

TROPICULTURA

2018 Vol. 36 N°4

Trimestriel (octobre- novembre- décembre)
Driemaandelijks (oktober- november- december)
Trimestral (octubre- noviembre- diciembre)
Quarterly (October- November- December)



Fièvre aphteuse du bovin

Crédit: Souley Kouato Bachir, Niamey, Niger, 2014

Editeur responsable / Verantwoordelijke uitgever: J. Bogaert
Avenue Circulaire 3
1180 Bruxelles/Brussel
Belgique/België

Avec le soutien
de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer (ARSOM), www.kaowarsom.be;
l'École Régionale Post-Universitaire d'Aménagement et de Gestion Intégrés des Forêts et
Territoires Tropicaux (ERAIFT), www.eraift-rdc.cd; et de la Région de Bruxelles Capitale

Met de steun van
de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen (KAOW), www.kaowarsom.be, van
École Régionale Post-Universitaire d'Aménagement et de Gestion Intégrés des Forêts et
Territoires Tropicaux (ERAIFT), www.eraift-rdc.cd; en van het Brussels Gewest

EDITORIAL/EDITORIAAL/EDITORIAL

Year 2018, Year of Changes

Année 2018, année de changements

Jaar 2018, jaar van veranderingen

Año 2018, año de cambios

E. Thys**593**

ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

Savoirs culinaires et identité socio-culturelle: cas de l'utilisation de *Cissus populnea* Guill. & Perr., le gombo de l'ethnie Bobo au Burkina FasoConocimiento culinario e identidad sociocultural: caso del uso de *Cissus populnea* Guill. & Perr., la okra de la etnia Bobo en Burkina FasoCulinaire kennis en sociaal-culturele identiteit: geval van het gebruik van *Cissus populnea* Guill. & Perr., de okra van de Bobo etnische groep in Burkina Faso**P. Ouoba, A. Ouédraogo & S. Traoré****595**

Effets du travail minimum du sol en sec sur la flexibilité du calendrier agricole et le rendement du maïs en zone soudanienne du Burkina Faso

Efectos de la mínima labranza seca sobre la flexibilidad del calendario agrícola y el rendimiento del maíz en la zona sudanesa de Burkina Faso

Effecten van minimale droge grondbewerking op de flexibiliteit van de landbouwkalender en op de opbrengst van maïs in de Soedanese regio van Burkina Faso

K. Coulibaly, E. Vall, K. Naudin Krishna, H.B. Nacro & M. Havard**608**

Analyse structurale de la dynamique forestière dans la région de l'Arc Cuprifère Katangais en République Démocratique du Congo: II. Analyse complémentaire de la fragmentation forestière

Análisis estructural de la dinámica de los bosques en la región Katangese del cobre en la República Democrática del Congo: II. Análisis complementario de la fragmentación forestal

Structurele analyse van bosdynamiek in de Katangese kopergordel in de Democratische Republiek Congo: II. aanvullende analyse van bosfragmentatie

S. Cabala Kaleba, Y. Useni Sikuzani, Y. Amisi Mwana, J. Bogaert & F. Munyemba Kankumbi**621**Wild Edible Fungi from the Dense Rainforests of Ivory Coast: An Update and Notes on *Agrocybe*Champignons sauvages comestibles des forêts denses humides de Côte d'Ivoire: une mise à jour et notes sur les *Agrocybes*Hongos silvestres comestibles de los densos bosques húmedos de Costa de Marfil: una actualización y notas sobre *Agrocybe*Wilde eetbare paddenstoelen uit de dichte regenwouden van Ivoorkust: een bijwerking en notities over *Agrocybe***C.V. Yian & M.S. Tiebre****631**Mise en œuvre d'un système de production durable de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) dans le village de Tadila en République Démocratique du CongoImplementación de un sistema de producción sostenible de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el pueblo de Tadila en la República Democrática del CongoImplementatie van een duurzaam maniokproductiesysteem (*Manihot esculenta* Crantz) in het dorp Tadila in de Democratische Republiek Congo**E. Yuku Lotutala & A. Kimbembu ma Ibaka****641**

Qualité hygiénique du poisson transformé et commercialisé au Tchad

Calidad higiénica del pescado procesado y comercializado en Chad

Hygiënische kwaliteit van verwerkte en verhandelde vis in Tsjaad

J.C. Micha, A. Gamane Kaffine & A. Tidjani**649**

- Analyses prospectives des possibilités d'amélioration durable des performances des exploitations agricoles de l'Ouest du Bassin Arachidier du Sénégal: cas des producteurs de *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.)
 Análisis prospectivos de las posibilidades de mejora sostenible en el desempeño de las fincas en la cuenca de maní occidental de Senegal: el caso de los productores de *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.)
 Prospectieve analyses van de mogelijkheden voor duurzame verbetering van de prestaties van landbouwbedrijven in het westelijke aardnotenbekken van Senegal: het geval van producenten van *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.)
A. Camara, A. Dieng & G. Mergeai 658
- Impact de rations comportant des fourrages de *Pterocarpus lucens*, *Pterocarpus erinaceus* et *Ficus gnaphalocarpa* sur l'embouche ovine au Mali
 Impacto de dietas que contienen forrajes de *Pterocarpus lucens*, *Pterocarpus erinaceus* y *Ficus gnaphalocarpa* sobre el engorde de ovinos en Mali
 Effect van diëten met voedergewassen van *Pterocarpus lucens*, *Pterocarpus erinaceus* en *Ficus gnaphalocarpa* op de vetmesting van schapen in Mali
H. Nantoumé, S. Cissé, P.S. Sow, S. Sidibé, A. Kouriba, A. Olivier, J. Bonneville & D. Cinq-Mars 673
- Diversité des tiques de bovins et variation saisonnière des infestations dans la région maritime au Togo
 Diversidad de garrapatas de los bovinos y variación estacional de infestaciones en la región marítima de Togo
 Diversiteit van runderteken en seizoensgebonden variatie van infestaties in de maritieme regio van Togo
E. Mollong, Y. Nuto, C. Rabiétou & K. Amevoïn 684
- Etude de quelques paramètres de reproduction de *Thunnus obesus* (Lowe, 1839) débarqué au port d'Abidjan en Côte d'Ivoire
 Estudio de algunos parámetros reproductivos de *Thunnus obesus* (Lowe, 1839) desembarcado en el puerto de Abiyán en Costa de Marfil
 Studie van enkele reproductieparameters van *Thunnus obesus* (Lowe, 1839) aangevoerd in de haven van Abidjan in Ivoorkust
N.C. Diaha, Y.C. Doffou & B.G. Goore 697
- Relation régime alimentaire-stade de maturité sexuelle chez le listao (*Katsuwonus pelamis* Linnaeus, 1758) débarqué au port de pêche d'Abidjan en Côte d'Ivoire
 Relación dieta-madurez sexual en el listado (*Katsuwonus pelamis* Linnaeus, 1758) desembarcó en el puerto pesquero de Abiyán, Costa de Marfil
 De relatie tussen het dieet en de seksuele vroegrijpheid bij de gestreepte tonijn (*Katsuwonus pelamis* Linnaeus, 1758) aangevoerd in de vissershaven van Abidjan in Ivoorkust
N.C. Diaha, M.J. Amande & A.R. Agnissan 705
- Baisse des ressources halieutiques du lac Toho au Sud du Bénin: Perceptions des pêcheurs et efficacité des pratiques de gestion et stratégies d'adaptation
 Disminución de los recursos pesqueros del lago Toho en el sur de Benín: percepciones de los pescadores y efectividad de las prácticas de manejo y estrategias de adaptación
 Dalende visbestanden in het Toho meer in Zuid-Benin: percepties van de vissers en effectiviteit van managementpraktijken en aanpassingsstrategieën
V. Codjo, A. Zannou & G. Biaou 713
- Soil Properties on Farmers' Fields Amended with Untreated Solid Urban Wastes in Ouagadougou Peri-urban Area, Burkina Faso
 Propriétés des sols des champs agricoles amendés avec des déchets urbains non traités en zone péri-urbaine de Ouagadougou, Burkina Faso
 Propiedades de los suelos de los campos agrícolas modificados con residuos urbanos no tratados en el área periurbana de Uagadugú, Burkina Faso
 Bodemeigenschappen van landbouwgronden verbeterd met onbehandeld stedelijk afval in de periurbane zone van Ouagadougou, Burkina Faso
P.S. Bouda, E. Hien, A. Dioma, H. Kambiré, Y. Maiga, D. Some, S. Nazaret & A.S. Ouattara 722
- Evaluación comparativa de la prueba de fluorescencia polarizada como diagnóstico confirmatorio de la brucelosis bovina en la provincia del Carchi, Ecuador
 Évaluation comparative du test de fluorescence polarisée comme diagnostic de confirmation de la brucellose bovine dans la province de Carchi, Équateur
 Vergelijkende evaluatie van de gepolariseerde fluorescentietest als bevestigende diagnose van runderbrucellose in de provincie Carchi, Ecuador
E.M. Ibarra Rosero, H.R. Benavides Rosales, D.N. Játiva Cortez, P.H. González Chavisnan & Y.L. Fuertes Cevallos 733

Réponse du sorgho aux placements profonds de différentes doses d'urée dans le système de culture de décrue à Yélimané, Mali Respuesta del sorgo a la colocación profunda de diferentes dosis de urea en el sistema de recesión en Yelimane, Mali Reactie van sorghum op de diepe begraving van verschillende ureumdoses in het recessiekwakestelsel in Yelimane, Mali A. Traore, K. Traore, A. Jens, A. Coulibaly & M. Famanta	741
Analyses agro-économique des technologies de maintien et d'amélioration de la fertilité des sols dans la zone cotonnière de Dano, Burkina Faso Análisis agroeconómicos de las tecnologías para mantener y mejorar la fertilidad del suelo en la zona de algodón de Dano, Burkina Faso Agro-economische analyses van technologieën van onderhoud en verbetering van de bodemvruchtbaarheid in de katoenzone van Dano, Burkina Faso F. Noufe, K. Traore, A. Kambou, S. Traore & H. Tankoano	748
Efficacité d'un insecticide à base de neem dans la lutte contre quelques ravageurs du cotonnier au Bénin Eficacia de un insecticida a base de neem en la lucha contra algunas plagas del algodón en Benín Doeltreffendheid van een op neem gebaseerd insecticide in de strijd tegen enkele katoenongedierte in Benin G. Bonni, M. Adegnika & A. Paraiso	762
Analyse des performances techniques des clarificateurs et déshydrateurs d'huile de palme au Bénin Análisis del rendimiento técnico de los clarificadores y deshidratadores de aceite de palma en Benín Analyse van de technische prestaties van uitklaarders en drogers van palmolie in Benin R.H. Ahouansou, P.B. Agbobatinkpo, C.H. Sossou & E.A. Sanya	773
Evaluation of Different Options: Host Plant Resistance, Weed Management, and Fertilization for the Development of an Integrated Pest Management Strategy for the Sweet Potato Weevil in Burkina Faso Evaluation de différentes options: résistance variétale, gestion des mauvaises herbes et fertilisation pour le développement d'une stratégie de gestion intégrée du charançon de la patate douce au Burkina Faso Evaluación de diferentes opciones: resistencia varietal, manejo de malezas y fertilización para el desarrollo de una estrategia integrada para el manejo del gorgojo de camote en Burkina Faso Evaluatie van verschillende opties: resistentie van de variëteiten, onkruidmanagement en bemesting voor de ontwikkeling van een geïntegreerde plaagbestrijdingsstrategie tegen de kever van de zoete aardappel in Burkina Faso S. Koussoube, M. Ba Niango, F. Traoré, C.L. Dabire-Binso & A. Sanon	786
<i>Imbrasia obscura</i> , an Edible Caterpillar of Tropical Africa: Chemical Composition and Nutritional Value <i>Imbrasia obscura</i> , une chenille comestible d'Afrique tropicale: composition chimique et valeur alimentaire <i>Imbrasia obscura</i> , una oruga comestible de África tropical: composición química y valor nutricional <i>Imbrasia obscura</i> , een eetbare rups uit tropisch Afrika: chemische samenstelling en voedingswaarde G. Mabossy-Mobouna, F. Malaisse, A. Richel, P. Maesen, P. Latham, P. Roulon-Dokos, M. Madamo Malasi & G. Lognay	798
ANNONCES/ AANKONDIGINGEN/ ANUNCIOS	
ARSOM: Yearly Competitions	812
TROPICULTURA FRIENDS	
Tropicultura Friends	814

The opinions expressed, and the form adopted are the sole responsibility of the author(s) concerned

Les opinions émises et la forme utilisée sont sous la seule responsabilité des auteurs

De geformuleerde stellingen en de gebruikte vorm zijn op verantwoordelijkheid van de betrokken auteur(s)

Las opiniones emitidas y la forma utilizada son de la exclusiva responsabilidad de sus autores

Year 2018, Year of Changes

The year 2018, the 36th publication year of Tropicultura, has experienced some interesting events.

First of all, from an editorial point of view, the year was marked by the release of two thematic issues next to two classic ones.

The first thematic issue (36/2) was entitled "Conflicts, Landscape Dynamics, and Food Security in Sub-Saharan Africa" and was the outcome of a symposium held at the Jean Lorougnon Guédé University (Daloa, Ivory Coast). This number included no less than 28 articles.

The second thematic issue (36/3) was entitled "Peri-urbanization and Environment: Research for Development" published as part of our collaboration with ERAIFT, the Regional Post-Graduate Training School on Integrated Management of Tropical Forests and Lands (<http://www.eraift-rdc.org>), a Category 2 Centre of UNESCO, based in Kinshasa.

Lastly, the fourth issue of the year 2018 includes 20 articles of no less than 9 different areas of rural development *sensu lato*. These articles reflect appropriately the diversity of the journal's approach. They address not only "classical" agronomical themes like agriculture, forestry, livestock or fisheries, but also human nutrition, including entomophagy, and culinary aspects.

From an operational point of view, Agri-Overseas experienced two events. First, Miss C. Louvet's departure after 5 years of good service and then a new move.

Agri-Overseas is now hosted by the Royal Observatory of Belgium, which is the National Astronomical Observatory located in the Brussels Region (<http://www.astro.oma.be>). The observatory has been very welcoming and the secretariat enjoys a nice workspace.

Agri-Overseas has followed the Royal Academy of Overseas Sciences (<http://www.kaowarsom.be>), which also moved to the Observatory and continues to sponsor our non-profit organisation. This patronage exists since 2006 to our great satisfaction.

We also announce you that the first issue of 2019 will be the first only in the PoPuPS format.

This end of the year is also the good time to wish you all an excellent year 2019.

We also take this opportunity to warmly thank all those who are working to make a success of the Journal, such as sponsors/financial partners, editors, referees, members of the Secretariat and subcontractors... not forgetting the authors, of course.

