauvres, notamment dans les zones rurales.

### Introduction

Avec l'amélioration du niveau de vie, la masse de déchets générés (qu'il s'agisse de déchets ménagers ou industriels) augmente et la demande en ressources non-renouvelables s'accroît. Par exemple, la culture intensive de la canne à sucre sur quelque 69 000 ha à Maurice requiert une importation annuelle d'environ 9 000 t de N, 3 000 t de P et 9 000 t de K pour le traitement des champs de canne à sucre. Sept usines produisent et traitent cinq millions de tonnes de canne à sucre ; elles ont un rendement moyen de 500 000 t de sucre et une production de 1,5 million t de bagasse (déchet fibreux résultant du broyage de la tige et de l'extraction du jus).

---

1. Département d'agrochimie, Institut de recherche de l'industrie sucrière de Maurice, Réduit, Maurice.



L'industrie de canne à sucre à Maurice produira également de l'éthanol à partir de la mélasse (résidu issu de la cristallisation répétée du sucre) et va accroître la production d'énergie à partir de la bagasse pendant la saison des récoltes, et à partir du charbon à l'intersaison. La combustion de la bagasse pendant la saison des récoltes et celle de 440 000 t de charbon à l'intersaison permet à l'industrie de canne à sucre de fournir environ 1300 GWh d'électricité au réseau national, ce qui représente environ 60 % des besoins du pays. Cependant, à cette allure, par année, l'industrie mauricienne de canne à sucre produira bientôt une quantité considérable de déchets – 400 000 t de vinasse pendant la production de l'éthanol et 40 000 t de cendres de charbon et de bagasse lors de la production d'électricité. Comment peut-on éliminer ces déchets ou, mieux encore, en tirer profit ?

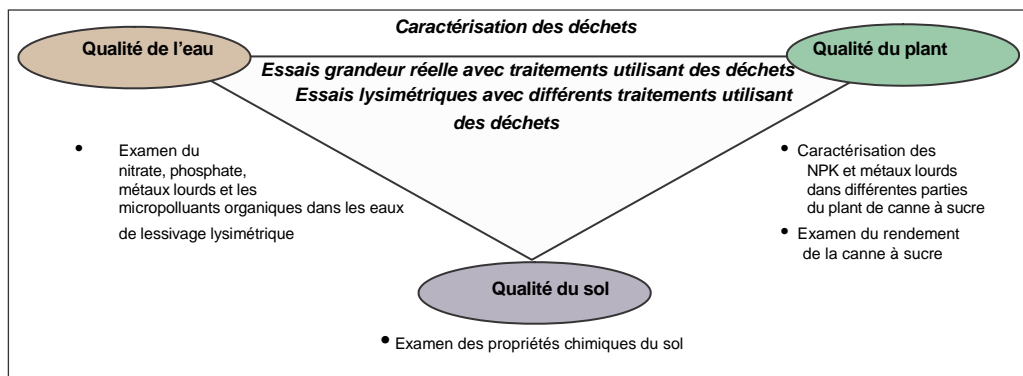
Les estimations prévoient qu'avec une composition moyenne de vinasse de 1,22 kg N/t, 0,11 kg P/t et 9,37 kg K/t, et de cendre de charbon/bagasse de 1,20 kg N/t, 8,58 kg P/t et 20,91 kg K/t, les 400 000 t de vinasse par an peuvent apporter environ 488 t N, 44 t P et 3748 t K à l'agriculture mauricienne, et les 40 000 t de cendres de charbon/bagasse peuvent fournir encore 48 t N, 343 t P et 836 t K aux cultures. Outre la cendre de charbon/bagasse et la vinasse provenant de l'industrie sucrière, l'amélioration du niveau de vie à Maurice génère 35 000 t de boues d'épuration à éliminer chaque année. Avec une composition moyenne de 34,6 kg N/t, 10,5 kg P/t et 0,75 kg K/t, les boues d'épuration peuvent fournir une quantité additionnelle de 1211 t N, de 368 t P et de 26 t K aux cultures agricoles à Maurice. Au total, les quantités de NPK présentes dans la vinasse, les boues d'épuration et la cendre de charbon/bagasse peuvent atteindre 20 % de N, 25 % de P et 50 % de K nécessaires à l'industrie sucrière de Maurice. Du point de vue agronomique, les avantages de l'application des boues d'épuration aux cultures sont bien documentés et constituent la base de son utilisation avec succès ailleurs, dans les pays développés (Lindsay et Logan, 1998).

L'utilisation des déchets dans la production agricole, pour tirer profit des matières nutritives qu'ils renferment, exige toutefois de procéder à une analyse minutieuse, en raison de la présence de produits chimiques indésirables tels que les contaminants organiques et les métaux lourds qu'ils peuvent contenir, lesquels peuvent nuire à l'écosystème et à la santé des êtres humains. L'application répétée des déchets peut accroître les niveaux de métaux lourds tels que le mercure, le cadmium et atteindre une échelle telle qu'ils deviennent toxiques pour les plantes et contaminent la chaîne alimentaire de l'homme (Bevacqua et Mellano, 1994).

## Méthodologie

Dans cette étude des déchets comme alternatives aux engrais chimiques NPK, il a été adopté une approche intégrée qui prend en compte non seulement la valeur nutritive des déchets pour les cultures, mais aussi les risques que leur utilisation pourrait poser à l'environnement et à la santé. La Fig. 1 présente une synthèse de cette approche intégrée.

Pour atteindre les objectifs fixés suite aux évaluations qualitatives du sol, des plantes et de l'eau, des essais en grandeur réelle ont été effectués dans différentes conditions agro-climatiques de Maurice. Diverses quantités de déchets (boues d'épuration, cendre de charbon/bagasse et vinasse) ont été comparées à un traitement témoin fait avec les engrais NPK à des doses recommandées pour la canne à sucre. Tous les traitements ont été reproduits quatre fois dans un bloc aléatoire complet sur chaque site expérimental. Des échantillons du sol ont été prélevés à intervalles réguliers pour vérifier l'impact des déchets sur les principales caractéristiques du sol (pH, conductivité électrique) après application des déchets. À la récolte, la fixation du NPK et des métaux lourds (Cu, Zn, Ni, Mn, Pb, Cd et Hg) sur les différentes parties de la canne à sucre (le sommet de la canne, la tige et les feuilles mortes) a été mesurée pendant trois années consécutives. Le rendement en canne à sucre a également été suivi pour les plants de canne à sucre et pour les deux premières repousses.



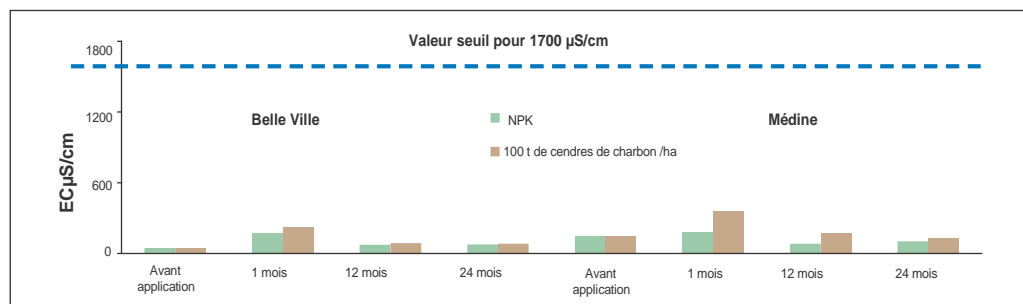
**Figure 1.** Principaux thèmes de l'étude réalisée

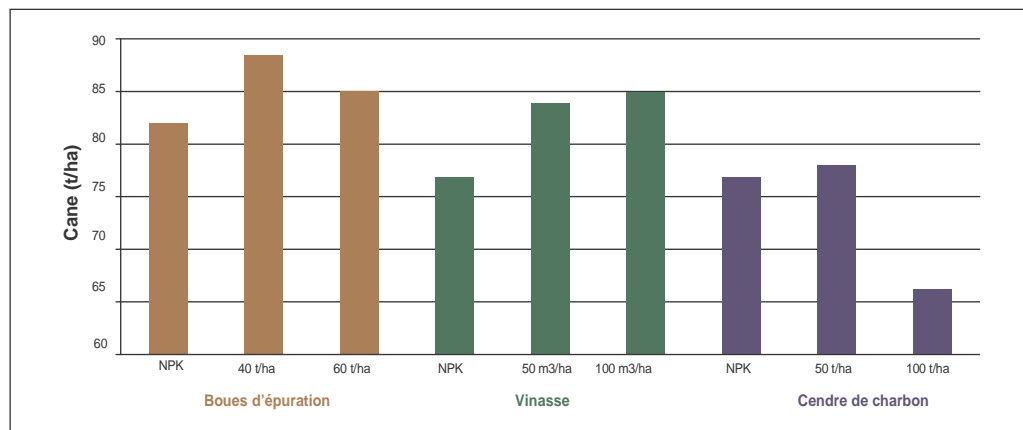
Pour déterminer les effets des déchets sur la qualité des eaux souterraines, des études lysimétriques ont été réalisées sur deux sites (Belle Rive et Réduit) ayant des régimes pluviométriques différents (3500 et 1500 mm/an, respectivement). L'eau de drainage s'infiltrant à 1 m de profondeur a été collectée après chaque grande pluie et analysée pour y déceler les éléments suivants : nitrate, phosphate, métaux lourds et micropolluants organiques.

## Résultats

Les analyses des sols sur les sites de l'étude ont montré que l'application du vinasse réduit le pH du sol, d'une moyenne de 5,9 à 5,4, mais cette diminution n'était que temporaire et pas assez importante pour avoir un impact sur la croissance de la canne à sucre - le pH du sol retrouve sa valeur initiale au plus tard un mois après l'application de la vinasse. Par ailleurs, la cendre de charbon et les boues d'épuration augmentent le pH du sol (par exemple, de 5,1 à 5,7 pour la cendre de charbon en un même endroit), mais cette hausse du pH n'a pas non plus un impact considérable sur la croissance de la production. La vinasse et la cendre de charbon appliquées à des quantités élevées de 100 m<sup>3</sup>/ha et 100 t ha<sup>-1</sup>, respectivement, accroissent la conductivité électrique du sol, mais malgré cette hausse, cette conductivité électrique reste bien en-dessous du seuil de 1700 µS/cm recommandé pour la canne à sucre (Fig. 2). La vinasse ainsi que la cendre de charbon ont amélioré le niveau du calcium et du magnésium échangeables dans les sols.

**Figure 2.** Impact de 100 t de cendre de charbon/ha sur la conductivité électrique, 1 et 24 mois après l'application sur deux sites (Belle Rive et Médine)





**Figure 3.** Effets des boues d'épuration, de la vinasse et de la cendre de charbon sur le rendement de la canne à sucre à Maurice (moyenne de trois années de données pour les quatre sites)

Les essais en grandeur réelle ont prouvé que les quantités croissantes d'application de la vinasse et des boues d'épuration ne diminuent pas le rendement en canne ou en sucre (Fig. 3). Au contraire (et à titre illustratif), une quantité de 100 m<sup>3</sup>/ha de vinasse a produit une quantité de canne supérieure (une moyenne de 84,9 t ha<sup>-1</sup> par an) à celle obtenue par l'utilisation des engrais NPK seuls (une moyenne de 77,3 t ha<sup>-1</sup> par an). Cette augmentation du rendement était probablement due à un meilleur élément nutritif K et à une amélioration du statut de la matière organique du sol apportée par la vinasse (Parnaudeau *et al.*, 2008)

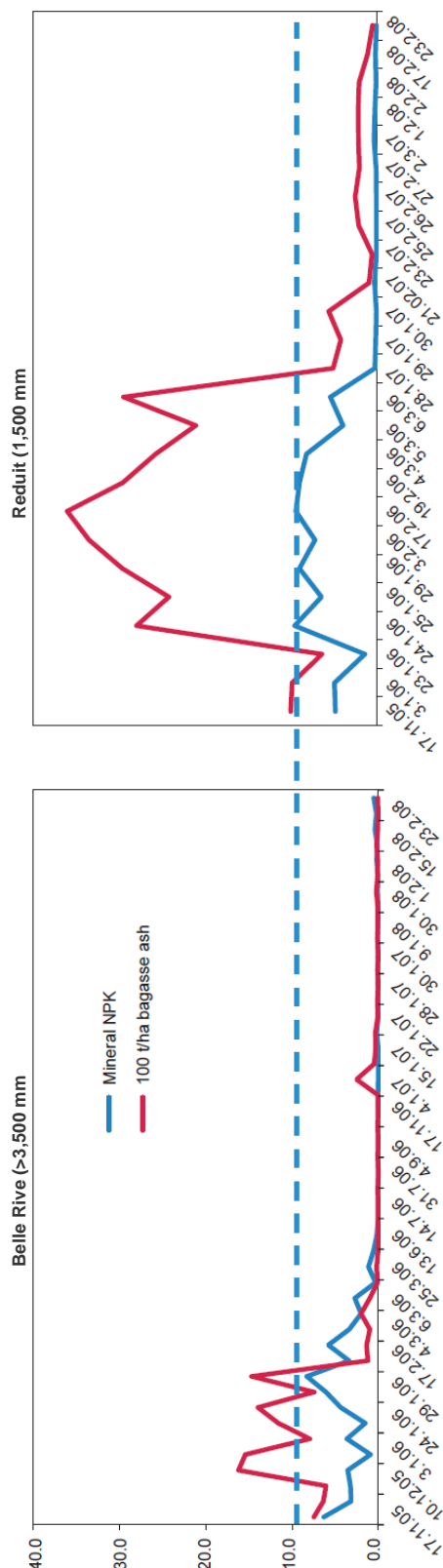
Cependant, dans cette étude, la cendre de charbon a eu un impact négatif sur la production de canne à sucre lorsqu'elle est appliquée à 100 t ha<sup>-1</sup>, bien qu'elle renferme des quantités appréciables de nutriments pour la plante (en particulier P). Les conséquences négatives des doses élevées de cendre de charbon observées sur la croissance de la plante pourraient être attribuées à un changement intervenu dans les conditions chimiques du sol à cause du pH alcalin très élevé et des niveaux élevés d'éléments solubles provenant de la cendre de charbon (Singh et Yunus, 2000).

En outre, en raison de leurs faibles concentrations en métaux lourds, la vinasse, la cendre de charbon et les boues d'épuration n'ont pas augmenté la teneur en métaux lourds dans le plant de canne à sucre. En réalité, douze mois après l'application de la cendre de charbon à 50 et 100 t ha<sup>-1</sup>, les concentrations de métaux lourds (Cu, Zn, Ni, Mn, Pb et Hg) sur les parties extérieures de la plante (tige, sommet et feuilles mortes) restent faibles et ne sont pas tellement différentes des concentrations trouvées dans les plants de canne à sucre traités uniquement aux engrais chimiques.

Les études lysimétriques réalisées sur les deux sites avec des régimes pluviométriques différents révèlent que les doses élevées de vinasse et de boues d'épuration n'augmentent pas la perte de N sous forme de nitrate. Si comme on l'espère, les métaux lourds connus pour être mobiles (Cu, Ni et Zn) avaient été détectés dans l'eau de drainage, leurs concentrations demeurent bien en-deçà des seuils de l'eau potable fixés par l'OMS (USEPA, 1992). Contrairement aux engrais chimiques, la vinasse et les boues d'épuration, des doses élevées de cendre de bagasse (100 t ha<sup>-1</sup>, par exemple) draineraient beaucoup plus de nitrate dans l'eau souterraine. Le seuil de 10 mg/L N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, recommandé par l'OMS pour l'eau potable, a été excédé à maintes reprises (Fig. 4)

## Discussion et conclusions

Le rôle de l'agriculture dans la réduction de la faim et de la pauvreté est bien documenté. Dans le monde, la plupart des pauvres vivent dans les régions rurales. Tel que l'indique la synthèse de Roberts (2009), des estimations éloquentes ont montré que 40 à 60 % de la production agricole dans les régions tempérées peuvent être attribués aux engrais commercialisés, les pourcentages étant plus élevés sous les tropiques.



**Figure 4.** Impact de l'application de 100 t de cendre de bagasse /ha sur la teneur en nitrate dans l'eau de drainage s'infiltrant à 1m de profondeur dans les

Les engrais sont donc indispensables au maintien de la productivité agricole mondiale aux niveaux actuels, et bien plus encore si on désire améliorer les rendements. La sécurité alimentaire constitue l'un des plus grands défis auxquels l'humanité est confrontée. Avec la population mondiale actuelle de 6,7 milliards de personnes, qui devrait atteindre 9,2 milliards à l'horizon 2050, la production alimentaire va devoir doubler en 30 ans pour répondre à la demande croissante (Glenn *et al.*, 2008). L'objectif d'obtenir des rendements plus élevés ne sera jamais atteint sans de bons nutriments pour les plantes.

Cependant, les engrais vendus dans le commerce sont des ressources limitées et leurs prix sont sujets aux fluctuations des cours du pétrole et leur disponibilité (ou plutôt leur rareté) dans les régions rurales des pays en développement a été bien documentée. Dans les pays en développement, la production agricole est le plus souvent bien en-deçà du potentiel des plantes cultivées, à cause d'une fertilisation inadéquate ou déséquilibrée.

Les résultats des travaux présentés dans cette étude ont montré en quoi une fertilisation inadéquate ou déséquilibrée peut être atténuée (pas forcément surmontée) avec les déchets actuels pour permettre d'éviter une crise alimentaire pareille à celle de 2008. L'étude a prouvé que les déchets peuvent être utilisés comme solution alternative à l'utilisation des engrais chimiques. Si l'utilisation de la vinasse ou des boues d'épuration sur les champs de canne à sucre est recommandable, l'utilisation de la cendre de charbon exige cependant de procéder à une analyse minutieuse, car l'application de doses élevées peut constituer une menace pour la qualité des eaux souterraines. L'application de grandes quantités de cendre de charbon aux champs de canne à sucre à Maurice peut également réduire le rendement de cette culture (Soobadar *et al.*, 2010).

### Outils et stratégie de TIC utilisés pour diffuser les résultats des travaux de recherche

Les résultats des travaux de recherche réalisés n'auraient aucune valeur s'ils n'étaient pas portés à la connaissance de la communauté agricole et par elle adoptés.

L'Institut mauricien de recherche sur l'industrie sucrière (MSIRI) encourage la sensibilisation aux bonnes pratiques agricoles et leur adoption pour permettre à la communauté productrice de la canne à sucre d'être compétitive et de mener des activités durables. Des interventions ciblées à l'endroit des différentes catégories de planteurs sont réalisées de la manière suivante :

- fourniture d'informations et de conseils lors des visites planifiées sur le terrain ;
- réalisation d'essais en grandeur réelle et des parcelles d'observation ;
- organisation de journées portes ouvertes des petits exploitants agricoles et de circuits touristiques à l'intention des planteurs ;
- discussions de groupe, séminaires et échange d'idées sur des thèmes choisis ;
- utilisation des technologies de l'information et développement d'outils d'aide à la prise de décision ;
- formation ciblant les besoins spécifiques de la communauté des planteurs.

Les outils électroniques sont en vogue et ils constituent des moyens rapides et d'accès facile pour améliorer le flux de connaissances entre chercheurs et producteurs. Les ressources électroniques telles que les outils d'aide à la prise de décision (logiciel d'accès rapide aux données scientifiques et les informations techniques, les DVD interactifs) ont été conçus à l'intention des planteurs de canne à sucre de Maurice pour la promotion d'une production efficace de canne à sucre.

La diffusion des connaissances au sein de la communauté des planteurs est généralement insuffisante. Des études antérieures ont prouvé que l'existence de nombreuses pratiques inappropriées sur le terrain pourrait être liée à des contraintes sociales et organisationnelles au niveau de la communauté locale, plutôt qu'à un déficit de connaissances scientifiques. Des facteurs tels que la confiance, la communication et la coordination entre les producteurs et les prestataires de services sont également importants. Dans la présente étude, le transport des déchets sur les champs, par exemple, est un préalable indispensable à la réussite de la technologie proposée. Ainsi, les efforts de transfert de technologies visent-ils également à faciliter les négociations et les échanges indispensables entre producteurs et prestataires de service de transport et autres parties prenantes concernées, telles que les directeurs des usines de fabrication du sucre et des usines de traitement des eaux souillées.

## Références

- Bevacqua, R.F. et Mellano, V.J. 1994. 'Cumulative effects of sludge compost on crop yields et soil properties'. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 25: 395–406.
- Glenn, J.C., Gordon, T.J. et Florescu, E. 2008. *2008 State of the Future*. United Nations, New York, États-Unis. Lindsay, B.J. et Logan, T.J. 1998. 'Field response of soil physical properties to sewage sludge'. *Journal of Environmental Quality* 27: 534–542.
- Parnaudeau, V., Condom, N., Oliver, R., Cazevielle, P. et Recous, S. 2008. 'Vinsasse organic matter quality and mineralization potential, as influenced by raw material, fermentation and concentration processes'. *Bioresource Technology* 99 (6): 1553–1562.
- Roberts, T.L. 2009. 'Facing future food needs'. *CSA News* 54 (4): 20, 18.
- Singh, N. et Yunus, M. 2000. 'Environmental impacts of flyash'. In Iqbal, M., Srivastava, P.S. et Siddiqi, T.O. (eds) *Environmental Hazards: Plants and people*. CBS, New Delhi, Inde.
- Soobadar, A., Bholah, M.A. et Ng Kee Kwong, K.F. 2010. 'Impact of high rates of coal flyash on some pertinent soil characteristics and sugarcane yield in Mauritius'. *Proceedings of the International Society of Sugarcane Technologists* 27. International Society of Sugarcane Technologists, Maurice.
- USEPA. 1992. Method 3540. United States Environmental Protection Agency, Office of Water, Engineering et Analysis Division, Washington, DC, États-Unis.