E. Thys
Secretary

Reminder of the new coordinates of Agri-Overseas

Address: Agri-Overseas, Avenue Circulaire 3, B-1180 Brussels (Belgium)

Phone: 32 (0)2 790 39 05

E-mail: germain.harelimana@kaowarsom.be

Website: <http://www.tropicultura.org>

Année 2018, année de changements

L'année 2018, la 36^{ème} depuis la première parution de la revue Tropicultura, a, en effet, connu quelques évènements intéressants.

Tout d'abord, d'un point de vue rédactionnel, l'année a été marquée par la sortie de deux numéros thématiques à côté de deux numéros classiques.

Le premier numéro thématique (36/2) avait pour titre "Conflits, dynamiques des paysages et sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne" et contribue à la diffusion des résultats d'un colloque qui a eu lieu à l'Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa, Côte d'Ivoire). Ce numéro ne comptait pas moins de 28 articles.

Le second numéro thématique (36/3) avait pour titre «Périurbanisation et développement: des recherches pour le développement» publié dans le cadre de notre collaboration avec l'ERAIFT, École Régionale Post-Universitaire d'Aménagement et de Gestion Intégrés des Forêts et Territoires Tropicaux (<http://www.eraift-rdc.org>), un Centre de Catégorie II de l'UNESCO situé à Kinshasa.

Enfin, ce quatrième numéro de l'année 2018 compte 20 articles de pas moins de 9 domaines différents du développement rural *sensu lato*. Ces articles reflètent admirablement la diversité de l'approche de la revue. Ils n'abordent pas uniquement des thèmes agronomiques «classiques» (agriculture, foresterie, élevage, pêches, etc.) mais également la nutrition humaine, notamment l'entomophagie, et les aspects culinaires.

D'un point de vue opérationnel, Agri-Overseas a connu deux évènements. Tout d'abord, le départ de Mlle C. Louvet après 5 ans de bons services et, ensuite, un nouveau déménagement.

Agri-Overseas est maintenant hébergé par l'Observatoire Royal de Belgique qui est l'Observatoire Astronomique National situé dans la Région Bruxelloise (<http://www.astro.oma.be>). L'Observatoire s'est montré très accueillant et le secrétariat jouit d'un bel espace de travail.

Agri-Overseas a suivi l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer (<http://www.kaowarsom.be>) qui a également déménagé vers l'Observatoire et continue à patronner notre ASBL. Ce patronat existe depuis 2006 à notre grande satisfaction.

Nous vous annonçons aussi que le premier numéro de 2019 sera le premier qui apparaîtra uniquement sous format PoPuPS.

Cette fin d'année est aussi le moment de vous souhaiter une excellente année 2019.

Nous profitons également de cette occasion pour remercier chaleureusement tous ceux qui œuvrent à faire un succès de la revue, tels que les sponsors/bailleurs de fonds, les rédacteurs, les referees, les membres du secrétariat et les sous-traitants ... sans oublier les auteurs, bien sûr.

E. Thys
Secrétaire

Rappel des nouvelles coordonnées d'Agri-Overseas

Adresse: Agri-Overseas, Avenue Circulaire 3, B-1180 Brussels (Belgium)

Téléphone: 32 (0)2 790 39 05

E-mail: germain.harelimana@kaowarsom.be

Site web: <http://www.tropicultura.org>

Savoirs culinaires et identité socio-culturelle: cas de l'utilisation de *Cissus populnea* Guill. & Perr., le gombo de l'ethnie Bobo au Burkina FasoP. Ouoba^{1,2*}, A. Ouédraogo² & S. Traoré²**Keywords:** Native knowledge- Natural resources- Ethnobotany- Conservation- Burkina Faso**Résumé**

*Les espèces légumières de cueillette occupent une place importante dans l'alimentation des populations africaines. C'est le cas de *Cissus populnea* qui joue un rôle important dans l'art culinaire dans la communauté Bobo et surnommée "gombo" des Bobos. La présente étude vise à documenter les savoirs culinaires des Bobos sur cette plante d'importance socio-culturelle. Des enquêtes ethnobotaniques ont été réalisées dans trois villages Bobo, intégrés de nos jours par la ville de Bobo-Dioulasso, pour mieux connaître les usages culinaires et médicinaux de la plante au sein de cette communauté. Les résultats ont montré que les femmes ont toujours une bonne connaissance des usages culinaires des organes de cette espèce malgré le fait que les jeunes générations la connaissent de moins en moins. Quatre-vingt-dix pourcent des femmes enquêtées connaissent au moins l'usage culinaire d'un organe de *C. populnea*. Les fruits et les feuilles sont utilisés sous différentes formes comme condiments. Les organes qui sont utilisés en cuisine, sont également utilisés en médecine traditionnelle. *C. populnea* apparaît comme un véritable symbole pour la communauté Bobo.*

Summary**Culinary Knowledge and Socio-cultural Identity: Case Study of the Use of *Cissus populnea* Guill. & Perr., the Okra of the Bobo Ethnic Group in Burkina Faso**

*Among plants, wild food-gathering vegetable species occupy an important place for the african populations. This is the case of *Cissus populnea* for the Bobo community, which plays an important role in the culinary art of Bobo population who nicknamed it "okra" of the Bobo. This study aims to document the knowledge and the know-how of the Bobo population regarding this socio-culturally important plant. Ethnobotanical surveys were carried out in three villages of the Bobo community integrated nowadays the city of Bobo-Dioulasso in order to know the culinary and the medicinal uses of the species within this community. Ninety percent of the women know at least a culinary use of a *C. populnea* organ. Fruits and leaves are used in various forms such as condiments. In addition, the same organs can also be used in traditional medicine. *C. populnea* appears to be a true symbol of the Bobo community.*

¹Université polytechnique, Département de Sciences biologiques, Unité de formation et de recherche en sciences et techniques, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

²Université Ouaga1 Joseph Ki-Zerbo, Laboratoire de Biologie et Ecologie Végétale, Ouagadougou, Burkina Faso.

³Université polytechnique, Département de Foresterie, Institut du développement rural, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

*Auteur correspondant: Email: ouobapaulin@hotmail.com

Introduction

Les plantes sont d'une importance capitale dans toutes les civilisations. Les sociétés humaines ont ainsi capitalisé depuis des siècles des savoirs et savoirs faire sur les plantes qui ont servies depuis l'aube des temps à satisfaire leurs besoins quotidiens. Selon Keita et Samaké (20), les sociétés humaines ont toujours des manières de faire, d'agir, de penser qui constituent le gage de leur pérennisation. Les savoirs endogènes de ce fait, jouent un rôle important dans le développement social. L'importance de l'intégration de ce savoir dans les programmes de développement a été reconnu par l'Agenda 21 défini lors du Sommet de la Terre à Rio en 1992 (6, 17). Ces pratiques locales qui contribuent à assurer la pérennité des sociétés humaines s'appliquent à tous les aspects de la vie en société (20). Ainsi, dans le domaine alimentaire et médicinal, l'homme a toujours utilisé les plantes pour se nourrir et préserver sa santé. Mais les savoirs et savoirs faire traditionnels capitalisés sur les plantes peuvent varier d'une société à l'autre. C'est le cas de *Cissus populnea* Guill. & Perr. qui est une plante d'importance socio-culturelle en Afrique subsaharienne. Plusieurs auteurs ont mentionné les propriétés de cette plante et ses utilisations dans plusieurs domaines au sein des communautés rurales africaines (2, 3, 4, 27). Dans le domaine médicinal, les organes de la plantes sont utilisés dans le traitement d'une gamme variée de maladies, parmi lesquelles figurent les maladies vénériennes (27). Une analyse physico-chimique des extraits de tiges et de racines de cette plante attribue des vertus médicinales à la présence de composés chimiques tels que les alcaloïdes, les flavonoïdes, les saponines et les tanins (27). Outre, l'utilisation de la plante en médecine, les usages en alimentation ont été signalés par plusieurs auteurs. Selon Ambé (4), la sève extraite de la tige était autrefois, largement consommée comme boisson en Afrique par plusieurs populations en milieu rural. A Kênéghê, village Malinké en Côte-d'Ivoire par exemple, les chasseurs et les cultivateurs continuent d'utiliser cette sève comme boisson (4). Des analyses chimiques ont montré que cette sève est potable par sa concentration normale en chlorure, sulfate, calcium et magnésium, même si la teneur en potassium, phosphore et azote paraît élevée (4). L'usage des fruits et des feuilles dans la préparation des sauces a également été mentionné dans la littérature même si pour certaines communautés ils n'entrent que de façon secondaire dans l'alimentation locale ou pour certaines occasions. Au Nigeria, une soupe à base de légumes de cette plante est donnée aux femmes pour arrêter le saignement post-natal (27). Au Togo, dans le département de l'Atacora, la sauce des jeunes feuilles qui possède des vertus aphrodisiaques est préparée par les hommes en brousse lors des parties de chasse (3).

Pour la communauté Bobo à l'Ouest du Burkina Faso, objet de la présente étude, *C. populnea* est un symbole identitaire de par l'usage culinaire de ses organes. En effet, autrefois, les fruits et les feuilles de cette plante ramassés lors des cueillettes étaient très utilisés par les Bobo, principalement comme légume dans la préparation d'une sauce gluante ressemblant à celle obtenue avec le gombo (*Abelmoscus esculentus* Perrot. & Guill.). C'est à ce titre que le nom «Gombo des Bobo» est attribué à *C. populnea* dans la localité de Bobo-Dioulasso, principale ville de l'Ouest et deuxième ville importante du Burkina Faso. L'art culinaire est un élément essentiel de l'identité culturelle d'une société et contribue au rayonnement de celle-ci. En France par exemple, les spécialités culinaires locales contribuent à la valeur attractive des territoires et sont constitutives de leur identité patrimoniale (12). De même, selon Guérin (16), s'agissant des pays alpins, «la cuisine peut être pensée aujourd'hui comme un marqueur territorial, comme une preuve de l'existence d'un peuple en son territoire». Ainsi, pour Dumas (12), c'est un élément déterminant de la culture et du patrimoine d'un pays. Cette idée est de nos jours, de plus en plus défendue par les chercheurs et les institutions culturelles. Ainsi, depuis 2006, l'Institut Européen d'Histoire et des Cultures de l'Alimentation (IEHCA), a défendu l'idée d'une inscription par l'UNESCO du patrimoine culinaire français sur la liste représentative du patrimoine culturel immatériel de l'humanité (12). Cette initiative a été couronnée de succès en 2010 avec l'inscription, au patrimoine Culturel Immatériel de l'UNESCO du «Repas gastronomique des Français» (11). En matière d'art culinaire, toute recette, tout produit fait allusion à un territoire ou un lieu spécifique (12).

En Afrique, il y a l'exemple de la sauce jaune du Cameroun (1). La diversité des recettes culinaires en rapport avec la diversité des territoires s'explique par le fait que le patrimoine culinaire est avant tout le résultat d'une interaction entre l'homme et la nature, une sensibilité, un savoir et des traditions ancestrales qui se transmettent de génération en génération (12). Cependant, à la faveur de la transformation socio-culturelle rapide que connaissent les sociétés africaines de nos jours, le risque de disparition des savoirs et savoirs faire ancestraux sur les légumes de cueillette est réel. Le risque est d'autant réel que ces connaissances sont en général transmises de bouche à oreille ou par la pratique, de génération en génération. Selon Chastanet (10), dans les sociétés africaines où la cueillette joue encore un rôle important, les pratiques changent et les savoirs se perdent. La question de leur devenir se pose avec plus ou moins d'acuité étant donné la tendance actuelle à délaisser les aliments traditionnels à base des espèces locales, jugés désuets (13). De nombreuses études récentes ont pourtant montré l'importance des espèces légumières locales pour les populations en Afrique (7, 13).

Elles font partie intégrante du régime alimentaire de ces populations locales et leur consommation contribue à la préservation de la santé (7). Ceci étant, la problématique de la conservation des savoirs et savoirs faire culinaires sur les espèces légumières traditionnelles en général se pose de nos jours avec urgence en Afrique. C'est ce qui justifie la présente étude sur *C. populnea*. Elle poursuit l'objectif de documenter les savoirs et savoirs faire des populations *Bobo* sur cette plante qui a une haute valeur socio-culturelle, notamment dans l'art culinaire de cette communauté. Ceci est d'autant un impératif que la transmission des connaissances entre les générations est menacée par le manque d'intérêt des jeunes générations vis-à-vis des pratiques endogènes et l'engloutissement des villages *Bobo* par la ville de Bobo-Dioulasso. La préservation des savoirs et savoirs faire sur cette plante va contribuer à son utilisation durables et sa conservation. Les objectifs spécifiques de l'étude sont de :

- documenter les connaissances endogènes sur les utilisations culinaires des organes de *C. populnea* par la communauté *Bobo* et
- répertorier les usages de la plante dans les autres domaines d'utilisations (médecine, artisanat et construction) au sein de la dite communauté.

Matériel et méthodes

Sites d'étude

L'étude s'est déroulée à Bobo-Dioulasso, capitale économique et deuxième grande ville du Burkina Faso située à l'Ouest du Burkina Faso (Figure 1). Bobo-Dioulasso est à 365 kilomètres de Ouagadougou la capitale. Elle se présente comme l'un des grands carrefours de la sous-région, à la jonction des axes reliant le Burkina Faso à la Côte-d'Ivoire, au Ghana et au Mali. Cette ville a connu ces dernières décennies, d'énormes mutations dues à son important développement industriel et commercial. Lors du recensement général de 2006, la population de la ville était estimée à 497.191 habitants et la répartition des actifs selon le secteur d'activité était de 77% pour le secteur tertiaire, 16% pour le secteur secondaire et 7% pour le secteur primaire (30). Les unités industrielles s'articulent autour des secteurs d'activités tels que l'agro-alimentaire, la mécanique et la métallurgie, la chimie et ses dérivées, le bâtiment (29). Toutes ces activités ont eu pour conséquence une importante explosion démographique avec de nombreux brassages socio-culturels. Entre 1985 et 2006, la population de la ville de Bobo-Dioulasso a doublé. Elle est passée de 228.668 à 497.191 habitants sur une superficie de 1.805 km² (30).

L'explosion démographique et l'extension de la ville a eu pour conséquence l'engloutissement des villages autochtones (Figure 1) avec l'influence socio-culturelle que cela peut engendrer sur les communautés endogènes *Bobo* qui sont animistes.