# Moyens de subsistance ruraux et changements de politiques agricoles au Malawi

Mariam A.T.J. Mapila<sup>1</sup>

*Mots clés : appariement des coefficients de propension, analyse par simulation, modélisation en équilibre partiel, évaluation d'impact, renforcement de l'innovation rurale, subventions des engrais*

## Résumé

Une étude a été menée au Malawi, dans le but d'évaluer l'impact sur les moyens de subsistance ruraux, de l'utilisation des concepts de systèmes d'innovation agricole dans la mise en œuvre des interventions de recherche agricole et l'impact potentiel sur les futurs revenus des ménages, de la mise en rapport des ménages avec la macroéconomie, vu les distorsions causées par les politiques de subvention des engrais. L'utilisation de l'appariement des coefficients de propension pour établir une différenciation contrefactuelle et unique dans le but de mesurer l'impact a montré que les résultats sur les moyens de subsistance étaient fortement affectés par les interventions de systèmes d'innovation agricole : les ménages participants avaient des moyens de subsistance plus consistants et des résultats de production plus élevés. Toutefois, le retrait graduel des programmes de recherche agricole a conduit à l'érosion des résultats améliorés des moyens de subsistance. Ceci a été attesté par la diminution des aboutissements au niveau des moyens de subsistance des ménages participant à chaque nouvelle campagne de récolte. L'étude a, par ailleurs, montré que les distorsions liées aux politiques de subvention des engrais avaient le potentiel d'entraîner des changements minimes, mais sensiblement négatifs, dans les revenus futurs des ménages ruraux. Les recommandations sont que la création d'un forum national de l'innovation serait fort utile en tant qu'outil de communication pour assurer un plus grand renforcement des capacités des agents locaux de vulgarisation et l'accroissement de l'appui budgétaire, dans l'optique de garantir la compréhension et l'application des concepts de systèmes d'innovation agricole dans les programmes publics de vulgarisation agricole. En outre, un tel forum garantirait l'intégration des concepts de systèmes d'innovation dans tous les documents publics de recherche agricole et de politique de vulgarisation et contribuerait à démystifier les concepts de systèmes d'innovation pour les communautés rurales, dont la participation est cruciale.

## Introduction

Afin de surmonter la pauvreté et la faiblesse de la productivité au Malawi, le gouvernement a mis en place des stratégies complémentaires pour garantir la sécurité alimentaire à court terme et accroître le rendement des cultures vivrières de base à long terme. Ceci s'est fait par la création d'un environnement favorable au travail de recherche agricole et des agences de développement et par la restauration d'un programme de subvention des engrais. La réintroduction du programme de subvention des engrais a entraîné de nombreux débats. Ses défenseurs soutiennent que la production accrue de denrées de base a conduit à l'amélioration des moyens de subsistance ruraux (Dorward, 2007). Les sceptiques, quant à eux, font toutefois valoir que les répercussions macroéconomiques et les implications budgétaires du programme de subvention excèdent de loin toute amélioration des moyens de subsistance (Morris *et al.*, 2007). Mais, tous ces arguments ne sont pas démontrés du fait, du manque de preuves empiriques contemporaines.

1. Département d'agroéconomie, de vulgarisation et de développement rural, Université de Pretoria, Afrique du Sud.

De surcroît, bien que de nombreuses études lèvent tout doute quant à la capacité de la recherche agricole à améliorer les moyens de subsistance en Afrique (Meinzen-Dick *et al.*, 2003 ; Alene et Coulibaly, 2009), il n'existe pas de bonnes études quantitatives pour le Malawi qui aient essayé d'évaluer l'impact du changement de politique relative aux engrais, les interventions de recherche agricole étant motivées par des concepts de systèmes d'innovation. En conséquence, la présente étude avait pour but d'évaluer le niveau d'impact des interventions de recherche agricole, reposant sur les concepts de systèmes d'innovation agricole (SIA), sur les résultats en termes de moyens de subsistance des petits agriculteurs ruraux et de déterminer le niveau auquel ces ménages sont affectés par les distorsions liées aux politiques de subvention des engrais au niveau général. L'objectif visé est de fournir des preuves crédibles sur la foi desquelles de bonnes politiques et des programmes de recherche agricole peuvent être basés.

## Matériels et méthodes

L'étude a été entreprise dans les villages de Katundulu, de Kango et de Mphamba dans le district de Lilongwe au Malawi. Les villages de Katundulu et de Mphamba sont les interventions communautaires dans lesquelles l'approche adoptée par l'Initiative renforcée d'innovation rurale (ERI), qui repose sur les concepts de SIA, a été utilisée pour conduire les interventions de recherche. Le village de Kango est une communauté contrefactuelle dans laquelle ces interventions n'ont pas été menées. Un échantillonnage dirigé et un échantillonnage aléatoire simple ont été utilisés pour sélectionner un total de 303 participants à l'étude, issus respectivement des villages d'intervention et du village contrefactuel. Un protocole quasi-expérimental avec un appariement des coefficients de propension (PSM) utilisant une différenciation unique a été utilisé pour évaluer les différences au niveau des aboutissements, en termes de moyens de subsistance. La différenciation unique avec le PSM ne requiert par une randomisation et était donc appropriée pour créer l'élément contrefactuel dans cette étude, dans la mesure où elle produit de meilleurs résultats, comparativement aux autres méthodes (Ravallion, 2005). La modélisation par régression logistique a été utilisée pour générer des notes de propension. Les ménages contrefactuels, dont les notes de propension pour la participation étaient en dehors de la fourchette des notes pour les ménages impliqués dans l'intervention, ont été retirés de l'analyse. Ainsi, les différences en termes de variables d'aboutissement ont-elles été comparées exclusivement entre les ménages qui avaient des caractéristiques quasiment identiques avant l'intervention et ceux qui avaient une chance égale de participer à l'intervention, afin de neutraliser le biais de sélectivité et le problème d'attribution. Des données de séries chronologiques secondaires ont été utilisées pour estimer les modèles à équation unique pour le marché des denrées de maïs du Malawi. Les estimations de paramètres résultant de ces équations ont été utilisées pour bâtir un modèle d'équilibre partiel dans lequel une équation de couplage des prix sur le marché du maïs a été utilisée pour établir des liens entre les ménages ruraux couverts par l'étude et la macroéconomie.

## Résultats

### Impact de l'ERI sur les aboutissements au niveau des moyens de subsistance

Les résultats indiquent que l'intervention d'ERI a eu un impact différent sur différents aspects des moyens de subsistance. L'intervention d'ERI a eu un impact sur la production des ménages, avec des différences sensibles au plan statistique, qu'on constate pour les résultats relatifs à l'élevage et à la production de cultures de hautes terres, la valeur de la production du maïs et la propriété de biens. Les différences de rendement du maïs n'ont toutefois pas été affectées par l'intervention d'ERI. La valeur de toutes les cultures des hautes terres pour les ménages impliqués dans l'intervention a été supérieure, respectivement de 812,34 dollars US et 627,10 dollars US pour les campagnes de récolte de 2007/08 et 2008/09 (Tableau 1).

La valeur de la production de maïs au cours de la campagne de 2008/09 a été supérieure de 287 dollars US pour l'intervention, comparativement à l'élément contrefactuel (Tableau 1). L'étude s'est, par ailleurs, aperçue que l'ERI jouait un rôle déterminant dans l'accroissement de la valeur des actifs totaux des ménages participants et de la propriété de cheptels, respectivement d'une valeur de 391 dollars US et de 300,12 dollars US (Tableau 1). L'intervention d'ERI a eu un impact positif sur les revenus, aussi bien dans la campagne de récolte de 2007/08 que dans celle de 2008/09, les ménages participants obtenant en moyenne, respectivement, 280,21 dollars US et 340,54 dollars US de revenu de plus que leurs homologues du village contrefactuel (Tableau 1).

Une évaluation de l'impact de l'initiative ERI sur les membres des groupes d'agriculteurs et le nombre des activités de formation auxquelles a participé un ménage a également été effectuée. L'initiative ERI a eu un impact positif, dans la mesure où elle a accru le nombre d'activités de formation auxquelles un ménage a participé. Lorsque l'ERI était en cours d'exécution, les ménages couverts par l'intervention ont participé en moyenne à 1,62 session de formation de plus que les ménages du village contrefactuel (Tableau 2). Mais, après la diminution de la portée de l'initiative en 2007/08, le nombre de sessions de formation pour les ménages dans les communautés impliquées dans l'intervention et celles du village contrefactuel n'a pas été différent au plan statistique. L'initiative ERI n'a pas eu d'impact statistiquement significatif sur les ménages membres des groupes d'agriculteurs (Tableau 2).

Tableau 1. Impact de l'ERI sur la production et le revenu

Résultats de la production	Intervention		Contrefactuel		Effet <sup>1</sup>
	Moyenne	SD	Moyenne	SD	
Valeur totale (\$ US)					
Valeur du cheptel	445,03	1620,99	144,82	926,47	300,12*
Cultures des hautes terres 2007/08	1349,48	0,016	537,14	0,0114	812,34***
Cultures des hautes terres 2008/09	992,24	0,0179	365,14	0,0084	627,10**
Récolte de maïs 2007/08	259,35	308,77	180,01	340,24	79,33
Récolte de maïs 2008/09	506,76	0,013	219,66	490,80	287,09*
Valeur totale des biens	550,74	3008,51	159,65	581,58	391,00*
Rendement du maïs 2007/08 (t/ha <sup>-1</sup> )	0,84	1,00	0,85	1,47	0,0055
Rendement du maïs 2008/09 (t/ha <sup>-1</sup> )	1,17	2,61	0,88	1,33	0,287
Revenus totaux des ménages en espèces (\$ US)					
Revenu en espèces 2007/08	511,49	0,0072	231,28	465,61	280,21**
Revenu en espèces 2008/09	636,21	0,0088	299,56	655,75	340,54**
Revenu tiré du cheptel 2008/09	51,34	138,48	23,60	186,08	27,78

1. Significatif à un niveau de \* 10 % ; \*\* 5 % ; \*\*\* 1 %.

Tableau 2. Impact de l'ERI sur la formation, les membres des groupes et les tendances d'utilisation des engrais