Ainsi, selon Werthmann et Sanogo (29), à l'époque précoloniale, les musulmans formaient un petit groupe d'érudits coraniques au milieu d'une population paysanne dont le plus grand nombre pratiquait les religions traditionnelles. Sous la domination coloniale, des transformations à la fois politiques, économiques et territoriales favorisèrent l'arrivée de musulmans venus d'autres colonies et une islamisation croissante de la région de Bobo-Dioulasso. De ce fait, selon les données du recensement de la population de la ville de Bobo-Dioulasso en 2006, les caractéristiques socio-culturelles de la ville de Bobo-Dioulasso montrent de nos jours que les musulmans sont les plus nombreux avec 77% de la population contre 19% pour les catholiques et 3% pour les protestants. Les animistes (1%) sont faiblement représentés (30). De même, pour les langues parlées, outre le français qui est la langue officielle du pays, on y pratique plusieurs langues nationales dont les plus parlées sont dans l'ordre décroissant le *jula* (60%), le *mooré* (22%) et le *bobo* (6%) qui est la langue de la communauté autochtone. Le climat de la région de Bobo-Dioulasso est du type sud-soudanien, se caractérisant par une saison pluvieuse qui s'étend de mai à septembre et une saison sèche d'octobre à avril. Les pluies sont relativement abondantes mais inégalement réparties dans le temps et dans l'espace (30). La température moyenne est autour de 27 °C avec des minima autour de 20 °C en décembre et des maxima autour de 35 °C en avril. Les vents dominants sont la mousson qui souffle en saison des pluies et l'harmattan en saison sèche. La végétation est composée de savanes boisées, de savanes arborées, de savanes arbustives et de galeries forestières le long des cours d'eaux (9). Les principales productions agricoles sont les céréales composées de millet, de sorgho blanc, de sorgho rouge, de maïs (26). Le coton est la principale culture de rente en plein essor dans la région.

Monographie de *Cissus populnea* Guill. & Perr.

Cissus populnea est une plante de la famille des Vitaceae (anciennement Ampelidaceae). Le genre *Cissus* regroupe 48 espèces en Afrique de l'Ouest (19). *C. populnea* est une liane à vrille, souvent pérenne dont l'aire de distribution en Afrique est la zone Guinéo-congolaise et Soudano-zambézienne. On la rencontre dans les savanes boisées depuis le Sénégal jusqu'au Mozambique (8). Ses feuilles simples, sont alternes, finement pubescentes devenant rapidement glabres, à limbe de forme ovale à suborbiculaire de 10-18 cm de long et de 5-8 cm de large. Le sommet du limbe est courtement acuminé ou pointu et la base est cordée. Les inflorescences sont des panicules à fleurs verdâtres avec des pédicelles de 1-3 cm de long, 4 pétales de 3-4 mm de diamètre.

Le fruit est une baie ovoïde, lisse, dure, de 20-25 x 10-15 mm, noir violet à maturité (5).

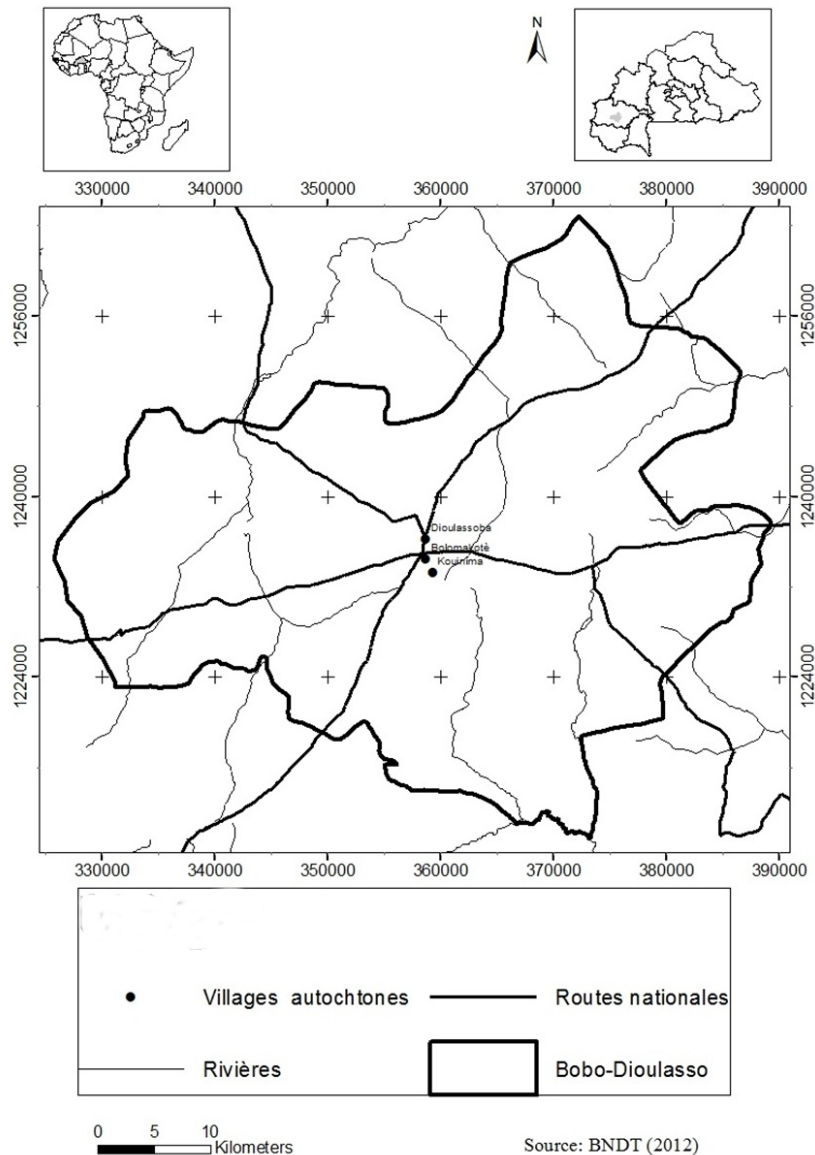


Figure 1: Localisation de la zone d'étude.

Dans la région de Bobo-Dioulasso, la floraison de *C. populnea* commence en mai et les fruits immatures sont disponibles dans le mois de juin. La maturité commence à partir du mois d'août et les fruits mûrs sont disponibles jusqu'en novembre. Durant la saison sèche, l'espèce perd totalement ses feuilles. Le poids moyen du fruit est de $5,4 \pm 0,7$ g. La pulpe du fruit immature est très riche en mucilage et donne une pâte gluante au pilage, similaire au gombo.

Collecte et traitement des données

Les données ont été collectées au moyen d'enquêtes ethnobotaniques qui se sont déroulées dans trois anciens villages autochtones devenus des quartiers de la ville de Bobo-Dioulasso, à savoir Dioulassoba, Bolomakoté et Kouinima. A l'origine, ces trois quartiers de la ville (Figure 1) étaient des villages de la communauté autochtone *Bobo* (29).

Pour les enquêtes, nous avons choisi aléatoirement 30 personnes dans chacun des trois villages, soit au total. Quarante-vingt-dix personnes tout sexe et tout âge confondus, ont été choisis à condition que l'enquêté connaisse la plante et soit disponible à répondre au questionnaire. L'enquête était individuelle et chaque enquêté devait répondre à un questionnaire qui lui a été administré sous forme d'une interview semi-structurée.

Les informations collectées ont porté sur les usages culinaires de tous les organes de la plante (fleurs, fruits, feuilles, tige et racines), mais également sur les autres domaines d'utilisations à savoir les usages en médecine traditionnelle, en artisanat et en construction. Chaque enquêté devait donner les détails sur les pratiques culinaires et le mode d'utilisation médicinale. Pour les usages médicaux, le lexique médical utilisé est inspiré de celui de Arbonnier (5). Des observations directes de terrain concernant les organes de la plante ont complété la collecte des données.

Analyse des données

Les données collectées ont été traitées à l'aide de statistiques descriptives en utilisant les logiciels EXCEL et PC-ORD. Le programme EXCEL a été utilisé pour calculer la proportion des enquêtés ayant donné la même information pour chaque usage. Pour comprendre les liens entre la connaissance des usages de l'espèce et les groupes socio-professionnels ainsi que les catégories d'âge et de sexe dans la communauté, les données d'enquêtes ont été soumises à une Analyse en Composante Principale (ACP). Pour ce faire, les personnes enquêtées ont été classées par groupe socio-professionnel et par catégories d'âge et de sexe. La structuration en catégories d'âge et de sexe a été faite sur la base de celle adoptée par Gbemavo *et al.* (14). Dans cette structuration, le jeune est la personne ayant un âge inférieur à 30 ans, l'adulte est celui qui a entre 30 et 60 ans et le vieux est une personne qui a un âge supérieur à 60 ans. Dans la présente étude, les matrices des fréquences de citation par catégories d'usages (cuisine, médecine, artisanat et construction) ont été constituées par groupe socio-professionnel et par catégorie d'âge et de sexe. Pour analyser les liens entre la connaissance des usages de *C. populnea* et les groupes socio-professionnels ainsi que les catégories d'âge et de sexe, le test d'indépendance du χ^2 a été réalisé pour chacune des deux matrices, puis ces dernières ont été soumises à l'ACP avec le logiciel Pc_Ord (24).

Résultats

Caractéristiques de la population enquêtée

Au total 90 personnes des trois villages ont été enquêtées dont 31 femmes et 59 hommes. L'âge des enquêtés varie entre 27 et 79 ans. Ils se répartissent dans 10 catégories socio-professionnelles et dans 6 catégories d'âge et de sexe (Figures 2 et 3). Dans les catégories socio-professionnelles, les cultivateurs (38%), les ménagères (29%) et les tradithérapeutes (17%) sont les plus représentés (Figure 2). Pour les catégories d'âge et de sexe, les hommes adultes (55%) et les femmes adultes (34%) sont dominants (Figure 3). Les jeunes sont représentés en proportion très faible, avec seulement 1% d'hommes et une absence de femmes. Cela peut s'expliquer par la méconnaissance de *C. populnea* par les jeunes personnes.

Il existe un lien entre la connaissance des usages de *C. populnea* et les groupes socio-professionnels ainsi que les catégories d'âge et de sexe (Figures 4 et 5). En effet, l'ACP (Figure 4) montre qu'en général, dans presque toutes les catégories socio-professionnelles, à l'exception des conducteurs, des menuisiers et des maçons, les usages médicaux et culinaires des organes de la plante sont bien connus.

Les ménagères et les éleveurs sont ceux qui connaissent mieux l'usage culinaire alors que les autres catégories socio-professionnelles connaissent plus les usages médicaux des organes de la plante. Cela se traduit sur le plan factoriel par un premier groupe formé des conducteurs, des menuisiers et des maçons qui est isolé du groupe des autres catégories socio-professionnelles (Figure 4). Le premier groupe est constitué de professions modernes dont les pratiquants ne sont plus directement en contact avec les ressources naturelles. Pour ce qui concerne l'artisanat et la construction, les usages de *C. populnea* sont peu connus de toutes les catégories socio-professionnelles.

S'agissant du lien entre les connaissances des différentes catégories d'usages et les groupes d'âge et de sexe au sein de la communauté Bobo, l'ACP montre que la majorité des adultes (hommes et femmes) ainsi que les vieilles personnes connaissent les usages culinaires et médicaux des organes de *C. populnea*. Les femmes adultes (A.F.), les femmes vieilles (V.F) et les hommes vieux (V.H.) connaissent plus les usages culinaires des organes alors que les hommes adultes (A.H.) connaissent plus les usages médicaux des organes de la plante. Quelle que soit la catégorie d'âge, les usages des organes de la plante dans l'artisanat et la construction sont mal connus (Figure 5).

Utilisations des organes de *C. populnea*

La figure 6 montre les principaux usages des organes de *C. populnea* dans différents domaines de la vie quotidienne de la communauté Bobo, ainsi que les fréquences de citations. Les deux plus importants domaines d'utilisation des organes de la plante sont les domaines culinaire et médical. Ainsi, 54% des enquêtés citent leurs utilisations comme condiments (Figure 6). En outre, ils sont 45% de personnes à connaître également l'utilisation des feuilles comme condiments. Presque la totalité des femmes enquêtées (90%) connaissent la valeur culinaire des fruits immatures et des feuilles contre seulement 42% des hommes. Soixante-quinze pourcent des femmes continuent d'utiliser les organes de la plante pour faire la cuisine de nos jours. Dans le domaine culinaire, ce sont les feuilles et les fruits immatures (Photo 1) qui sont les plus utilisés. Dans le domaine de la médecine traditionnelle, les feuilles et les fruits sont aussi utilisés par la communauté Bobo pour le traitement de nombreuses maladies bien connues au Burkina Faso (Figure 6). Ainsi, 37% des enquêtés citent l'utilisation des feuilles dans le traitement du paludisme, 27% dans le traitement des maux de ventre, 19% dans le traitement de la lèpre. Ils sont 12% à citer les fruits dans le traitement de la folie et 10% dans la lutte contre les cauchemars. Quant aux autres organes (tiges et racines), ils sont également cités dans le traitement de plusieurs maladies (Figure 6).

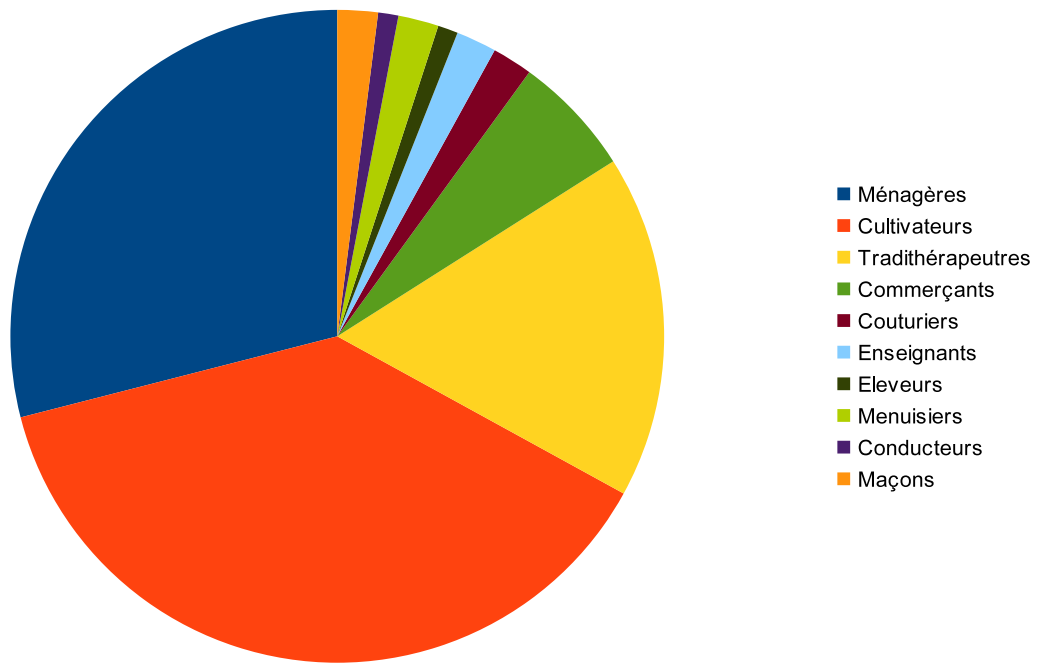


Figure 2: Répartition des enquêtés par catégorie socioprofessionnelle.

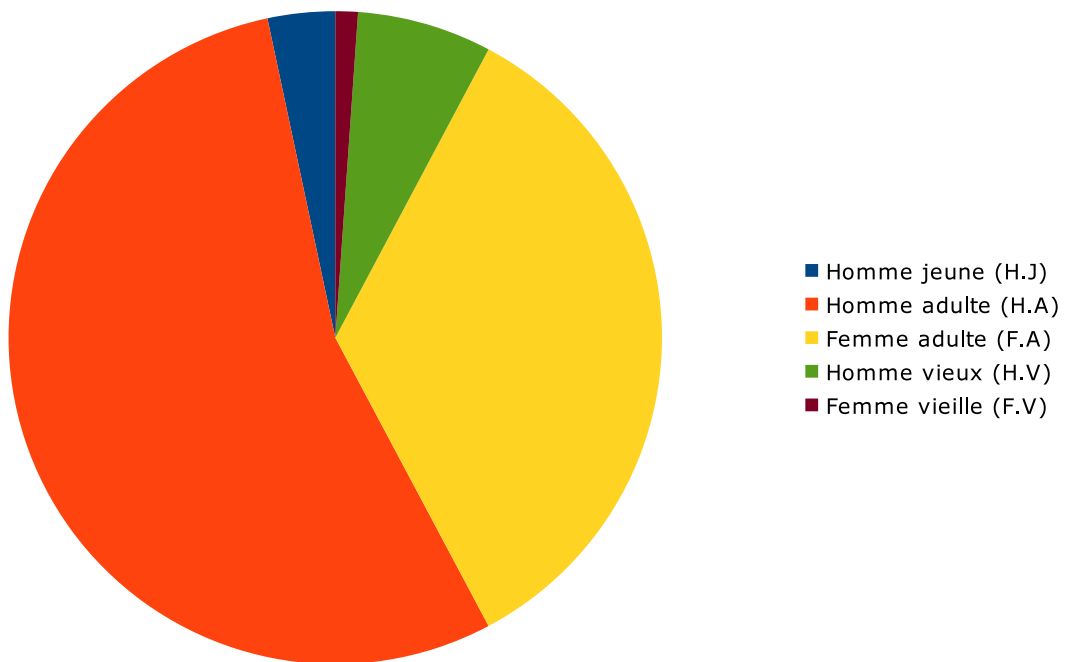


Figure 3: Répartition des enquêtés par catégories d'âge et de sexe.

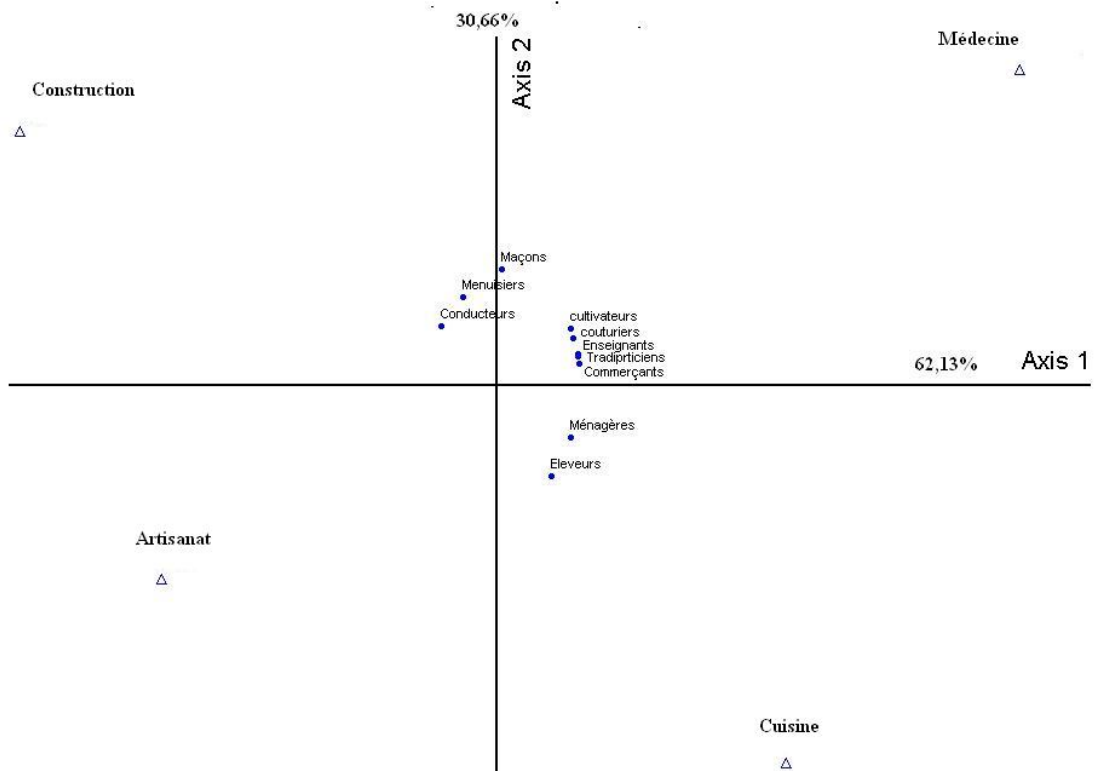
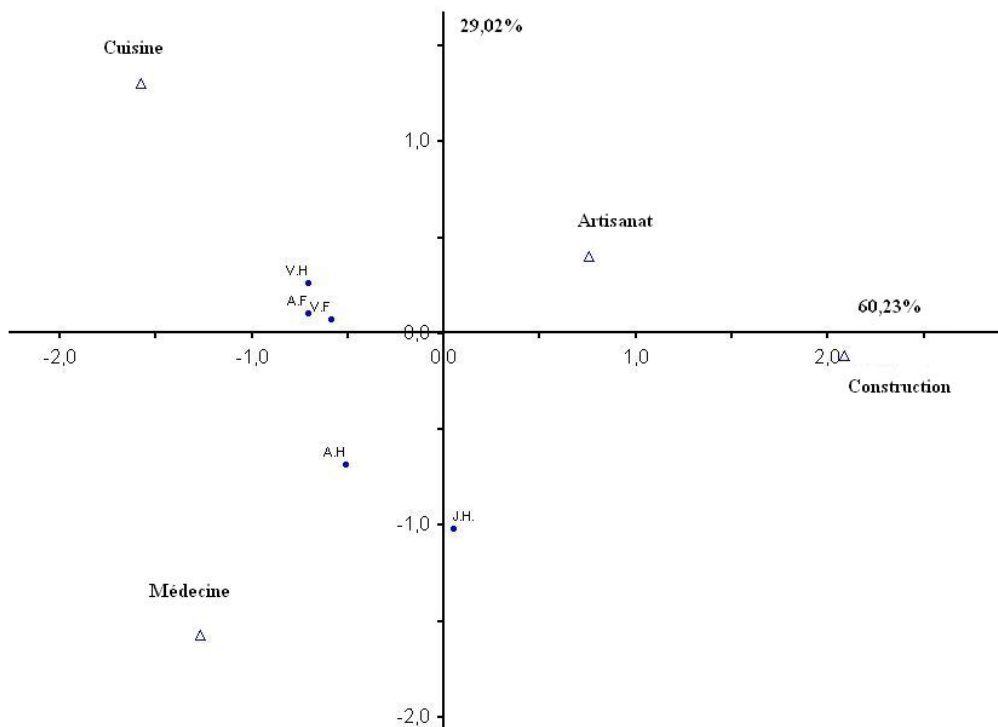


Figure 4: Plan factoriel de distribution des catégories socio-professionnelles et des usages de *C. populnea* au sein de la communauté Bobo.



A.F.: adulte femme, A.H.: adulte homme, J.H.: jeune homme, V.F.: vieille femme, V.H.: vieil homme.

Figure 5: Plan factoriel de distribution des usages de *C. populnea* et des catégories d'âge et de sexe de la communauté Bobo.

En dehors des maladies courantes, de nombreuses autres maladies sont traitées à base des organes de la plante, mais cela n'est connu que par une faible proportion des populations. Le tableau 1 présente l'ensemble des maladies recensées ainsi que les fréquences de leur citation. Ainsi, seule une infime proportion des enquêtés déclarent connaître l'utilisation des racines dans le traitement de l'anémie, de la diarrhée, l'empoisonnement, la fièvre jaune, des poussées hémorroïdaires et des œdèmes. De même, l'utilisation de la tige dans le traitement de certaines maladies telles que l'ictère, la fièvre jaune et les œdèmes est en générale très peu connue (Tableau 1).

Dans le domaine de l'artisanat, les tiges sont utilisées pour la confection de cordes résistantes à l'action des termites. Dans le domaine de la poterie, les racines sont utilisées pour boucher les fissures des récipients en argile cuite.

Dans le secteur de la construction des habitats traditionnels, les racines sont broyées et ajoutées à de la terre pour ériger des édifices qui résistent mieux aux attaques des termites.

Techniques culinaires

Plusieurs mets sont préparés à base des organes de *C. populnea*. Les techniques culinaires varient en fonction de l'organe utilisé mais également du type de transformation qu'il subit. Ainsi, il existe la sauce faite avec les fruits immatures, les feuilles fraîches et les feuilles séchées. La sauce la mieux connue est celle faite à base des fruits immatures avec une fréquence de citation de 54% (Tableau 2). Les modes de préparation des différentes sauces à base des fruits et des feuilles sont les suivants:

- *Fruits immatures*: Les fruits immatures sont utilisés pour préparer une sauce gluante. Ils sont d'abord transformés en une sorte de pâte par pilage qui est ensuite bouillie dans de l'eau à laquelle est ajoutée une petite quantité de potasse. Après ébullition pendant 15 minutes d'autres ingrédients sont ajoutés, tels que le sel de cuisine et le *soumbala* (moutarde traditionnelle faite à base de graines de *Parkia biglobosa* (Jacq.) R.Br. ex G. Don) pour obtenir la sauce.

- *Jeunes feuilles fraîches*: Il y a deux préparations principales à base des feuilles fraîches. Lorsqu'elles sont en petite quantité, les feuilles fraîches débarrassées des pétioles sont écrasées, pilées ou découpées en petites tranches et préparées en une sauce légèrement visqueuse à base d'huile, de tomate, de sésame, de niébé ou d'arachide. En grande quantité, les feuilles débarrassées des pétioles sont pilées, écrasées ou encore découpées en petites tranches puis bouillies dans de l'eau avec un peu de potasse ou de cendre. Après quelques minutes de cuisson, on y ajoute les ingrédients nécessaires comme le sel de cuisine et du *soumbala*.
- *Poudre de feuilles séchées*: La poudre obtenue par broyage des feuilles séchées est mélangée à de l'eau en ébullition dans laquelle on a préalablement ajouté un peu de potasse ou à défaut, de la cendre. On laisse bouillir pendant 15 minutes et on y ajoute les ingrédients nécessaires dont on dispose jusqu'à obtenir de la sauce gluante. Ce met n'est connu que par 9% des enquêtés.

Modes de préparations thérapeutiques

Dans la communauté *Bobo*, au moins 20 maladies sont traitées avec les organes de *C. populnea*. Les méthodes de préparation des remèdes ainsi que les modes d'administration sont indiqués dans le tableau 1. Les racines sont les plus utilisées et entrent dans 65% des recettes médicamenteuses, suivies des tiges (50%), des feuilles (30%), des fleurs (15%) et des fruits (10%). Les méthodes de préparation des remèdes sont variées. La décoction, la macération et la pulvérisation sont les trois méthodes d'extraction des principes actifs des organes. Quarante-vingt pourcent des produits issus de ces organes sont sous forme de décocté, 15% sous forme de macéré ou de décocté et 5% sous forme de poudre. Les remèdes sont administrés par voie orale (en boisson pour 20%), par voie externe (en bain pour 20%) ou par l'association des deux modes d'administration (bain et boisson pour 60%).



Photo 1: Fruits immature (A) et fruits mûrs (B) de *C. populnea*.

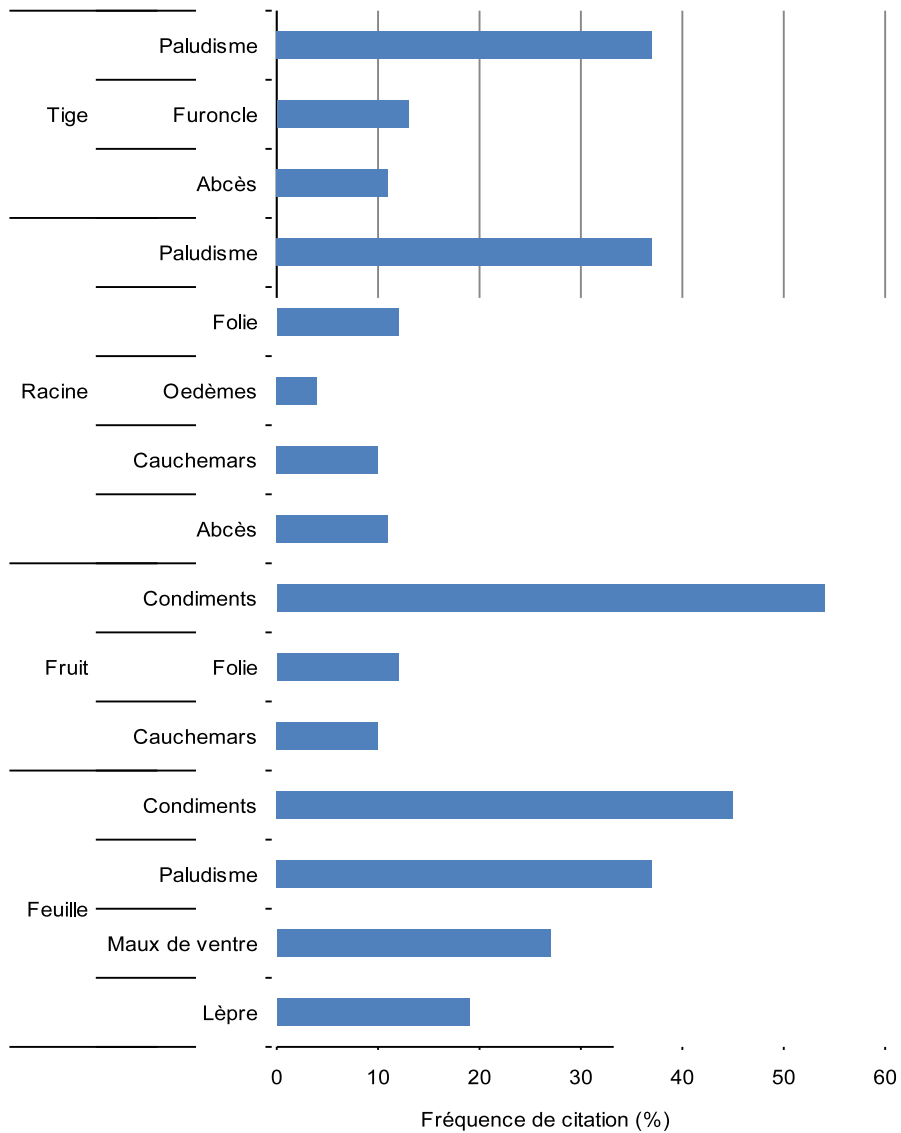


Figure 6: Les principaux usages des organes de *C. populnea* en alimentation et en médecine traditionnelle par la communauté Bobo.

Tableau 1
Usages médicaux des organes de *C. populnea* et mode d'administration au sein de la communauté Bobo.