	Intervention		Contrefactuelle		Effet <sup>1</sup>
	Moyenne	SD	Moyenne	SD	
Formation et membres des groupes					
Total des groupes d'agriculteurs par ménage	0,35	0,865	0,49	0,0743	-0,139
Activités de formation en 2002/03	2,64	5,67	1,02	3,86	1,62*
Activités de formation en 2007/08	1,92	5,29	1,26	3,66	0,66
Activités de formation en 2008/09	1,14	4,43	1,22	3,55	-0,08
Tendances d'utilisation des engrais (nbre. de sacs de 50 kg)					
2004/05	1,24	1,85	0,567	1,55	0,679***
2005/06	1,38	1,87	0,624	1,12	0,761**
2006/07	1,50	1,88	0,858	1,38	0,644*
2007/08	1,68	1,97	1,38	3,39	0,297
2008/09	1,95	2,49	1,77	6,18	0,171

1. Significatif à un niveau de \* 10 % ; \*\* 5 % ; \*\*\* 1 %.



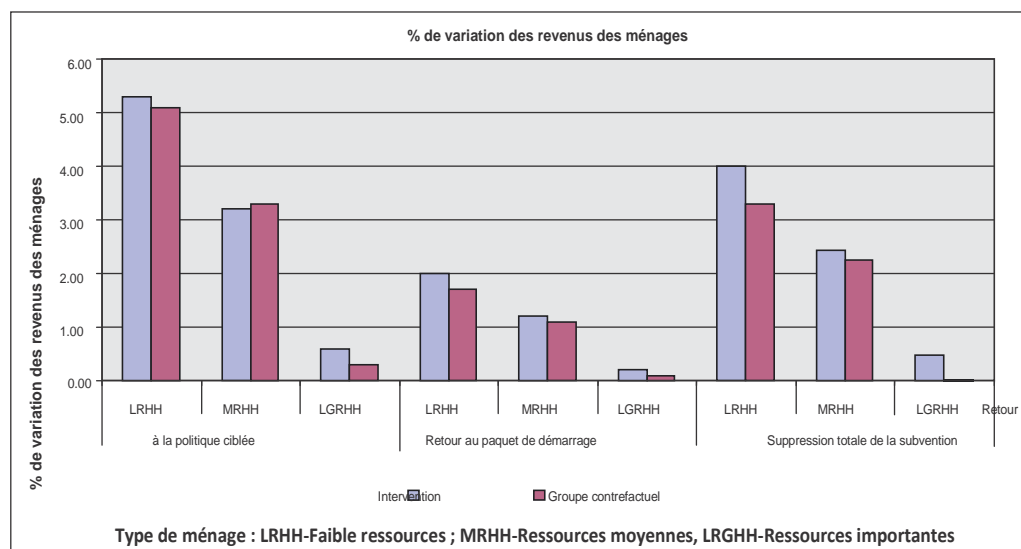
L'impact de l'intervention de l'ERI sur les modes d'utilisation d'engrais dans l'intervention a également été évalué par l'analyse des différences, en termes de nombre de 50 kg d'engrais chimique que les agriculteurs ont utilisé par hectare de terre agricole. Conjointement avec les semences hybrides et de bonnes précipitations, les engrais inorganiques jouent un rôle déterminant dans la garantie de la production de maïs et la sécurité alimentaire au Malawi.

Au plan statistique, il a été noté des écarts significatifs entre les ménages impliqués dans l'intervention et ceux du village contrefactuel lors des campagnes agricoles de 2004/05, 2005/06 et 2006/07, en termes d'engrais chimique utilisé, les ménages impliqués dans l'intervention appliquant relativement davantage d'engrais organique que les ménages du village contrefactuel lors de chaque campagne (Tableau 2).

### Distorsions liées à la subvention des engrais et futurs revenus des ménages

Les résultats d'une analyse par simulation, pour déterminer l'impact des distorsions de politiques et subventions des engrais au regard du travail des interventions de recherche sur les SIA ont montré que tous les ménages, tant dans les communautés d'intervention que dans les communautés du village contrefactuel, ont été négativement affectés. Les différences en termes de perte de revenu futur pour tous les ménages des deux communautés n'ont pas considérablement varié dans le cadre de la stratégie de sortie qui a totalement supprimé la subvention et dans celle qui ne ciblait que quelques membres producteurs de la communauté rurale (Fig. 1). Toutefois, une stratégie qui implique la distribution, à tous les ruraux, d'un kit de démarrage d'engrais chimique en combinaison avec des semences hybrides de maïs, montre que les ménages de la communauté d'intervention sont partis pour perdre un revenu plus important, comparativement à ceux du groupe contrefactuel. Les pertes de revenus étaient supérieures à court terme, mais stabilisées à moyen terme, ce qui implique qu'à moyen terme, les ménages de l'intervention qui étaient reliés à l'économie de marché étaient à même de bénéficier de prix supérieurs susceptibles de découler de la suppression des subventions d'intrants. Ceci peut être attribué au fait que les ménages couverts par l'intervention sont davantage intégrés à l'économie de marché (grâce à l'intervention de l'ERI) et comptent ainsi davantage sur le marché pour leur revenu en numéraire. De ce fait, ils sont plus vulnérables aux distorsions liées à la politique de subvention des engrais que leurs homologues du groupe contrefactuel qui ne sont pas liés au marché.

Figure 1. Pourcentage de variation dans les revenus des ménages du fait des distorsions liées à la politique de subvention des engrais



## Discussion

Les résultats ont montré que les ménages couverts par l'intervention avaient des aboutissements de production supérieurs aux ménages des communautés du village contrefactuel, en termes de possession de cheptel et de biens, de revenus et de nombre d'activités de formation liées à l'agriculture.

Étant donné qu'il n'y avait pas d'écarts statistiquement significatifs au niveau des prix des produits agricoles et d'élevage dans les deux communautés, les variables d'aboutissements supérieurs dans l'intervention peuvent être attribuées au fait que les ménages ont investi davantage dans leurs entreprises agricoles et agronomiques. De plus, les revenus supérieurs constatés dans l'intervention provenaient d'un plus grand accès au marché, vu que l'ERI s'est concentrée sur l'assistance aux agriculteurs, pour développer des agro-entreprises réalisables afin d'exploiter les possibilités offertes par le marché existant, par opposition à la commercialisation de tout excédent qu'ils conservaient sur leur subsistance. L'initiative d'ERI a également fourni aux communautés des opportunités de formation et de réseautage plus significatives que celles fournies par les agents locaux de vulgarisation agricole. Ceci a conduit à des changements dans les processus de pensée et la prise de décisions par les ménages, dans la mesure où cela a renforcé les capacités des ménages à mieux comprendre leur système agricole, ainsi que les opportunités et menaces pesant sur leurs moyens de subsistance. D'autres observations ont été qu'un retrait progressif de l'ERI a conduit à une inversion et une érosion graduelle des aboutissements positifs dans les ménages couverts par l'intervention. Cet état de fait est démontré par des écarts en nombre moindre et plus petits, en termes d'aboutissements, tels que la formation et l'utilisation d'engrais entre les ménages impliqués dans l'intervention et les communautés du village contrefactuel. Ceci peut être attribué à l'incapacité des agents locaux de vulgarisation agricole à maintenir des stratégies novatrices et les niveaux de contact exploités pendant l'ERI, très probablement du fait d'un manque de moyens financiers à cet effet.

## Conclusion

La présente étude a démontré que les interventions de recherche agricole qui sont axées sur les concepts de SIA ont un impact positif et significatif sur les résultats en termes de moyens de subsistance des petits agriculteurs ruraux au Malawi. Toutefois, la durabilité des aboutissements positifs est entamée par la suppression progressive des interventions. Afin de garantir la pérennité, il s'avère nécessaire de renforcer les capacités des agents de vulgarisation agricole au niveau de base, pour permettre une plus grande compréhension et application des concepts de SIA.

De plus, il est nécessaire d'intégrer les concepts de SIA dans toutes les initiatives publiques de recherche agricole et de développement. Ceci va toutefois nécessiter un appui budgétaire volontaire et plus important pour l'intégration et la mise en œuvre du SIA dans tous les programmes publics de vulgarisation agricole et de recherche et le réaligement des documents de politique publique de vulgarisation agricole et de recherche. Ces actions devraient être menées de façon concomitante, afin de garantir une intégration efficace, autrement elles courent le risque de devenir synonymes de changement de rhétorique et de documents de politique sans mise en œuvre réelle.

Pour finir, l'étude constate que les stratégies de sortie alternative du programme de subvention des intrants que sont l'engrais au Malawi ont le potentiel d'entraîner des changements modiques mais significativement négatifs dans les revenus futurs des ménages ruraux. Les décideurs doivent examiner minutieusement toute stratégie de sortie du programme de subvention des engrais avant de la mettre en œuvre et envisager de mettre en place des stratégies complémentaires pour préserver non seulement le rendement des cultures, mais également des moyens de subsistance ruraux substantiels.

La création d'un forum national de l'innovation répondrait aux intérêts supérieurs de l'ensemble des acteurs dans le pays, vu que cela garantirait l'intégration de l'utilisation des concepts de SIA et la création d'un terrain d'entente pour une meilleure compréhension des concepts. Grâce à cette plateforme, les décideurs interagiraient et travailleraient avec les outils mis au point pour entreprendre l'analyse des scénarios des futurs changements de politique au niveau microscopique, sur la base d'un programme intégré de recherche agricole utilisant les concepts de SIA. Ceci peut constituer un tremplin pour établir des liens entre les modèles quantitatifs de politique commerciale pour le Malawi et d'autres initiatives régionales actuelles visant à améliorer les prévisions et la formulation de politiques. De plus, cette plateforme œuvrerait à impliquer les utilisateurs finaux ruraux afin de démystifier les concepts de systèmes d'innovation, dans la mesure où les communautés comprennent très peu les processus d'innovation et le rôle qu'elles doivent jouer, si on veut que de tels programmes soient efficaces. Ceci améliorerait non seulement la compréhension et la participation des communautés aux initiatives de développement, mais également le succès des initiatives de recherche agricole et la capacité des communautés à faire du lobbying pour le changement des politiques qui les touchent.

## Remerciements

L'auteur exprime sa gratitude pour le financement fourni par le fonds de fiducie de la famille BACHOMA et le Bureau de politique de l'alimentation et de l'agriculture (BFAP), de même que pour les contributions techniques du professeur J.F. Kirsten et de Dr F.H. Meyer.

## Références

- Alene, A.D. et Coulibaly, O. 2009. 'The impact of agricultural research on productivity and poverty in Sub-Saharan Africa'. *Food Policy* 34 (2): 198–209.
- Dorward, A. 2007. 'The 2006/07 agricultural input subsidy programme: Malawi'. Presented at the ODI meeting 'Testing the limits of state action: the Malawi fertilizer subsidy program', 27 novembre 2007, Overseas Development Institute, Londres.
- Meinzen-Dick, R., Adato, M., Haddad, L. et Hazell, P. 2003. 'Impacts of agricultural research on poverty: findings of an integrated economic and social analysis.' FCND Paper 164. International Food Policy Research Institute, Washington, DC, États-Unis.
- Morris, M.L., Kelly, V., Kopicki, R.J. et Byerlee, D. 2007. *Fertilizer Use in African Agriculture: Lessons learned and good practice guidelines*. World Bank, Washington, DC, États-Unis.
- Ravallion, M. 2005. 'Evaluating anti-poverty programs'. In Schultz, T. et Strauss, J. (eds) *Handbook of Development Economics*, Vol. 4. North Holland, Amsterdam, Pays-Bas.

# Évaluation d'impact des déductions de remboursement post-récolte sur la rentabilité des petits planteurs de canne à sucre : étude de cas de l'Association des planteurs de canne à sucre de Ruembe

Lutengano Mwinuka<sup>1</sup>

*Mots clés : bénéfice, projet pour petits planteurs, brut, prélèvement inutile, Tanzanie*

## Résumé

La présente étude a été menée au projet pour petits planteurs de canne à sucre de Kilombero, placé sous l'autorité de l'Association des planteurs de canne à sucre de Ruembe (RCGA). Elle a examiné l'impact des prélèvements de remboursement post-récolte sur la rentabilité des petits planteurs de canne à sucre, en identifiant les avantages pour les planteurs participant au projet, en évaluant leur rentabilité et en analysant les coûts pour les petits planteurs de canne à sucre. Pour collecter les données, un questionnaire structuré a été utilisé. L'analyse de rentabilité s'est faite par le calcul des revenus bruts des planteurs, du coût et du bénéfice bruts (avec et sans les « prélèvements non nécessaires »). Il a été noté des écarts significatifs dans la rentabilité des planteurs, avec tous les prélèvements inclus et les « prélèvements non nécessaires » non inclus. L'analyse fournit suffisamment de preuves que les « prélèvements non nécessaires » identifiés (prélèvement de l'Association des planteurs de canne à sucre de Tanzanie -TASGA et prélèvement « CESS » opéré par le gouvernement) ont eu un impact significatif sur les bénéfices finaux des agriculteurs. De plus, les agriculteurs ont été assujettis à de nombreux prélèvements et à des coûts plus élevés en ce qui concerne leur implication générale dans la production de canne à sucre, relativement à d'autres cultures, et ont bénéficié de moins d'aide de la part de la direction de l'Association. Les agriculteurs participant au projet pour planteurs de canne à sucre ont bénéficié, par le biais d'un marché garanti pour leur canne à sucre (l'usine), d'une fixation et d'une négociation des prix par l'Association, de la possibilité d'obtenir des prêts et d'autres facilités de crédit et d'une garantie des services infrastructurels pendant la saison pluvieuse. Toutefois, les doubles paiements, les doublons de rôles de certains prélèvements et des coûts de transport élevés du fait de l'enregistrement incorrect de l'exploitation agricole constituent certains des problèmes qui doivent être évalués et résolus au bénéfice des petits planteurs tanzaniens de canne à sucre.

## Introduction

Les problèmes rencontrés par les petits planteurs de canne à sucre et l'industrie sucrière en Tanzanie ont été rapportés de plusieurs façons. Sserunkuma et Kimera (2003) ont entrepris une étude générale de l'impact du négoce de sucre de l'Union européenne (UE) sur les pays en voie de développement. Il recommande une forte expansion de l'industrie sucrière en Afrique orientale, pour satisfaire les marchés intérieurs et sous-régionaux sous-approvisionnés et, si possible, la demande de l'UE dans le cadre de l'Accord de Zone d'échanges préférentiels (ZEP). Ceci permettra donc de réduire l'importation onéreuse de sucre en Tanzanie.

---

1. Université d'agriculture de Sokoine, Département d'agroéconomie et d'agro-industrie, B.P. 3007 Morogoro, Tanzanie.

Les agriculteurs membres du Projet pour petits planteurs de Kilombero ont été assujettis à différents prélèvements. Pour la production de la campagne de 2005/06, par exemple, le prélèvement dénommé CESS (prélèvement gouvernemental à des fins de développement, versé aux conseils de district) de 120 TZS<sup>2</sup>/t de canne à sucre ; le prélèvement par l'Association des planteurs de canne à sucre de Kilombero/Association des planteurs de canne à sucre de Ruembe (KCGA/RCGA) de 100 TZS/t ; le groupement de producteurs de canne<sup>3</sup> de 100 TZS/t ; le droit imposé par l'Association des producteurs tanzaniens de canne à sucre (TASGA) de 50 TZS/t ; le droit de coupe de 1000 TZS/t ; les frais de chargement de 700 TZS/t ; le coût de transport de 3000 TZS/t. Les problèmes se sont posés lorsque l'usine de transformation a commencé à réduire les services offerts aux petits planteurs qui étaient fortement tributaires de services anciennement organisés, tels que la coupe de canne à sucre, le chargement et le transport, en ayant recours aux commodités offertes par la compagnie.

Les prélèvements imposés aux petits planteurs de canne à sucre ont entraîné certaines pertes et sont devenus importants pour certains agriculteurs de la filière. L'Association des petits planteurs de Mtibwa, par exemple, a réussi à réclamer des paiements injustement prélevés par le transformateur, se situant dans la fourchette de 81 millions à 300 millions de TZS pour huit campagnes jusqu'en 2005/06. Toutefois, certaines revendications des petits planteurs à l'encontre des déductions opérées pour qualité réduite de la canne à sucre (teneur en sucrose) n'ont pas été réglées (Matango, 2006). Les paiements retardés pour les ventes de canne à sucre ne permettent pas aux petits planteurs de disposer d'un capital suffisant pendant la période de désherbage, qui est très importante dans la culture de la canne à sucre (Rwalins, 1989).

Selon la FAO (2001), les prix peuvent être calculés de plusieurs manières. Dans le cadre de l'approche à prix fixe généralement utilisée dans la filière tanzanienne de canne à sucre, il est offert aux agriculteurs un prix fixe au début de chaque campagne. Dans la plupart des cas, les prix fixes sont liés aux spécifications de grades. La compagnie sucrière de Kilombero, par exemple, offrait 39 500 TZS/t sur la base d'une teneur de 10 % en sucrose pour la campagne 2008/09 (Illovo Sugar Limited, 2008).

L'application des prélèvements et une formule transparente de tarification sont déterminantes, ainsi que l'élaboration d'une structure claire et l'organisation d'une méthode pratique de paiement pour encourager la confiance et la bonne volonté (FAO, 2001). À Kilombero, une division de systèmes de produits est utilisée, en vertu de laquelle le planteur reçoit 55 % et le transformateur 45 % du prix départ-usine. Sur ce pourcentage, d'autres prélèvements sont effectués pour atteindre le montant réel obtenu par l'agriculteur (rémunération nette) (FAD, 2005).

Toutefois, la relation entre les associations de petits planteurs de canne à sucre et les fabricants de sucre (usine) a été caractérisée par la méfiance. Les petits planteurs ont le sentiment que la canne à sucre n'est pas catégorisée de façon honnête, que le pont bascule est tripataouillé et que les transformateurs retardent souvent les paiements. À partir de 1999, par exemple, les transformateurs ont fréquemment retardé les paiements, en violation des contrats qu'ils ont conclus avec les associations. La situation a été particulièrement critique à Mtibwa, où certains agriculteurs ont dû attendre six mois ou plus longtemps avant d'être payés (Matango, 2006).

De façon générale, les petits planteurs sont confrontés en Tanzanie à un certain nombre de contraintes, y compris la piètre infrastructure physique, technologique et financière, les services inadéquats de vulgarisation et l'insuffisance de matières premières telles que les pesticides, les engrais et les herbicides (Mbilingi et Semakafu, 1995 ; Tarimo et Takamura, 1998).

## Objectifs

L'objectif général de l'étude était d'évaluer l'impact des prélèvements de remboursement post-récolte sur les bénéfices des petits planteurs de canne à sucre membres du projet pour petits planteurs de Kilombero. À cet effet, l'étude avait trois objectifs spécifiques : 1) identifier les avantages pour les planteurs participant au projet pour petits planteurs de canne à sucre ; 2) évaluer la rentabilité des agriculteurs participant au projet pour les petits planteurs ; 3) analyser les coûts supportés par les petits planteurs de canne à sucre.

2. TZS = shilling tanzanien; 1 € ≈ 1620 TZS.

3. Le « groupement canne » est un groupement de producteurs de canne à sucre, une association de planteurs pour l'action de groupe ; ce prélèvement vise donc à faciliter les activités spécifiques relatives au groupement.

## Méthodologie

L'étude a été menée à Kilombero en 2008/2009. L'Association des planteurs de canne à sucre de Ruembe (RCGA) a servi d'étude de cas dans laquelle a été évalué l'impact des prélèvements de remboursements post-récoltes sur la rentabilité des petits planteurs de canne à sucre. Des techniques d'échantillonnage dirigé et d'échantillonnage aléatoire simple ont été utilisées. Les techniques dirigées ont été utilisées pour sélectionner la population cible (petits planteurs de Kilombero) travaillant pour la RCGA. L'échantillonnage aléatoire simple utilisant des chiffres aléatoires a été utilisé pour sélectionner 60 producteurs de canne à sucre, étant donné que chaque planteur est assujéti aux mêmes prélèvements post-récoltes.

Certaines données ont été recueillies à l'aide de questions ouvertes (consignées dans un questionnaire) ; celles-ci ont été complétées par des données secondaires obtenues auprès du bureau de la RCGA, dans le but d'identifier les avantages pour les planteurs participant au projet.

Un tableur Excel a été utilisé pour faciliter le calcul du coût total (CT) et des prélèvements totaux, des prélèvements non nécessaires identifiés par les planteurs et le bénéfice.

$$\text{Bénéfice } (\pi) = \text{RT} - \text{CT}$$

où RT représente le revenu total tiré de la vente de canne à sucre obtenu par la multiplication de la canne à sucre vendue (en tonnes) par le prix à la tonne et CT représente les dépenses totales encourues par le planteur dans la production (préparation du sol, désherbage, herbicides, etc.), obtenues par la multiplication du coût de production par surface unitaire (l'acre, dans ce cas) par superficie d'exploitation (en acre) plus les prélèvements totaux par tonne, multipliés par la canne à sucre vendue (exprimée en tonnes).

Après l'obtention du bénéfice des petits planteurs avec les prélèvements et les « prélèvements non nécessaires », un test-t a été utilisé pour déterminer si les moyennes étaient égales pour le bénéfice avec ou sans « prélèvements non nécessaires » ( $\mu_1 = \mu_2$ ), déterminant ainsi l'impact des prélèvements sur le bénéfice des petits planteurs de canne à sucre.