Maladies	organes utilisés	Mode d'utilisation	P (%)
Abcès des seins après accouchement	racine, tige	Décocté Se laver et boire la décoction ;masser les seins à l'aide d'un torchon trempé dans décoction.	11
Affection du foie	tige, racine	Décocté en boisson	1
Affections oculaires (venin de serpent)	feuille	Décocté en bain; instiller le décocté dans les yeux	7
Anémie	racine	La poudre des racines en mélange avec les rhizomes de cyperus esculentus utilisé par voie orale	1
Asthénie	feuilles, racines, fleurs	Décocté de ces 3 organes en boisson	9
Blennorragie	tige	Décocté en bain et boisson	8
Cauchemars	fruit, racine	le macéré ou le décocté en bain	10
Diarrhée	racine	Décocté en boisson	1
Empoisonnement par flèche	racine	le macéré ou le décocté en boisson et en application sur la blessure	3
Entorse	feuilles, racines, fleurs	Décocté en boisson; ramolir les feuilles et les fleurs par cuisson et masser la partie atteinte	6
Fièvre jaune	tige, racine	Décocté en bain et boisson	3
Folie	fruit, racine	Macéré ou décocté en bain	12
Furoncle	tige	Décocté en bain; la poudre des tige mélangé avec le beurre de karité et frotter la partie atteinte	13
Hémorroïdes	tige	Décocté en bain et boisson	4
Hypotonie utérine	racine, tige	Décocté en bain et boisson à l'approche de l'accouchement	6
Ictère	tige	Décocté en bain et boisson	3
Lèpre	feuille	Décocté en bain et boisson	19
Maux de ventre	feuille	Décocté en bain et boisson	27
Oedèmes	racine, tige	Décocté en bain et boisson	4
Paludisme	racine, tige, feuille, fleur	Décocté en bain et boisson	37

P est la fréquence de citation.

Tableau 2
Connaissance des techniques culinaires à base des feuilles et des fruits de *C. populnea* au sein de la communauté Bobo.

Organe utilisé	P (%)	P.F. (%)	P.H. (%)
Fruits immatures	54	28	26
Jeunes feuilles fraîches	36	22	14
Feuilles séchées	9	9	0

FP: fréquence de citation de l'usage culinaire; P.F. proportion de femmes, P.H.: proportion d'hommes.

Discussion

La présente étude a permis d'analyser les connaissances sur les usages de *C. populnea* par la communauté Bobo du Burkina Faso. Les résultats montrent que les usages médicinaux de la plante sont les mieux partagés au sein des groupes socioprofessionnelles de la communauté Bobo. La bonne connaissance des usages médicinaux se justifie par le fait que la pharmacopée traditionnelle joue toujours un rôle important dans le traitement des maladies au Burkina Faso et en Afrique, de façon générale. En effet, selon Guinko (18) plus de 80% des populations africaines ont recours à la médecine traditionnelle pour se soigner. Au moins 20 maladies sont traitées avec les organes de cette plante. Pour ce qui concerne les usages culinaires, ils sont beaucoup plus connus par les ménagères qui sont des femmes s'occupant principalement de la cuisine en Afrique. L'étude a montré une méconnaissance des savoirs culinaires au sein de certains groupes professionnels tels que les menuisiers, les maçons et les conducteurs. Ces trois professions sont relativement nouvelles au sein de la communauté Bobo et sont généralement dédiées aux hommes qui ne sont plus étroitement en contact avec les ressources naturelles. Les résultats ont montré que la tranche d'âge des personnes qui connaissent encore les usages culinaires de la plante est celle adulte (plus de 30 ans). Cela suggère l'urgence de mesures conservatoires pour éviter que ce savoir culinaire se perde.

Les études qui mentionnent les usages des organes de *C. populnea* comme condiment en Afrique sont peu nombreuses. En effet, Arbonnier (5) signale que les jeunes feuilles sont utilisées comme condiment. L'utilisation des feuilles, des fruits et des graines en condiment est également rapportée par Batawila *et al.* (7). *C. populnea* est connue comme une espèce légumière de toute première importance pour la communauté Bobo à l'Ouest du Burkina Faso. Cela est attesté par la forte proportion des femmes (90%) qui connaît encore l'utilisation culinaire de ses organes. La forte utilisation des fruits par les populations de cette communauté comme condiment a valu à l'espèce d'être surnommée le «*gombo*» des Bobo dans cette localité du Burkina Faso. En plus des fruits, les feuilles sont également utilisées comme condiment de sauce par cette communauté. En réalité, presque tous les organes ont une valeur culinaire. Chez les fulbés, un peuple du Nord Cameroun, les racines sont pilées et la poudre obtenue est utilisée dans les sauces comme liant (23). Des études chimiques réalisées sur les extraits de la racine ont montré que cet organe est une source importante d'éléments minéraux tels le potassium, le sodium, le calcium, le magnésium et le zinc (25). Ces informations révèlent la valeur alimentaire de *C. populnea* et peut constituer de

bonnes raisons pour sa vulgarisation comme plante légumière. Des études phytochimiques sur les feuilles ont montré une absence de toxicité (21). Cela explique bien pourquoi, ces organes sont utilisés depuis bien longtemps par les populations Bobo dans leur alimentation sans aucune précaution particulière. Les résultats de la présente étude ont également mis en évidence les nombreuses maladies courantes qui sont traitées par les organes de *C. populnea*; ce qui peut constituer un motif supplémentaire pour sa préservation et sa vulgarisation à une large échelle. De nombreuses autres maladies traitées par cette plante ont également été mentionnées par d'autres auteurs. Selon Koné (22), le décocté des feuilles pris en boisson, soignerait également l'hypertension artérielle. De même, des investigations pharmacologiques ont attribué des propriétés hypoglycémiantes (contre le diabète) au supplément pulvérulent brut de la plante sur le rat (15). Ces deux maladies constituent aujourd'hui un problème de santé publique au Burkina Faso et même dans toute la sous-région ouest africaine. Parmi les maladies citées par la communauté Bobo comme pouvant être traitées avec certains organes de *C. populnea*, un bon nombre d'entre elles comme la lèpre et l'asthénie n'ont pas été mentionnées dans la littérature à notre connaissance. Cela atteste d'une meilleure connaissance et de l'importance utilitaire de cette espèce pour les Bobo et qui peut susciter un intérêt pour sa promotion. Au-delà des Bobo, sa valorisation peut être d'un grand intérêt pour les autres communautés car, pouvant contribuer à la sécurité alimentaire et à la préservation de la santé des populations. Des processus de revalorisation d'espèces traditionnelles ont été conduits dans certaines contrées du continent africain avec des résultats concluants (13).

Les résultats de la présente étude suscitent un intérêt pour la conservation des savoirs culinaires et médicinaux car le risque de les voir disparaître est réel et est presque certain. En effet, les trois anciens villages Bobo (Kuinima, Dioulassoba et Bolomakoté) sont de nos jours totalement engloutis par la ville cosmopolite de Bobo-Dioulasso avec, en plus, de multiples brassages socio-culturels qui créent une modification des habitudes alimentaires. Ce brassage socio-culturel est très important car, selon Werthmann et Sanogo (29), depuis l'ère coloniale, de nombreux habitants de ces anciens villages se sentent acculés, réduits à une minorité par l'arrivée massive des migrants. En outre, les générations actuelles ne disposent plus d'informations sur cette espèce dont les usages, au sein de cette frange de la population, tombent en désuétude au profit d'autres espèces légumières exotiques. Le désintérêt pour les espèces légumières locales est un phénomène généralement observé en Afrique.

En effet, Frison (13) a fait les mêmes observations en mentionnant que, ces dernières années, de nombreux légumes traditionnels sont délaissés car jugés désuets. Une étude menée en pays Soninké au Sénégal, sur la cueillette des plantes alimentaires a montré que celle-ci connaît un net recul dans les régions les plus touchées par la transformation des systèmes de production et des «modèles alimentaires» (10). Selon le même auteur, l'ensemble des changements et la multiplication des contacts avec l'agglomération de Dakar ont entraîné une modification des modèles alimentaires où se sont répandus d'autres types de sauces dans lesquelles entrent des éléments autres que ceux issus de la cueillette. Pour cet auteur, le recul de la cueillette est renforcé par le faible intérêt qu'elle rencontre dans le domaine de la recherche et du développement car, considéré comme une pratique d'un autre âge et n'étant plus adaptée à la situation actuelle. Pour lui, on peut se demander quelles pertes impliquerait un abandon de la cueillette par les sociétés africaines. Pour la présente étude, il est certainement un impératif de conserver par écrit les savoirs culinaires et médicaux de *C. populnea*. Il serait tout aussi indiqué de penser à des stratégies de promotion de cette plante - et les plantes à recettes traditionnelles d'une manière générale - auprès des jeunes en les renseignant sur leurs vertus. Sinon, on peut s'interroger à juste raison sur les pertes qu'impliquerait également l'abandon de *C. populnea* pour les Bobo en particulier et pour les autres communautés en général. Pour les Bobo, ce serait avant tout une perte d'un des éléments de leur identité socio-culturelle. Aussi, ce serait une perte en termes de diversité culinaire du Burkina Faso et d'un patrimoine de préservation de la santé humaine. La conservation et la vulgarisation du savoir culinaire et des usages médicaux de *C. populnea* peut constituer un atout évident pour sa conservation dans les formations végétales. En effet, selon Weber *et al.* (28), lorsqu'une espèce est privée de son importance traditionnelle et économique, alors elle ne pourra plus bénéficier de la protection ancestrale des communautés villageoises.

Conclusion

La présente étude a permis de mettre en évidence les savoirs sur les usages de *C. populnea* et de révéler son importance particulière chez les Bobo de l'Ouest du Burkina Faso. La plupart des organes de cette plante est utilisée dans l'alimentation et dans le traitement de nombreuses affections courantes. Au-delà de ces deux aspects, les populations de la communauté Bobo ont entretenu des rapports très étroits avec la plante.

Le recul de l'utilisation des plantes légumières de cueillette constaté partout dans les sociétés africaines, n'est pas sans conséquence sur les régimes alimentaires de ces populations et amène de nombreux auteurs à se poser des questions sur leur devenir. Les pertes qu'engendrerait un abandon des plantes locales légumières africaines interpellent de nos jours les chercheurs à s'intéresser à la préservation de ces savoirs endogènes et surtout à leur revalorisation, en les adaptant aux besoins des sociétés actuelles. S'agissant du cas singulier de *C. populnea* dans la présente étude, les travaux ont permis de capitaliser des informations de base en vue d'une possible revalorisation de cette espèce dans les ménages. Ainsi, les techniques culinaires ont été décrites permettant aux consommateurs de préparer les mets à base d'organes de cette espèce. La vulgarisation à une échelle plus importante de l'utilisation des organes de *C. populnea* dans l'alimentation des populations pourrait suivre et peut contribuer à diversifier l'alimentation des populations. Des études ultérieures doivent être menées pour évaluer l'apport nutritionnel en compléments alimentaires des fruits et des feuilles de cette plante qui sont les organes les plus utilisés en alimentation.

Remerciements

Les auteurs remercient sincèrement le Gouvernement du Burkina Faso pour avoir financé cette étude à travers les Primes de Recherche (Primes-2016). Ils remercient également T. Boalidia pour l'édition cartographique.

Références bibliographiques

1. Abdou Bouba A., 2009, *Contribution à l'étude du développement d'un aliment fonctionnel à base d'épices du Cameroun: Caractérisation physico-chimique et fonctionnelle*. Thèse de Doctorat, Université de Ngaoundéré, Ngaoundéré, 228 p.
2. Adebowale K.O., Mwokocha L.M. & Agbaje W.B., 2013, Composition of *Cissus populnea* stem. *J. Food Comp. Anal.*, **30**, 1, 41-46.
3. Adjatin A. 2006, *Contribution à l'étude de la diversité des légumes feuilles traditionnels consommés dans le département de l'Atacora au Togo*. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies, Université de Lomé, 157 p.
4. Ambé G.A., Delcarte E. & Malaisse F., 1999, Les lianes à eau, providence du villageois assoiffé en savanes soudano-guinéennes: études quantitative et qualitative de la sève de *Cissus populnea* Guill. & Perr. (Vitaceae)". *Geo-Eco-Trop.*, **23**, 107-121.
5. Arbonnier M., 2002, Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest, CIRAD-MNHN-UICN, Paris, 539 p.

6. Barthélémy C., 2005, Les savoirs locaux: entre connaissances et reconnaissance. *Vertigo*, **6**, 1.
7. Batawila K., Akpavi S., WalaK., Kanda M., Vodouhe R. & Akpagana K., 2007, Diversité et gestion des légumes de cueillette au Togo. *AJFAND*, **7**, 3, 55-68.
8. Berhaut J., 1971, *Flore illustrée du Sénégal*, Dakar, Direction des Eaux et Forêts, 626 p.
9. César J., Bouyer J., Granjon L., Akoudjin M., Guerrini L. & Louppe D., 2010, Les relictas forestières de la falaise de Banfora: un peuplement original au voisinage de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. *Bois Forêts Tropiques*, **305**, 3, 43-55.
10. Chastanet M., 1991, La cueillette des plantes alimentaires en pays Soninké, Sénégal, depuis la fin du 19^{ème} siècle. Histoire et devenir d'un savoir faire, pp 253-287. In: Dupré G. (eds.), *Savoirs paysans et développement*, Karthala, Paris, 524 p.
11. Csergo J., 2011, *Le «Repas gastronomique des Français» inscrit au Patrimoine Culturel Immatériel de l'UNESCO*. <http://www.lemangeur-ocha.com/wp-content/uploads/2012/04/CSEGO-repas-gastronomique-francais-patrimoine-unesco2.pdf>.
12. Dumas C., 2008, *Les arts culinaires: patrimoine culturel de la France*. Rapport de Synthèse n°440, Senat, Paris. <http://www.senat.fr/rap/r07-440/r07-4401.pdf>.
13. Frison E., 2005, *La biodiversité agricole: aider le monde à atteindre les objectifs du millénaire pour le développement*, pp 149-155. In: Barbault R. & Le Duc J.-P. (eds), *Biodiversité science et gouvernance*, MNHN, Paris, 319 p.
14. Gbemavo C.J.S.D., Gnangle C.P., Assogbadjo E.A. & Glèlè-Kakaï L.R., 2014, Analyse des perceptions locales et des facteurs déterminant l'utilisation des organes et des produits du *Jatropha curcas* Linn. (Euphorbiaceae) au Bénin. *Agronomie Afr.*, **26**, 1, 69-79.
15. Geidam M.A., Adoga G.I. & Sanda F.A., 2004, Effects of aqueous stem bark extract of *Cissus populnea* on some serum enzymes in normal and alloxan induced diabetic rats. *Pak. J. Biol. Sci.*, **7**, 1427-1429.
16. Guérin J.-P., 2004, *Pommes de terre et charcuteries. De tenir l'hiver à de nouvelles fonctions identitaires et touristiques*. pp 219-224. In: Saudin L. & Fabre S. (eds), *Alimentation traditionnelle en montagne, BREL, Région Autonome de la Vallée d'Aoste*, 338 p.
17. Guillet J., Bruna O. & Lemerrier S., 2005, *L'approche territoriale du développement durable: les Agendas 21 locaux, Synthèse documentaire*, Institut Régional des Techniques Documentaires) de Haute-Normandie, Paris, 46 p.
18. Guinko S., 1984, *La végétation de la Haute-Volta*, Thèse de Doctorat ès Sciences, Université de Bordeaux III, Bordeaux, 384 p.
19. Hutchinson J. & Dalziel J.M., 1958, *Flora of West Tropical Africa, Crown Agents for Overseas Governments and Administrations*, London, 527 p.
20. Keita M. & Samaké K., 2008, *Recherche sur le savoir local comme facteur de développement de la production agricole et une amélioration de la gestion des ressources naturelles*. Rapport de recherche, CEK- Kala Saba, Bamako, 56 p.
21. Kerharo J. & Bouquet A., 1950, *Plantes médicinales et toxiques de la Côte-d'Ivoire-Haute-Volta*, Vigot Frères, Paris, 300 p.
22. Koné D., 2009, *Enquête ethnobotanique de six plantes médicinales maliennes-Extraction, identification d'alcaloïdes -caractérisation-quantification de polyphénols: Etude de leur activité anti-oxydante*, Thèse de doctorat, Université de Bamako, Bamako, 188 p.
23. Malzy P., 1954, Quelques plantes du Nord Cameroun et leurs utilisations. *J. Agr. Trop. Bot. Appl.*, **1**, 148-179.
24. Mccune B. & Grace J.B. 2002, *Analysis of Ecological Communities*, Gleneden Beach, Mj M software Design, 300 p.
25. Onojah P.K., Salawu O.W., & Umar S., 2013, Proximate and Phyto Chemical Screening of *Cissus populnea*. *Res. J. Sci. IT Manage*, **2**, 3, 1-4.
26. Saul M., 1991, *Farm production in Baré, Burkina Faso: the technical and cultural framework of diversity*. pp 301-329. In: G. Dupré (eds), *Savoirs paysans et développement*, Karthala, Paris, 524 p.
27. Soladoye M.O. & Chukwuma M., 2012, Phytochemical analysis of the stem and root of *Cissus populnea* (Vitaceae) - an important medicinal plant in Coastal Nigeria. *Phytologia Balcanica*, **18**, 2, 149-153.
28. Weber N., Birnbaum P., Forget P.-M., Gueye M. & Kenfack D., 2010, L'huile de Carapa (Carapaspp., Meliaceae) en Afrique de l'Ouest: utilisations et implications dans la conservation des peuplements naturels. *Fruits*, **65**, 6, 343-354.
29. Werthmann K. & Sanogo M.-L., 2013, *La ville de Bobo-Dioulasso au Burkina Faso; Urbanité et appartenances en Afrique de l'Ouest*, Karthala, Paris, 48 p.
30. Zida H., 2009, *Monographie de la commune urbaine de Bobo-Dioulasso; recensement général de la population et de l'habitat*. Rapport d'étude, ISND, Université de Ouagadougou, Ouagadougou, 107 p.

P. Ouoba, Burkinabé, PhD, Enseignant-Chercheur, Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, Département de Sciences biologiques, Unité de formation et de recherche en sciences et techniques, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

A. Ouédraogo, Burkinabé, PhD, Enseignant-Chercheur, Université Ouaga1 Joseph Ki-Zerbo, Laboratoire de Biologie et Ecologie Végétale, Ouagadougou, Burkina Faso

S. Traoré, Burkinabé, Doctorand, Enseignant-Chercheur, Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, Département de Foresterie, Institut du développement rural. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

Effets du travail minimum du sol en sec sur la flexibilité du calendrier agricole et le rendement du maïs en zone soudanienne du Burkina Faso

K. Coulibaly^{1,2*}, E. Vall^{3,4}, K. Naudin^{5,6}, H.B. Nacro¹ & M. Havard^{2,7,8}

Keywords: Native knowledge- Natural resources- Ethnobotany- Conservation- Burkina Faso

Résumé

Les variations spatio-temporelles, la sporadicité des pluies et les poches de sécheresse rendent très aléatoire l'installation des cultures après labour dans le système technique actuel. L'objectif de notre étude était de montrer, en situation réelle de culture, l'effet de la technique de travail minimum du sol en sec sur la flexibilité du calendrier agricole en début d'hivernage et le rendement du maïs. Pour ce faire nous avons comparé le travail minimum du sol en sec (MT) et le labour conventionnel (CT) en sol humide sur les parcelles de 23 producteurs en 2010 et 17 producteurs en 2011. Les résultats montrent une diversité dans les pratiques des producteurs. De façon globale, le MT donne des rendements et des marges brutes équivalents à ceux du labour conventionnel. Le MT permet de réaliser les semis précoces et de mettre les premières pluies utiles à profit des cultures. Toutefois, le MT induit une augmentation non significative ($p>0,05$) du temps de travail par rapport au labour CT. Le MT se présente dans les exploitations à traction animale comme une technique pouvant permettre de mieux organiser le calendrier agricole surtout durant la période des semis avec des performances équivalentes au labour.

Summary

Effects of Minimum Tillage on the Flexibility of the Agricultural Calendar and on Maize Yields in the Sudanese Region of Burkina Faso

The spatial and temporal variations, the sporadic rains and drought pockets make unpredictable the installation of crops after plowing in the current technical system. The aim of our study was to evaluate, in real conditions of farming, the effect of the minimum tillage on the flexibility of the agricultural calendar at the beginning of the rainy season and on the maize yield. We compared the minimum tillage (MT) on dry soil and the conventional tillage (CT) on moist soil. These treatments were installed on plots by 23 farmers in 2010 and by 17 farmers in 2011. The results show a diversity in farmers practice. Overall, MT provides yields and gross margins equivalent to those of conventional tillage. MT makes it possible to achieve early planting and take advantage of the first useful rains. However, MT induced a non-significant ($p>0.05$) increase in working time compared to CT. MT practiced farms using animal traction can help in better organizing the crop calendar, especially during the planting period with performances equivalent to those of conventional tillage.

¹Université Nazi Boni, Institut du Développement Rural, Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la fertilité du Sol, Bobo-Dioulasso, Burkina.

²Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone Sub-humide Faso, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

³CIRAD, UMR SELMET, F-34398 Montpellier, France.

⁴SELMET, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier, France.

⁵CIRAD, UR AIDA, F-34398 Montpellier, France.

⁶AIDA, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier, France.

⁷CIRAD, UMR INNOVATION, F-34398 Montpellier, France.

⁸INNOVATION, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier, France.

*Auteur correspondant: Email: kalifacoul1@yahoo.fr

Reçu le 20.02.17 et accepté pour publication le 08.12.17

Introduction

L'agriculture du Burkina Faso est essentiellement de type pluvial. Or, nous assistons de plus en plus à une diminution des volumes pluviométriques et à des variations spatio-temporelles des pluies. Ces dernières, la sporadicité des pluies et les poches de sécheresse rendent très aléatoire l'installation des semis (13). Dans le système technique actuel marqué par l'utilisation importante de la traction animale, l'installation des cultures intervient de plus en plus tardivement après le labour. Les exploitations à traction animale utilisent généralement la charrue à soc pour le travail du sol après le passage de pluies utiles (13). Pour permettre aux exploitations agricoles de procéder à temps aux opérations de préparation du sol pour le semis, des outils et des techniques de travail du sol en sec ont été développés (2, 9, 10, 12). Sédogo *et al.* (12) ont montré que les dents de travail du sol en sec RS8 et IR12 sont destinées à intervenir sur des sols secs; elles permettent un éclatement du sol qui améliore l'humectation du profil en début de cycle. Barro *et al.* (2) ont utilisé ces outils pour la mécanisation du zaï qui est un système traditionnel de réhabilitation de la productivité des terres pauvres et encroûtées consistant à creuser manuellement des trous pour y concentrer les eaux de ruissellement et les matières organiques. Lhoste *et al.* (10) indiquent que le décompactage en sec avec le coutrier (dent en forme de pointe rigide) est intéressant pour les zones semi-arides dont les sols prennent en masse en saison sèche. Il faciliterait l'infiltration des premières pluies et permettrait un étalement des travaux de préparation des sols et un semis précoce.

Bien que ces technologies de travail du sol à l'état sec présentent des avantages, elles ne sont pas suffisamment diffusées et ne font pas l'objet d'appropriation par les producteurs. Ceci pourrait en partie être expliqué par la faible implication des paysans dans les travaux de conceptions d'innovations conduits par la recherche. Pour pallier cette insuffisance, nous avons proposé de tester en milieu réel le travail du sol en sec avec la dent IR12, en impliquant les producteurs à toutes les étapes de la recherche et de l'expérimentation. L'objectif de cet article est donc de montrer, en conditions réelles de culture, l'effet du travail du sol à l'état sec sur la flexibilité du calendrier agricole en début d'hivernage et le rendement du maïs. Pour atteindre cet objectif, la technique de travail minimum du sol en sec a été comparée au labour à la charrue à soc en sol humide, les deux étant réalisés avec la traction animale.

Matériel et méthodes

Site d'étude

L'étude a été conduite dans sept villages de la province du Tuy située à l'Ouest du Burkina Faso (Figure 1). La province du Tuy est soumise à un climat soudanien avec une pluviosité moyenne d'environ 1.000 mm par an. Les hauteurs d'eau enregistrées sont en moyenne de 1.077 ± 126 mm pour l'année 2010 et de 879 ± 109 mm pour l'année 2011. La province est caractérisée par une forte densité de population (en moyenne $41,5$ habitants km^{-2}) et une densité en unité de bovin tropical (UBT) de 45 UBT. km^{-2} .

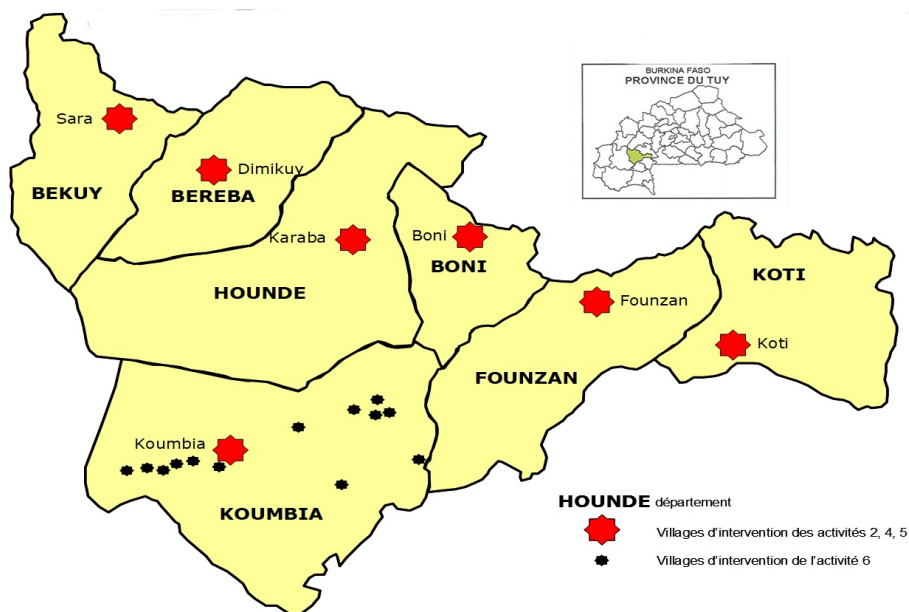


Figure 1: Province du Tuy: Villages d'intervention du projet.

Dispositif expérimental des essais

Les essais ont été conduits dans le cadre d'une démarche de recherche action en partenariat qui s'est appuyée sur des Cadres de Concertation Villageois (CCV) mis en place dans le cadre du projet Fertipartenaires (14).

Elle se déroule suivant trois phases:

- la phase de diagnostic des situations,
- la phase de recherche de solutions et
- la phase de l'expérimentation chez et par les paysans qui se divise en trois étapes qui sont l'élaboration de protocoles et de cahiers de charges, l'exécution de l'expérimentation et l'évaluation de l'expérimentation.

Les CCV ont servi de cadre d'enrôlement et de mobilisation des paysans. Le dispositif (Figure 2) est mis en place par chaque expérimentateur. Chaque parcelle élémentaire mesure 1.250 m², soit 25x50 m. Deux traitements sont comparés:

- le labour conventionnel (CT) et
- le travail minimum du sol en sec (MT).

Les essais ont été mis en place en 2010 par 23 producteurs volontaires dans les 7 villages et en 2011 par 17 producteurs dans 3 villages (Karaba, Koumbia et Founzan). Au total, 40 producteurs ont conduit les expérimentations sur les 2 ans.

Un itinéraire technique (consensuel) a été co-élaboré avec les expérimentateurs pour qu'il y ait une certaine homogénéité entre les traitements. Mais, dans les conditions des producteurs, on enregistre une diversité de pratiques. Les opérations observées par chaque expérimentateur se résument comme suit:

- Le travail conventionnel (labour) s'est déroulé selon les pratiques habituelles de l'expérimentateur avec une charrue à soc (Figure 3a).
- Le travail minimum du sol en sec (MT) qui s'est déroulé entre les mois de mai et de juin des 2 années d'études, a consisté à éclater le sol pour faire les lignes de semis avec la dent IR12 (Figure 3b).

La fumure organique est apportée dans les raies sur la partie MT et avant le labour sur la partie conventionnelle.

Le maïs (*Zea mays* L.), a été semé aux écartements de 80x40 cm. La variété locale cultivée par le producteur a été utilisée avec un cycle moyen de 100 jours. Le complexe NPK et l'urée ont été apportés sur le maïs à des doses qui variaient d'un producteur à un autre.

Variables utilisées

Les variables utilisées dans cette étude sont les variables liées à la pluviosité, aux itinéraires techniques, aux rendements du maïs et les marges brutes (Tableau 1).

La pluviosité (quantité d'eau tombée 7 jours avant le semis, 7 et 21 jours après le semis et cumul d'eau entre avril et octobre de chaque année) a été obtenue à partir de mesures à travers des pluviomètres installés dans chaque village.

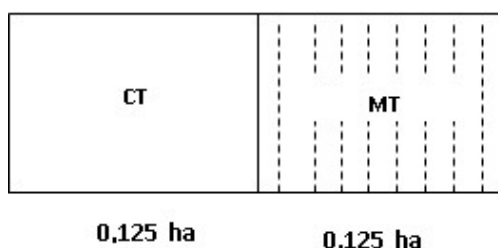
Les données sur les itinéraires techniques (les dates des travaux, les densités de peuplement, les doses de fumures organique et minérale) et sur les temps de travaux (hors récolte) ont été collectées par enquête au cours du cycle.

Les rendements en grain et en tiges du maïs ont été déterminés sur des placettes (4 par traitement) de 12 m² de façon aléatoire.