## Résultats et discussion

### « Prélèvements non nécessaires » opérés sur les ventes de canne à sucre

Pour évaluer l'impact de la rentabilité des petits planteurs, les « prélèvements non nécessaires » ont été identifiés. Cinquante-et-un planteurs (sur 60) ont identifié le prélèvement CESS comme étant un « prélèvement non nécessaire » ; 48 planteurs ont identifié le droit de la TASGA imposé aux planteurs comme contribution versée à l'Association des planteurs tanzaniens de canne à sucre ; 42 agriculteurs ont identifié les deux. Le prélèvement CESS s'élevait à 120 TZS/t et le droit de la TASGA à 100 TZS/t en 2008/09. Les petits planteurs ont indiqué que ces prélèvements n'avaient aucun avantage direct pour eux. Ils ont déclaré qu'ils payaient déjà pour l'appui au développement à travers les prélèvements tels que les frais de développement infrastructurels et les contributions en faveur des écoles secondaires et qu'ils considéraient en conséquence que le prélèvement CESS n'était pas nécessaire. La TASGA n'apporte aucune contribution directe aux petits planteurs qui en sont membres et tirent des avantages de la RCGA.

## Analyse des coûts pour les petits planteurs de canne à sucre

Les petits planteurs de canne à sucre à Kilombero ont été assujettis à différents coûts dans le financement de la production de canne à sucre. Les coûts de préparation variaient selon les agriculteurs et différaient également par rapport aux coûts encourus à la phase de repousse – des coûts élevés de production au début de la culture comparativement à ceux encourus à la seconde phase ou à la phase suivante de repousse (certains coûts étant déjà couverts depuis la première repousse).

Toutefois, on a dénombré plusieurs prélèvements qui étaient obligatoires pour les planteurs au titre de différents services fournis. Ces prélèvements variaient de 4249,58 à 8438 TZS/t et couvraient les frais de coupe, de chargement et de services de transport, qui sont versés directement aux contractants tandis que la plupart des autres prélèvements (droit d'association, frais de services opérationnels, frais d'infrastructure, contribution à l'école secondaire, frais collectifs, droit de la TASGA et prélèvement CESS) variaient de 50 à 624 TZS/t, et sont versés directement à l'association (RCGA).

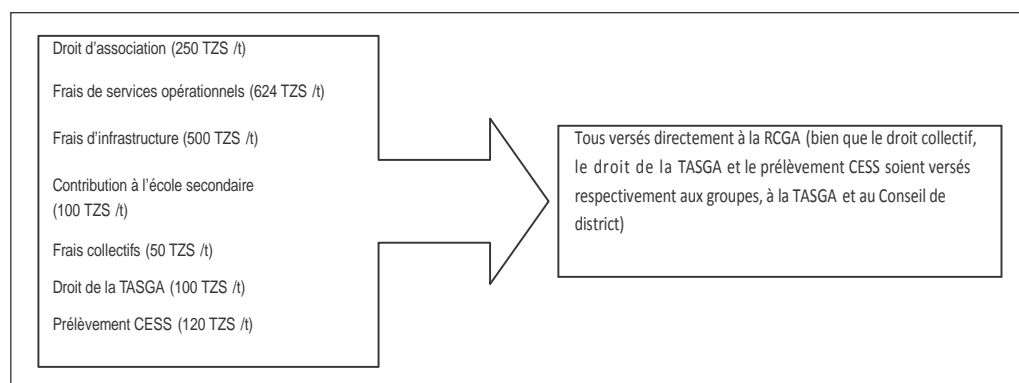


Figure 1. Prélèvements post-récoltes pour la RCGA et taux à la tonne

Les frais de chargement de la canne à sucre, qui s'élèvent à 2500 TZS (taxe sur la valeur ajoutée comprise) la tonne, étaient versés directement aux entrepreneurs. Le Tableau 1 montre les taux des frais de services de transport.

Tableau 1. Coûts du transport de la canne à sucre (TZS/t)

Fourchette des distances (km)	Coût (hors TAV)
0-10	4 249,58
11-20	5 926,00
21-30	8 438,75
31-40	10 894,60

Si les planteurs décident de ne pas recourir aux entrepreneurs en transport, l'autre option dont ils disposent reste les services d'Unitrans – la société utilisée la plupart du temps par la compagnie sucrière de Kilombero. Les frais de services de transport tels que convenus par l'association (RCGA) en 2008/09 et à eux appliqués étaient :

- le chargement : 2374 TZS la tonne (TVA comprise) ;
- le coût de transport : de 0 à 10 km : 4880,71 TZS et de 11 à 20 km : 7615,27 TZS (TVA comprise).

Les autres prélèvements sont indiqués au Tableau 2.

Tableau 2. Prélèvements additionnels

Prélèvement	Taux/tonne (TZS)	Instruction de paiement
Droit d'association	250	Versé à la RCGA générale
Frais de services opérationnels	624	Versés pour le fonctionnement de la RCGA
Frais d'infrastructure	500	Versés pour l'infrastructure à la RCGA
Contribution à l'école secondaire	100	Versée à la RCGA générale
Frais collectifs	50	Versés aux groupes respectifs
Droit de la TASGA	100	Versé directement à la TASGA
Prélèvement CESS	120	Versé directement au Conseil de district

## Analyse de rentabilité des petits planteurs de canne à sucre

L'analyse de rentabilité a été effectuée en calculant les revenus bruts des agriculteurs, les coûts bruts et le bénéfice obtenu (après déduction de tous les prélèvements). La culture de canne à sucre entraîne des coûts pour la préparation des plantations, les intrants utilisés, le creusement de sillons pour les pare-feux et la récolte. L'étude a traité tous les prélèvements de remboursement post-récolte comme coûts pour les planteurs et les a intégrés au coût total, puis a calculé le bénéfice. Des écarts notables ont été constatés dans la rentabilité des planteurs ( $P \leq 0,05$ ), avec un écart moyen de bénéfice de 30 628,4 TZS.

L'étude montre que les « prélèvements non nécessaires » identifiés par les enquêtés (tels que les droits de la TASGA et le prélèvement CESS) ont eu un impact important sur leur bénéfice. La note critique du test-t bilatéral a été de 1,67, ce qui indique que les prélèvements non nécessaires » identifiés par les planteurs (prélèvements CESS et droit de la TASGA) avaient un impact significatif sur le bénéfice. Ainsi, l'écart moyen entre le bénéfice intégrant tous les prélèvements et le bénéfice sans « prélèvements non nécessaires » n'était pas égal ( $\mu_1 \neq \mu_2$ ).

## Conclusion et recommandations

### Conclusion

Il a été noté des différences significatives dans la rentabilité des planteurs. Les « prélèvements non nécessaires » qui ont été identifiés par les enquêtés intégraient les droits de la TASGA et le prélèvement CESS. L'analyse a montré que ces prélèvements avaient un impact significatif sur le bénéfice final des planteurs.

De plus, les planteurs ont été assujettis à de nombreux prélèvements et à des coûts plus élevés relativement à leur implication générale dans la production de canne à sucre, comparativement à d'autres cultures cultivées avec moins d'aide de la part de la direction de l'Association. Les planteurs participant au Projet pour petits planteurs de canne à sucre ont tiré des bénéfices de l'existence d'un marché garanti pour leur canne à sucre (l'usine), de la fixation et de la négociation des prix par l'Association, de la possibilité d'obtenir des prêts et d'autres facilités de crédit et une garantie pour les services d'infrastructures pendant la saison pluvieuse.

Sur la base de ces résultats, cette étude rejette l'hypothèse selon laquelle les « prélèvements non nécessaires » n'ont aucune incidence significative sur le bénéfice des petits planteurs de canne à sucre.

### Recommandations

Les résultats de cette étude indiquent qu'il existe un certain nombre de choses à faire. Les associations de planteurs de canne à sucre doivent garantir des avantages plus importants pour les planteurs impliqués dans la production de canne à sucre à Kilombero. Ces avantages intègrent les suivants :



- l'analyse critique des prélèvements existants devrait être menée de manière à identifier les « prélèvements non nécessaires » et plaider soit pour la réduction de leur niveau, soit pour leur élimination ;
- la rareté des avantages identifiés par les enquêtés qui participent au projet pour petits producteurs de canne à sucre devrait être prise en compte et les problèmes tels que les coûts élevés de transport, du fait de l'enregistrement inexact des plantations et les procédures de prêts complexes, devraient être évalués plus en profondeur pour déterminer leur impact sur les planteurs ;
- le double paiement de certains prélèvements, tels que les contributions pour l'école secondaire, devrait être davantage évalué et résolu, de sorte à minimiser le fardeau des coûts pesant sur les agriculteurs.
- la contradiction des prélèvements jouant un double rôle devrait être résolue. Il s'agit de l'existence des frais d'infrastructure et du prélèvement de CESS, qui portent tous deux sur les activités de développement.

## Remerciements

Je suis particulièrement reconnaissant à mon superviseur, Dr Evelyn A. Lazaro, du Département d'économie agricole et d'agro-industrie de l'Université Sokoine d'agriculture, pour ses excellents et inlassables conseils depuis la phase initiale de planification et pour ses précieuses critiques tout au long de l'étude.

Je souhaiterais également exprimer ma sincère gratitude au personnel et à tous les membres de l'Association de planteurs de canne à sucre de Ruembe, pour leur assistance pendant la collecte de données et aimerais remercier le président de la RCGA, M. Nyembe, pour ses efforts inlassables déployés pendant le processus de collecte de données.

## Références

- ADF. 2005. 'Focus on Tanzania'. *African Development Foundation e-news*, mai 2005. [www.enebuilder.net/adf/e\\_article000358018.cfm?x=b11,0,w](http://www.enebuilder.net/adf/e_article000358018.cfm?x=b11,0,w)
- FAO. 2001. *Contract Farming Partnership for Growth*. FAO Agricultural Services Bulletin 145. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie. Illovo Sugar Limited. 2008. [www.illovosugar.com](http://www.illovosugar.com) (consulté le 21 décembre 2008).
- Matango, R.R. 2006. 'Mtibwa out growers' scheme: a model for small holder cane production in Tanzania'. Paper presented at UNCTAD Expert Meeting 'Enabling small commodity producers in developing countries to reach markets', 11–13 décembre 2006, Genève, Suisse. [www.unctad.org/sections/wcmu/docs/c1EM32p16.pdf](http://www.unctad.org/sections/wcmu/docs/c1EM32p16.pdf)
- Mbilinyi, M. et Semakafu, A.M. 1995. 'Gender and employment on sugarcane plantations in Tanzania'. Sectoral and Working Discussion Papers, Agriculture, SAP 2.44/WP.85. Organisation internationale du travail, Genève, Suisse.
- Sserunkuma, S.R. et Kimera, H.R. 2003. *Impact of EU sugar trade on developing countries: a study with focus on East Africa (Kenya, Tanzania and Uganda)*. Germanwatch, Bonn, Allemagne.
- Rwalins, C. 1989. *Replacement Decision for Florida Sugarcane Growers*. Agriculture Experiment Station, Institute of Food and Agricultural Science, Université de Floride. Bulletin 822. Gainesville, FL, États-Unis.
- Tarimo, A.J.P. et Takamura, Y.T. 1998. 'Sugarcane production, processing and marketing in Tanzania'. *Africa Study Monograph* 19 (1): 1–11.