La marge brute par hectare représente la valeur de la production par hectare diminuée des charges brutes (11). La valeur de la production par hectare a été obtenue en affectant une valeur aux produits du maïs (grains, pailles), sur la base des prix moyens du marché local d'octobre à décembre (125 FCFA/kg pour le maïs grain) et après enquête auprès des producteurs (5 FCFA/kg de pailles de maïs). Les charges brutes par hectare ont été obtenues en sommant les charges élémentaires d'intrants (semences, herbicides, engrais, insecticides) et de travail (hors récolte). Le tarif pratiqué durant la période et dans la zone de l'étude pour le temps de travail a été utilisé (soit 500 FCFA pour une journée avec 1 journée correspondant à 6 heures de travail).

Analyse statistique de données

La méthode d'analyse multi-variée a été utilisée du fait qu'il y a une diversité de pratiques culturelles dans les expérimentations en milieu paysan. Une analyse en composantes principales (ACP) a été effectuée sur les données d'itinéraires techniques du traitement CT et les données pluviométriques pour les 40 producteurs. Les variables liées aux rendements du maïs et aux marges brutes ont été considérées comme des variables supplémentaires. L'ACP a permis de déterminer les variables qui contribuent beaucoup à la variabilité entre les pratiques des producteurs. Une classification ascendante hiérarchique (CAH) a ensuite été réalisée à partir du tableau des coordonnées des observations sur les axes factoriels obtenus de l'ACP. Elle a permis de constituer des groupes de pratiques culturelles homogènes. Les analyses de variance (ANOVA) ont été réalisées pour comparer les traitements (CT et MT) à l'intérieur de chaque groupe. Pour les ANOVA, le test de Newman et Keuls a permis de comparer les moyennes au seuil de 5%. Le logiciel XLSTAT version 2014.4.07 a été utilisé.



CT= labour conventionnel, MT= travail minimum du sol.

Figure 2: Dispositif expérimental par producteur.



Photos: Coulibaly K., 2017.

Figure 3: Photos des outils de travail du sol: charrue à soc (A) et dent IR12 (B).

Tableau 1
Liste des variables utilisées.

Nom des variables	Unité	Description
<i>Informations sur la pluviométrie</i>		
PLUI 7JAvS	mm	quantité d'eau tombée 7 jours avant le semis
PLUI 7JApS	mm	quantité d'eau tombée 7 jours après le semis
PLUI 21JApS	mm	quantité d'eau tombée 21 jours après le semis
PLUI AVR-OCT	mm	cumul d'eau tombée entre avril et octobre de chaque année
<i>Informations sur l'itinéraire technique</i>		
TRAV SOL	Date	Date de travail conventionnel ou du travail du sol en sec
TRAV SOL-SEMI	Numérique	Ecart entre la date de travail du sol et la date de semis
SEMI	Date	Date de semis
DENS	pieds/ha	Densité de maïs à l'hectare
SEM-SARC	Numérique	Nombre de jours entre semis et sarclage
SEM-NPK	Numérique	Nombre de jours entre semis et apport de NPK
SEM-UREE	Numérique	Nombre de jours entre semis et apport d'Urée
<i>Informations sur la fertilisation</i>		
FO	kg/ha	Quantité de fumure organique apportée
Qté NPK	kg/ha	Quantité de NPK apporté
Qté UREE	kg/ha	Quantité d'Urée apporté
<i>Information sur le temps de travail</i>		
TPS TRAV	j/ha	Temps de travail total
<i>Informations sur le rendement du maïs et la marge brute</i>		
RDT GRAIN	kg/ha	Rendement en grain de maïs obtenu à l'hectare
RDT PAILLE	kg/ha	Rendement en paille de maïs obtenu à l'hectare
MB	FCFA/ha	Marge brute calculée à partir du produit brut diminué des charges brutes

1 FCFA= 655,957 euros

Résultats

Diversité des itinéraires techniques

La figure 4 montre que le plan factoriel, constitué par les axes F1 et F2, explique 40,04% de la variabilité. Le cosinus carré des variables montre que l'axe F1 discrimine des individus en fonction des conditions de semis et de levée qui sont caractérisées par les variables pluie 21 jours après semis (PLUI 21JApS), semis (SEMI) et densité (Tableau 2). Quant à l'axe F2, il discrimine des individus en fonction des conditions d'humidité du sol au moment du semis et de l'entretien des cultures (sarclage, engrais). Cet axe est lié aux variables pluie 7 jours avant semis (PLUI 7JAvS), l'écart entre le semis et le sarclage (SEM-SARC), l'écart entre le semis et l'apport de NPK et d'urée (SEM-NPK et SEM-UREE). A partir du tableau des coordonnées des observations de ces axes factoriels obtenus de l'ACP, une classification ascendante hiérarchique (CAH) a été réalisée. Elle donne 3 groupes de pratiques et de conditions pluviométriques, avec une coupure du dendrogramme à un niveau de dissimilarité 41 (Figure 5). L'analyse des caractéristiques de ces groupes (Tableau 3), montre que le groupe 1 (n=10) a reçu plus d'eau de pluie avant le semis, mais très peu d'eau les 3 semaines qui ont suivi le semis. Ce groupe 1 a également apporté de faibles quantités d'engrais (NPK et urée).

Le groupe 2 (n=12) se caractérise par un semis précoce, des apports importants en engrais (NPK et urée) et un cumul d'eau de pluie le plus élevé sur la période d'avril à octobre.

Le groupe 3 (n=18) a reçu peu d'eau avant semis, beaucoup d'eau durant les 3 semaines qui ont suivi le semis et un cumul d'eau (avril-octobre) plus faible par rapport aux 2 autres groupes. Ce groupe 3 a observé la densité de peuplement la plus importante avec un sarclage et un apport d'engrais NPK précoces comparativement aux autres groupes. Le groupe 3 se remarque aussi au niveau de la date de semis qui est tardive par rapport au groupe 2.

Amélioration de la flexibilité du calendrier agricole en début d'hivernage par le travail minimum du sol en sec

La figure 6 montre que le travail minimum en sec (MT) permet d'effectuer le travail du sol et le semis avant le labour conventionnel (CT). Pour le travail du sol, on enregistre un écart de 12, 8 et 13 jours entre les traitements MT et CT respectivement pour les groupes 1, 2 et 3. Concernant le semis, l'écart entre les traitements MT et CT est de 9 jours pour les groupes 1 et 3; et de 1 jour pour le groupe 2. Pour le groupe 3, la différence observée entre les traitements est significative ($p < 0,05$) aussi bien pour le travail du sol et pour le semis. Cette différence n'est pas significative entre les traitements pour les groupes 1 et 2.

Effet du travail minimum du sol en sec sur le temps de travail, les rendements du maïs et la marge brute

Les résultats montrent que le travail minimum en sec augmente le temps de travail total par rapport au labour conventionnel de 54, 17 et 13% respectivement pour les groupes 1, 2 et 3 (Tableau 4). Toutefois, les augmentations de temps des opérations culturales enregistrées ne sont pas significatives ($p > 0,05$), excepté le temps de travail du sol pour le groupe 3 qui est significativement faible ($p < 0,05$) sur le MT comparé au CT. Les données sur les autres opérations culturales (transport de la fumure organique, application d'herbicide et d'engrais) ne sont pas présentées dans le tableau 4, parce qu'elles sont identiques pour les 2 traitements. Les analyses statistiques sur les rendements (Figure 7) et les marges brutes (Figure 8) ne montrent pas de différence significative entre le travail minimum du sol en sec (MT) et le labour conventionnel (CT) pour tous les 3 groupes. Toutefois, on enregistre une tendance à la baisse du rendement en grain de maïs sur le traitement MT ($1.493,11 \pm 834,71$ kg/ha) comparé au traitement CT ($1.908,82 \pm 1.238,30$ kg/ha) pour le groupe 1. Le rendement en grain est également faible sur le traitement MT ($2.425,08 \pm 1.035,88$ kg/ha) par rapport au CT ($2.665,34 \pm 1.617,18$ kg/ha) pour le groupe 2 (Tableau 5). La même tendance est observée pour les marges brutes avec des valeurs de 127.337 ± 109.728 et 229.021 ± 122.040 CFA/ha pour le MT contre 206.113 ± 149.518 et 267.051 ± 200.793 CFA/ha pour le CT respectivement pour les groupes 1 et 2 (Tableau 5). En revanche, on observe, pour le groupe 3, une tendance à la hausse du rendement en grain du maïs et de la marge brute sur le traitement MT ($2.694,84 \pm 1.412,80$ kg/ha et 241.698 ± 171.785 CFA/ha respectivement) par rapport au traitement CT ($2.606,16 \pm 1.174,76$ kg/ha et 231.531 ± 140.025 CFA/ha respectivement).

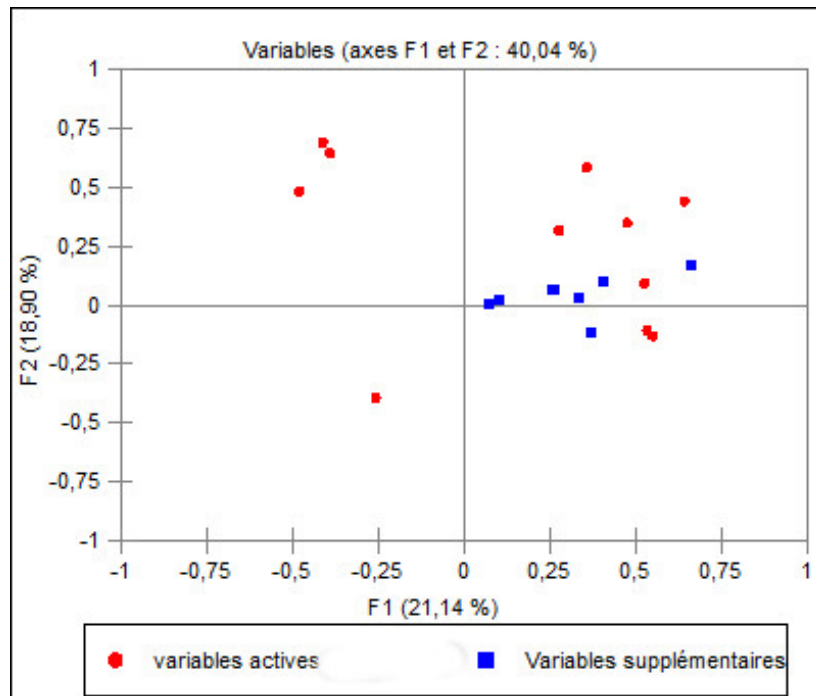


Figure 4: Projection des variables sur un plan constitué par les deux premiers facteurs (F1 et F2).

Tableau 2
Cosinus carré des variables issu de l'ACP.

Variables	F1	F2
Pluie 7 jours avant semis	0,066	0,155
Pluie 7 jours après semis	0,127	0,342
Pluie 21 jours après semis	0,412	0,196
Quantité FO	0,278	0,009
Date Semis	0,285	0,012
Densité	0,303	0,017
Ecart SEM-SARC	0,229	0,235
Ecart SEM-NPK	0,169	0,478
Ecart SEM-UREE	0,152	0,415
Quantité NPK	0,227	0,121
Quantité UREE	0,077	0,100

Tableau 3
Caractéristiques des groupes de pratiques et de conditions pluviométriques.

Variables	Groupe 1 (n = 10)		Groupe 2 (n = 12)		Groupe 3 (n = 18)	
	CT	MT	CT	MT	CT	MT
Pluie 7 jours avant semis (mm)	57 ± 31	56 ± 34	35 ± 37	38 ± 36	30 ± 18	45 ± 26
Pluie 7 jours après semis (mm)	27 ± 23	26 ± 22	34 ± 29	30 ± 22	56 ± 22	38 ± 17
Pluie 21 jours après semis (mm)	83 ± 22	94 ± 39	104 ± 28	92 ± 37	130 ± 25	116 ± 20
Quantité FO (kg/ha)	4625 ± 1033	4272 ± 1817	4402 ± 1163	4394 ± 1295	5778 ± 1800	5667 ± 1847
Densité (Nb pieds/ha)	42229 ± 6044	38604 ± 8840	36128 ± 5826	37378 ± 8948	47407 ± 8064	44606 ± 11743
Ecart SEM-SARC (Nb jours)	34 ± 10	35 ± 10	28 ± 11	26 ± 11	21 ± 9	24 ± 10
Ecart SEM-NPK (Nb jours)	28 ± 7	34 ± 12	33 ± 13	34 ± 14	23 ± 13	28 ± 13
Ecart SEM-UREE (Nb jours)	39 ± 9	52 ± 4	46 ± 11	47 ± 13	40 ± 11	45 ± 13
Qté NPK (kg/ha)	43 ± 49	47 ± 52	161 ± 55	167 ± 57	126 ± 51	124 ± 49
Qté UREE (kg/ha)	25 ± 35	21 ± 34	87 ± 32	84 ± 32	60 ± 31	57 ± 34
Cumul Pluie Avril-Octobre (mm)	1042 ± 180	1042 ± 179	1059 ± 124	1059 ± 124	881 ± 102	881 ± 102

CT= labour conventionnel, MT= travail minimum du sol.