# Annexe 1 : Aperçu du programme

*Édition 2009/2010 des concours scientifiques ouverts aux femmes africaines et aux jeunes professionnels*

**du 18 au 23 juillet 2010**

**Salle des séances plénières, Salle de conférence principale,  
Centre international de conférences Ouaga 2000, Ouagadougou, Burkina Faso**

## **1<sup>ère</sup> journée : dimanche 18 juillet**

### *Session matinale*

10h 00–12h 30 : Réunion du Panel d'experts (huis clos)

### *Session de l'après-midi*

15h 00–16h 00 : Réunion conjointe du Panel d'experts et du jury (huis clos)

16h 00–18h 00 : Inscription

18h 30–19h 30 Cocktail de bienvenue

## **2<sup>ème</sup> journée : lundi 19 juillet**

### *Session matinale*

### **Ouverture des compétitions finales**

**Président :** *Myra Wopereis-Pura, Directrice de l'accès à la connaissance et aux technologies, FARA*

**08h 30–08h 45 :** Discours préliminaire de bienvenue, *Dr Monty Jones, Directeur Exécutif, FARA*

**08h 45–09h 00 :** Discours préliminaire de bienvenue, *M. Michael Hailu, Directeur, CTA*

**09h 00–09h 30 :** Vue d'ensemble des concours : Impliquer plus de femmes scientifiques et de jeunes professionnels : enseignements tirés de l'édition 2008/10 des concours scientifiques, *Judith Ann Francis, Coordinateur principal du programme, Stratégies des sciences et technologies, CTA*

**09h 30–10h 00 :** Communication liminaire : Repositionnement stratégique de l'agro-biodiversité dans le secteur de l'horticulture au service du développement durable en Afrique, *Professeur Abukutsa Mary Oyiela Onyango, Université d'agriculture et de technologie Jomo Kenyatta, Kenya* [lauréate du premier prix de l'édition 2008/09, Les femmes dans les concours scientifiques]

## Les femmes dans les concours scientifiques

**Président :** *Dr Hanna Andrea Rother, Chef de programme – Gestion des risques liées à la santé, Université de Cape Town, Afrique du Sud* [lauréate de l'édition 2008/09, Les femmes dans les concours scientifiques]

**11h 00–11h 20 :** Les innovations technologiques et institutionnelles suscitées par la vidéo sur la technique d'étuvage du riz présentée par des agriculteurs à d'autres agriculteurs dans la région centrale du Bénin, *Enangnon Espérance Zossou, Bénin*

**11h 20–11h 40 :** Faune entomologique des légumes cultivés sur des jachères, *Nathalie Judith Kouakam Melele, Cameroun*

**11h 40–12h 00** : Étude de la diversité génétique des variétés d'*acacia senegal* produisant de la gomme arabique au Kenya à l'aide de répétition de séquences inter-simples (ISSR) et de marqueurs de répétition de séquences simples chloroplastiques (cpSSR), *Eunice Wamuyu Githae, Kenya*

**12h 00–12h 20** : Manioc : Ajout de valeur pour l'Afrique – genre et diversité comme force motrice, *Petra Bola Abdulsalam-Saghir, Nigeria*

**12h 20–12h 40** : Mise au point d'un outil d'appui à la prise de décisions dénommé Endiisa pour l'alimentation améliorée du cheptel laitier en Ouganda, *Sarah Lubanga Mubiru, Ouganda*

**12h 40–13h 00** : Contribution des chaînes de valeur rizicole et maraîchère à la sécurité alimentaire et aux revenus dans les bas-fonds dans les régions Sud du Bénin et du Mali : perceptions des agriculteurs sur les contraintes et opportunités et analyse de la rentabilité financière des systèmes de culture, *Sounkoura Adetonah, Bénin*

### Session de l'après-midi

**14h 30–14h 50** : Amélioration du matériel génétique pour la résistance à la maladie de la striure brune du manioc dans la région côtière du Kenya, *Theresia Luvuno Munga, Kenya*

**14h 50–15h 10** : Une approche durable pour la prise en charge du foreur de cosses de légumineuse, *Maruca vitrata*, sur le haricot à Maurice, *Lalini Unmole, Maurice*

**15h 10–15h 30** : Évaluation économique des variétés de patate douce dans le cadre de différents systèmes de cultures associées au Nigeria, *Adanma Amaefula, Nigeria*

**16h 30–18h 30** : Délibérations du jury (huis-clos)

## 3<sup>ème</sup> journée : mardi 20 juillet

### Session matinale

#### Les jeunes professionnels dans les concours scientifiques

**Président** : *Dr Fetien Abey Abera, Université Mekelle d'Éthiopie* [lauréat du premier prix de l'édition 2008/09, Les jeunes professionnels dans les concours scientifiques]

**08h 30–09h 00** : Article liminaire : Dendrochronologie en Afrique : Activités actuelles et possibilités d'avenir dans le cadre des études sur le changement climatique, *Dr Aster Gebrekirstos Afwork, Chercheur universitaire, Centre mondial de l'agroforesterie, Kenya* (lauréat de l'édition 2008/09)

**09h 00–09h 20** : Effet de l'urine humaine sur la production de l'aubergine (*Solanum melongena*) et l'accumulation du sel dans le sol, *Delwendé Innocent Kiba, Burkina Faso*

**09h 20–09h 40** : Territoires, troupeaux et biomasse : défis de gestion pour une utilisation durable des ressources au nord du Cameroun, *Aimé Landry Dongmo Ngoutsop, Cameroun*

**09h 40–10h 00** : Impact de la maladie de la mosaïque sur les variétés de patate douce, *Elenyi, Mugande, Karebe II, Japan, Tainung* en milieu rural au Sud-Kivu, *Jean Augustin Kituta Rubabura, République démocratique du Congo*

**10h 30–10h 50** : Implication des agriculteurs dans le développement de technologies pour promouvoir la productivité de la patate douce au Kenya, *James Kyalo Mwololo, Kenya*

**10h 50–11h 10** : Impacts des projets proposés pour le développement de la monoculture à grande échelle sur les zones humides et les collectivités tributaires de ces zones, *Joan Auma Otengo, Kenya*

**11h 10–11h 30** : Utilisation des TIC pour améliorer les activités agricoles, *Andrianjafy Rasoanindrainy, Madagascar*

**11h 30–11h 50** : Conception, construction et essai d'une batteuse de maïs à faible coût, *Joel Nwaeze Nwakaire, Nigeria*

**11h 50–12h 10** : Optimisation des ressources dans la production des principales denrées alimentaires et cultures de rente -une voie conduisant à la sécurité alimentaire et à la réduction de la pauvreté au Soudan, *Algaylani Abdalhafez Ahmed, Soudan*

### Session de l'après-midi

**14h 00–14h 20** : Élaboration de systèmes de surveillance appropriés des nuisibles et maladies apicoles pour une amélioration de la production de miel et d'autres produits de la ruche en Ouganda, *Robert Ada Kajobe, Ouganda*

**14h 20–14h 40** : Variation de l'activité biologique sur des parcelles comportant des cordons pierreux dans la province de Kouritenga, au Burkina Faso, *Wendkouni Sabine Marie Flore Doamba, Burkina Faso*

**14h 40–15h 00** Cours des matières premières, recettes budgétaires et croissance économique : étude de cas sur la Côte d'Ivoire, *Sandrine Nguikam, Cameroun*

**15h 30–15h 50** : Caractérisation morphologique du matériel génétique de l'aubergine d'Afrique (*espèce Solanum*) dans certains pays africains, *Michael Kwabena Osei, Ghana*

**15h 50–16h 10** : Réensemencement – passerelle pour une réhabilitation réussie, la sécurité alimentaire et des moyens ruraux de subsistance durables sur les terres arides en Afrique, *Kevin Zowe Mganga, Kenya*

**16h 10–16h 30** : Effets du stress hygrométrique lors de la floraison sur les caractères phénotypiques de races primitives locales de maïs sélectionnées au Kenya, *Shelmith Wanja Munyiri, Kenya*

**16h 30–16h 50** : Considérer les déchets comme ressources précieuses, exemple de l'industrie de la canne à sucre à Maurice, *Aneza Soobadar, Maurice*

**16h 50–17h 10** : Évaluation des macro-micro liens entre les moyens ruraux de subsistance, les systèmes d'innovation en matière de recherches agricoles et les changements de politiques agricoles au Malawi, *Mariam Amale Tanjani Mapila, Afrique du Sud*

**17h 10–17h 30** : Évaluation d'impact des déductions de remboursement post-récolte sur la rentabilité des petits planteurs de canne à sucre : étude de cas de l'Association des planteurs de canne à sucre de Ruembe, Lutengano, *Edward Mwinuka, Tanzanie*

**17h 30–18h 00** : Réunion du jury et du panel d'experts (huis clos)

### Annnonce des lauréats par le président du jury

#### 4<sup>ème</sup> journée : mercredi 21 juillet

Journée du Burkina

Faso

#### 5<sup>ème</sup> journée : jeudi 22 juillet

Cérémonie d'ouverture de l'Assemblée générale du FARA

Gala du FARA : Prix des concours scientifiques

#### 6<sup>ème</sup> journée : vendredi 23 juillet

Session plénière du FARA

## À propos de nos partenaires collaborateurs

**AGRA** : L'Alliance pour une Révolution verte en Afrique constitue une plateforme pour les partenariats et programmes nécessaires pour susciter une Révolution verte africaine qui met les petits exploitants agricoles au premier plan, accroissant leur rendement et leurs bénéfices et créant un système dynamique de production vivrière allant des champs des agriculteurs aux marchés régionaux. [www.agra-alliance.org](http://www.agra-alliance.org)

**ANAFE** : Le Réseau africain pour l'éducation sur l'agriculture, l'agroforesterie et les ressources naturelles est un réseau de 131 institutions d'enseignement de 35 pays africains, dont l'objectif est de renforcer l'enseignement d'approches pluridisciplinaires de gestion des ressources foncières. L'objectif est d'améliorer de manière durable la contribution de l'éducation agricole au développement social et économique des populations africaines. [www.anafeafrica.org](http://www.anafeafrica.org)

**CTA** : Le Centre technique pour l'agriculture et la coopération rurale des ACP et de l'UE est une institution conjointe opérant conformément au cadre de l'Accord de Cotonou liant le Groupe des États ACP (Afrique, Caraïbes et Pacifique et les États membres de l'Union européenne (UE)). Le CTA a pour mission de promouvoir la sécurité alimentaire, d'accroître la prospérité et de soutenir une bonne gestion des ressources naturelles par la gestion de l'information, de la communication et des savoirs, la facilitation, le renforcement des capacités et l'autonomisation des organisations et réseaux de développement agricole et rural dans les pays ACP. [www.cta.int](http://www.cta.int)

**FARA** : Le Forum pour la recherche agricole en Afrique est l'organisation faîtière pour la recherche agricole africaine et est une coalition de toutes les parties prenantes impliquées dans la recherche agricole et le développement en Afrique. Les rôles fondamentaux du FARA consistent à : faire du plaidoyer pour l'investissement dans la recherche agricole pour le développement de l'Afrique ; promouvoir les partenariats à valeur ajoutée ; renforcer l'échange d'informations et d'apprentissage agricole. [www.fara-africa.org](http://www.fara-africa.org)

**NPCA** : L'Agence de planification et de coordination du Nouveau partenariat pour le développement de l'Afrique (NEPAD) est un cadre de vision et de stratégie conçu pour relever les défis actuels auxquels le continent africain est confronté. Des questions telles l'exacerbation des niveaux de pauvreté, le sous-développement et la marginalisation continue de l'Afrique requièrent une intervention nouvelle et radicale, conduite par les dirigeants africains, en vue de développer une nouvelle vision qui va garantir la renaissance de l'Afrique. [www.nepad.org](http://www.nepad.org)

**RUFORUM** : Le Régional Universitaire pour le Renforcement des Capacités dans le domaine de l'Agriculture est une organisation faîtière de 25 universités d'Afrique orientale et australe. Elle œuvre à la promotion de l'intégration de la recherche, de la formation universitaire et de la sensibilisation dans les travaux de recherche nationaux et régionaux ciblant le développement. Cette tâche est prise à bras le corps non seulement par des diplômés mieux formés entrant sur le marché des agents de développement rural, mais elle est également assurée par la conduite de travaux de recherche plus pertinents et tournés vers le développement, qui sont directement liés à des programmes participatifs de sensibilisation. [www.ruforum.org](http://www.ruforum.org)

# Sigles

AGRA	Alliance pour une révolution verte en Afrique
AIDA	Innovations agricoles dans les régions sèches d'Afrique
SIA	Systèmes d'innovation agricole
AIVs	Légumes indigènes africains
ALUCCSA	Projet portant sur l'adaptation de l'utilisation des terres au changement climatique en Afrique subsaharienne
AMOVA	Analyse de variance moléculaire
ANAFE	Réseau africain pour l'éducation sur l'agriculture, l'agroforesterie et les ressources naturelles
ANOVA	Analyse de la variance
AREU	Unité de recherche agronomique et de vulgarisation (Maurice)
ASI	anthèse-floraison femelle
RCA	Ratio coûts-avantages
BMZ	Ministère de la coopération technique du gouvernement fédéral d'Allemagne (Allemagne)
C:AVA	Cassava: Adding Value for Africa Project (Fondation Gates)
CBSD	maladie de la striure brune du manioc
CBSV	<i>virus de la maladie de la striure brune du manioc</i>
CEMUBAC	Centre scientifique et médical de l'Université libre de Bruxelles pour ses activités de coopération
CIP	Centro Internacional <i>de la Papa</i> /International Potato Centre
COPR	Centre international de la pomme de terre
PB	Protéine brute
cpSSR	marqueurs de répétition de séquences simples chloroplastiques
CREPA	Centre régionale pour l'eau potable et l'assainissement à faible coût (Burkina Faso)
CRSN-Lwiro	Centre de recherche en sciences naturelles de Lwiro (RD Congo)
CTAB	<b>bromure</b> de cétyltriméthylammonium
cv.	cultivar
DAT	nombre de jours après transplantation
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft/ Fondation allemande pour la recherche
MS	matières sèches
DST	outil d'appui à la prise de décisions
EDTA	acide éthylènediaminetétraacétique
ERI	Initiative renforcée d'innovation rurale (Malawi)

FARA	Forum pour la recherche agricole en Afrique
GCA	faculté de combinaison générale
PIB	Produit intérieur brut
GTZ	Agence allemande de coopération technique (Allemagne)
HQCF	farine de manioc de grande qualité
ICCO	Organisation internationale du cacao
ICO	Organisation internationale du café
TIC	Technologie de l'information et de la communication
IITA	Institut international d'agriculture tropicale
INERA	Institut de l'environnement et de recherches agricoles (Burkina Faso)
IPM	gestion intégrée des nuisibles
ISSR	répétition de séquences inter-simples
IUCN	<i>Union internationale pour la conservation de l'environnement</i>
KARI	Institut kényan de recherche agricole
MAP	Nombre de mois après plantation
OMD	Objectifs du millénaire pour le développement
EM	Énergie métabolisable
MSIRI	Institut mauricien de recherche sur l'industrie sucrière
MUZARDI	Centre zonal de recherche agricole et de développement de Mukono
NAADS	Services consultatifs agricoles nationaux (Ouganda)
NaLIRRI	Institut national de recherche sur les ressources animales, Université de Makerere (Ouganda)
NARO	Organisation nationale pour la recherche agricole
NEPAD	Nouveau partenariat pour le développement de l'Afrique
ONG	Organisation non gouvernementale
FO	Fumier organique
PROMES	Modèle de Projection macro-économétrique et de simulation
PSM	appariement des coefficients de propension
PTA	Zone d'échanges préférentiels
RCBD	protocole de bloc aléatoire complet
RCGA	Association des planteurs de canne à sucre de Ruembe (Tanzanie)
ReACCT	Resilient Agro-landscapes to Climate Change in Tanzania project
HR	Humidité relative
RUFORUM	Forum Régional Universitaire pour le Renforcement des Capacités dans le domaine de l'Agriculture
SCA	Faculté de combinaison spécifique
SILEM	Projet de gestion intégrée des écosystèmes des basses terres sahéliennes (IUCN)

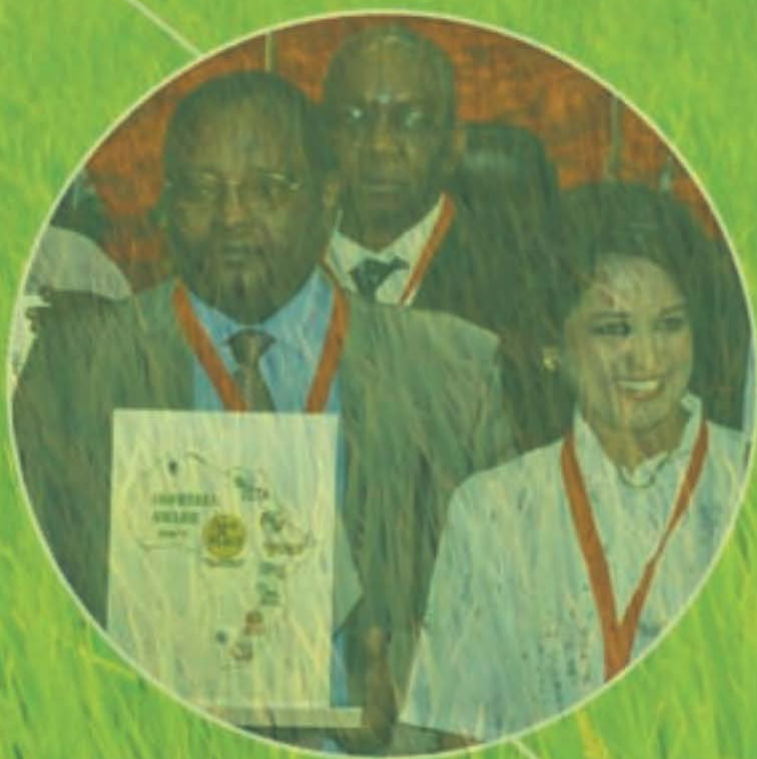


PME	Petite et moyenne entreprise
SMS	services d'envoi de messages courts
SPCSV	Virus d'arrêt de croissance de la patate douce chlorotique
SPFMV	Virus plumeux de marbrure de patate douce
SPMMV	Virus de la panachure légère de la patate douce
SPSS	Ensemble des programmes statistiques relatifs aux sciences sociales
SPVD	maladies virales de la patate douce
S&V	Système de formation et de visite
TASGA	Association des planteurs de canne à sucre de Tanzanie
UBT	unité bovin tropical
TSBF	Institut tropical de biologie et de fertilité des sols (CIAT)
UPGMA	méthode de paire-groupe non pondérée avec la moyenne arithmétique
VAR/VECM	modèle vectoriel autorégressif/vectoriel de correction d'erreur
UVT	unité de transformation villageoise
WAEMU	Union économique et monétaire ouest-africaine
ZIZO	méthode zoom avant/zoom arrière









## À propos du FARA

Le FARA est le Forum pour la recherche agricole en Afrique, une organisation faîtière qui rassemble et forme des coalitions des principales parties prenantes impliquées dans la recherche agricole et le développement en Afrique. Il a pour mission de susciter des améliorations de grande envergure en matière de productivité agricole, de compétitivité et de marchés en soutenant les organisations sous-régionales (OSR) africaines dans le renforcement des capacités en vue de l'innovation agricole. Le FARA est financé par la Banque africaine de développement (BAD), l'Agence canadienne de développement international (ACDI), le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CERAD), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), la Commission européenne (CE), le Centre de recherches pour le développement international (CRDI), le Fonds mondial pour la recherche agricole (FMRA), l'Agence suisse pour le développement et la coopération (DDC), la Fondation Syngenta pour une agriculture durable, la Banque mondiale et les gouvernements italien et néerlandais.

## À propos du CTA

Le Centre technique pour l'agriculture et la coopération rurale (CTA) est une institution internationale conjointe du Groupe des États Afrique, Caraïbes et Pacifique (ACP) et de l'Union européenne (UE). Il a pour mission de promouvoir la sécurité alimentaire, d'accroître la prospérité et de soutenir une bonne gestion des ressources naturelles dans les pays ACP. Il offre un accès à l'information et aux savoirs, facilite le dialogue politique et renforce les capacités des institutions et communautés de développement agricole et rural. Le CTA fonctionne conformément au cadre de l'Accord de Cotonou et est financé par l'UE.

### Forum pour la recherche agricole en Afrique

12 Anmeda Street, Roman Ridge  
PMB CT 173, Accra, Ghana  
Téléphone : +233 302 772823/302 779421  
Fax : +233 302 773676/E-mail : [info@fara-africa.org](mailto:info@fara-africa.org)  
Site Web : [www.fara-africa.org](http://www.fara-africa.org)

### CTA

Postbus 380  
6700 A.J Washington, The Netherlands  
Téléphone : +31 (0) 317 467100  
Fax : +31 (0) 317 460067 / E-mail : [cta@cta.int](mailto:cta@cta.int)  
Site Web : [www.cta.int](http://www.cta.int)