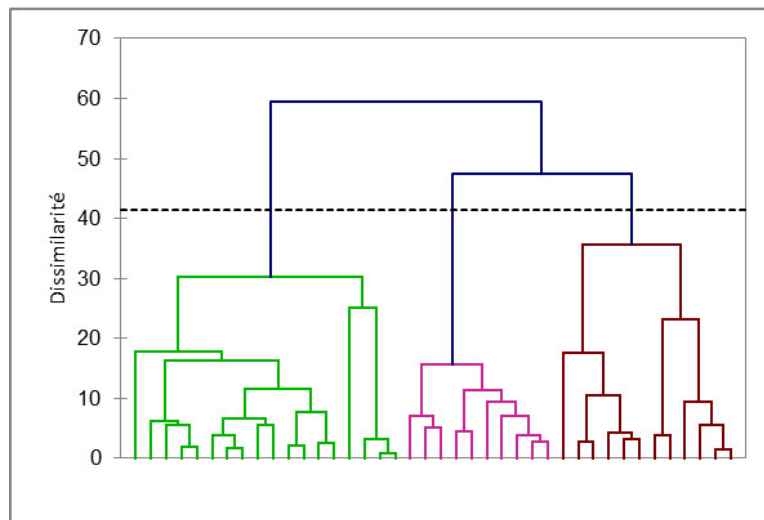
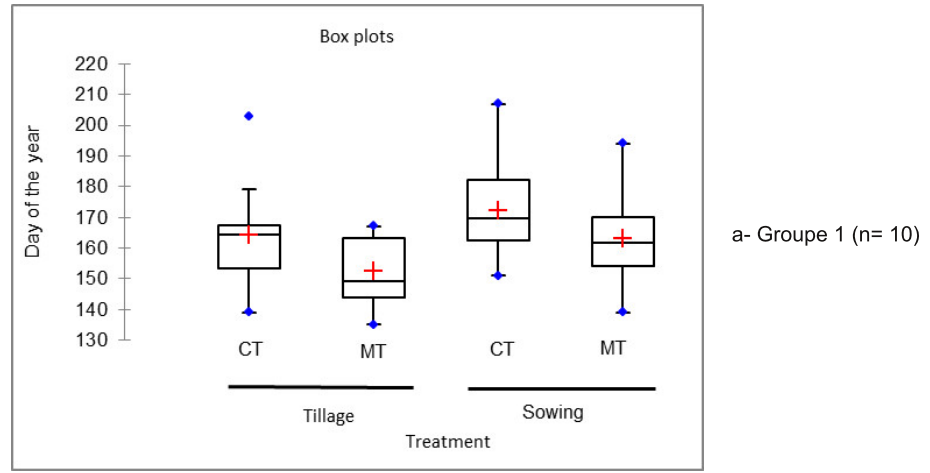
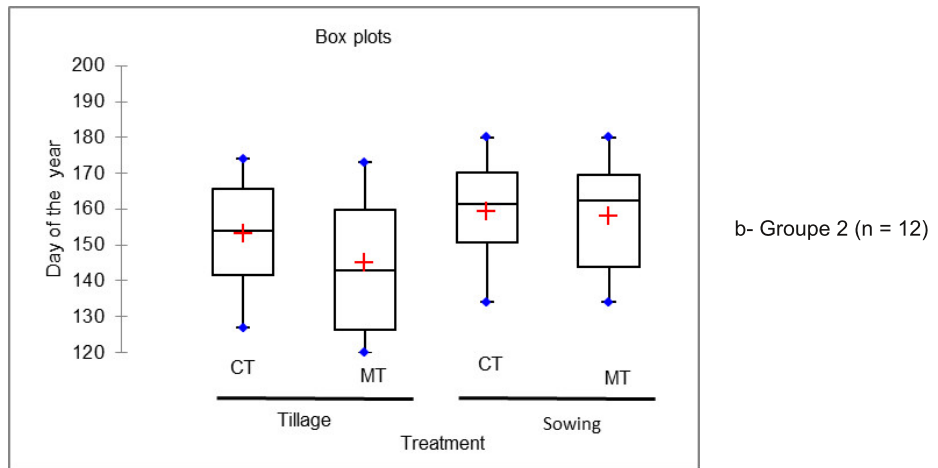


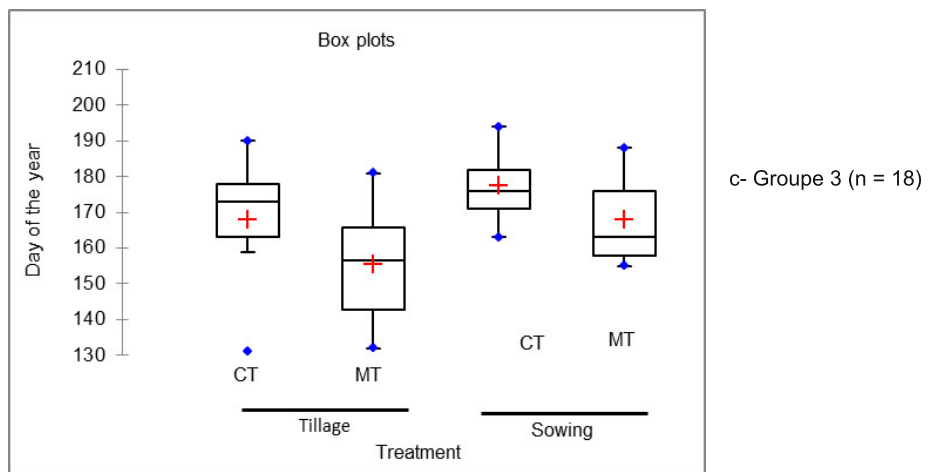
Figure 5: Classification ascendante hiérarchique des pratiques et de conditions pluviométriques (Dendrogramme).



a- Groupe 1 (n= 10)



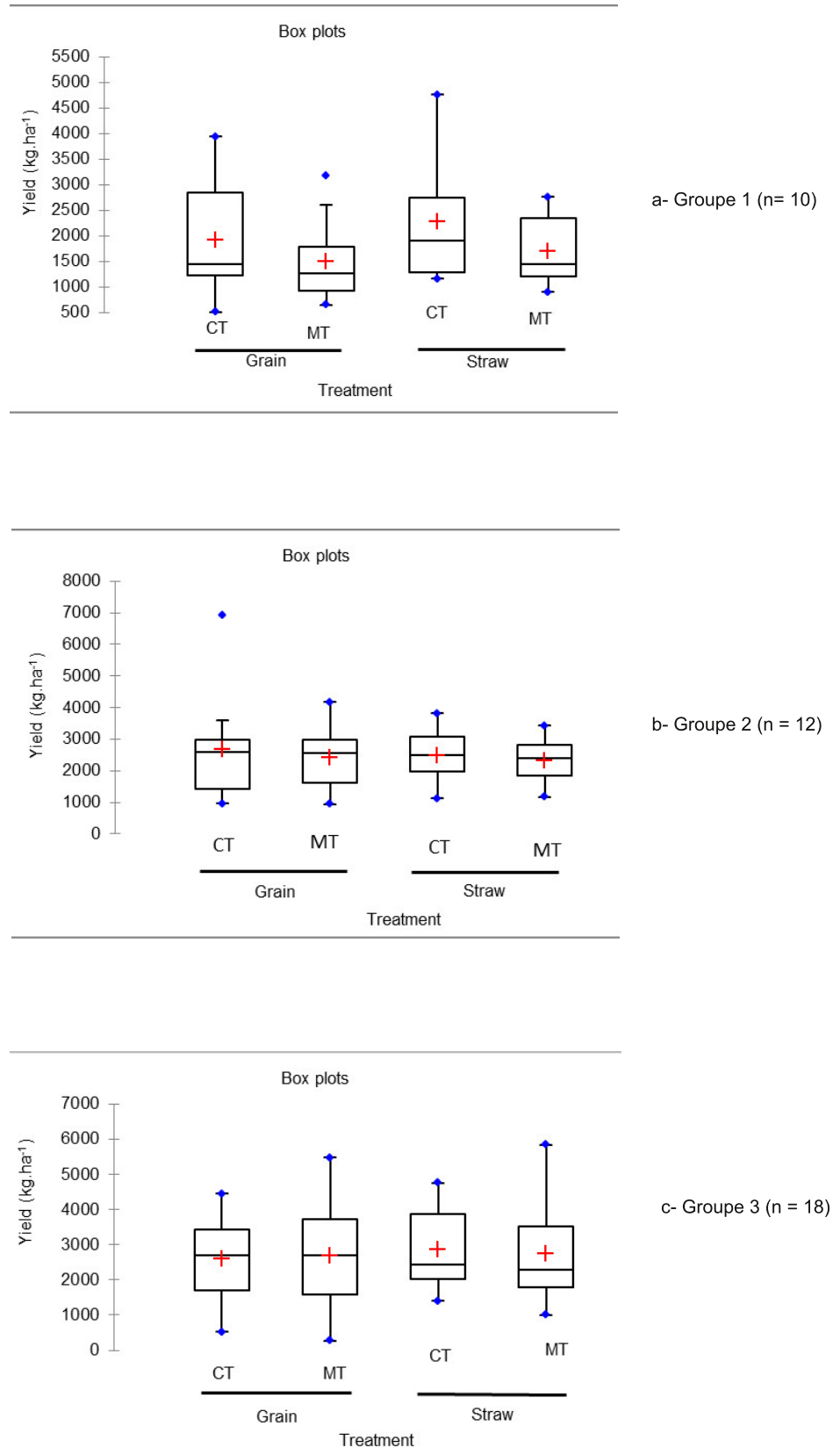
b- Groupe 2 (n= 12)



c- Groupe 3 (n= 18)

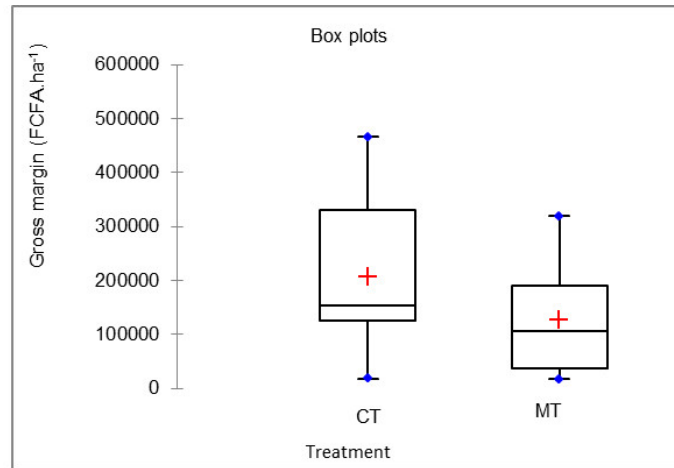
CT= labour conventionnel, MT= travail minimum du sol, Tillage= travail du sol, Sowing= semis.

Figure 6: Comparaison des dates de travail du sol et des dates de semis selon le groupe de pratiques.

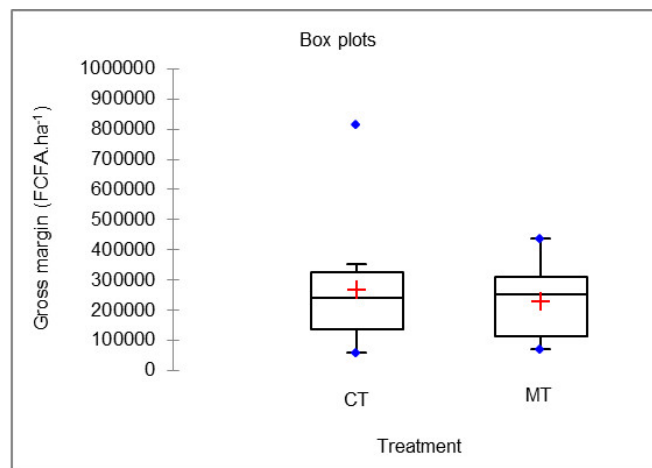


CT= labour conventionnel, MT = travail minimum du sol, Straw= paille, Yield= rendement.

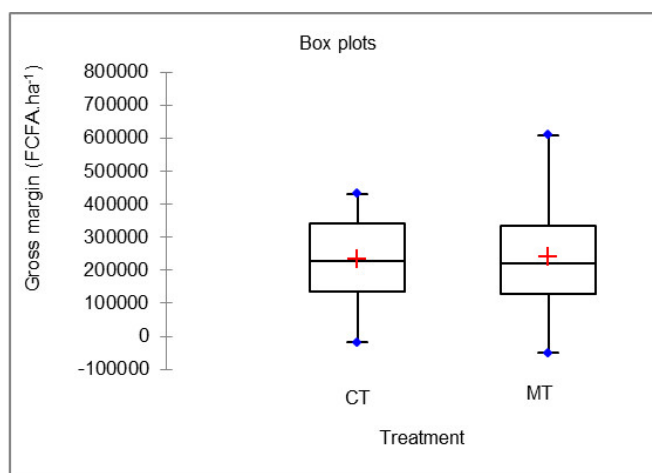
Figure 7: Effet du travail minimum du sol en sec sur les rendements du maïs.



a- Groupe 1 (n= 10)



b- Groupe 2 (n = 12)



c- Groupe 3 (n = 18)

CT= labour conventionnel, MT= travail minimum du sol, Gross margin= marge brute.

Figure 8: Effet du travail minimum du sol en sec sur la marge brute.

Tableau 4
Effet du travail minimum du sol en sec sur les temps de travaux.

	Temps de travaux	CT	MT	F	Probabilité
Groupe 1 (n = 10)	Temps travail du sol (j/ha)	6,68	4,75	0,6076	0,4458
	Temps épandage FO (j/ha)	6,00	7,49	0,2822	0,6017
	Temps sarclage (j/ha)	14,83	17,52	0,1790	0,6772
	Temps total (j/ha)	30,50	66,35	34 777	0,0786
Groupe 2 (n = 12)	Temps travail du sol (j/ha)	5,74	4,08	0,9487	0,3406
	Temps épandage FO (j/ha)	8,90	9,08	0,0019	0,9654
	Temps sarclage (j/ha)	12,25	15,30	0,3009	0,5889
	Temps total (j/ha)	40,64	48,82	0,7008	0,4115
Groupe 3 (n = 18)	Temps travail du sol (j/ha)	6,04	3,51	47 175	0,0369
	Temps épandage FO (j/ha)	8,85	10,10	0,1731	0,6803
	Temps sarclage (j/ha)	10,97	16,97	14 288	0,2402
	Temps total (j/ha)	57,19	65,47	0,6393	0,4299

CT = labour conventionnel, MT = travail minimum du sol, FO = fumure organiques.

Tableau 5
Effet du travail minimum du sol en sec sur le rendement grain et tige du maïs et la marge brute.

		CT	MT	F	Probabilité
Groupe 1 (n = 10)	RDT GRAIN (kg/ha)	1908,82 ± 1238,30	1493,11 ± 834,71	0,775	0,390
	RDT TIGE (kg/ha)	2276,19 ± 1254,97	1698,68 ± 684,18	1,62	0,218
	MB (F CFA/ha)	206 113 ± 149 518	127 337 ± 109 728	1 804	0,196
Groupe 2 (n = 12)	RDT GRAIN (kg/ha)	2665,34 ± 1617,18	2425,08 ± 1035,88	0,188	0,669
	RDT TIGE (kg/ha)	2468,23 ± 856,86	2300,99 ± 720,34	0,268	0,610
	MB (F CFA/ha)	267051 ± 200793	229 021 ± 122 040	0,314	0,581
Groupe 3 (n = 18)	RDT GRAIN (kg/ha)	2606,16 ± 1174,76	2694,84 ± 1412,80	0,042	0,839
	RDT TIGE (kg/ha)	2859,67 ± 1101,67	2745,13 ± 1399,27	0,074	0,787
	MB (F CFA/ha)	231 531 ± 140 025	241 698 ± 171 785	0,038	0,847

CT= labour conventionnel, MT= travail minimum du sol, MB= marge brute.

Discussion

La diversité d'itinéraires techniques enregistrée peut témoigner d'une adaptation des producteurs en fonction de leurs contraintes et/ou atouts (5). Ces adaptations peuvent conduire à un raisonnement des pratiques ou un changement de pratiques à l'échelle de la parcelle voire à l'échelle de l'exploitation (4). Pour notre étude, les conditions pluviométriques et la capacité de travail des exploitations peuvent être considérées comme des facteurs ayant conduit à une diversité des itinéraires techniques.

On pourrait ainsi dire pour le groupe 1 que les conditions pluviométriques étaient favorables à un travail du sol classique (labour). Cela aurait permis de réaliser les semis dans de bonnes conditions d'humidité. Toutefois, une période sèche observée après semis aurait conduit des producteurs de ce groupe 1 à développer des stratégies allant dans le sens de la baisse des apports d'engrais. Cette baisse des quantités d'engrais pourrait s'expliquer par un souci d'économie de la part des agriculteurs après un apport de fumure organique.

La baisse d'engrais pourrait aussi s'expliquer par le fait que s'il ne pleut pas suite au semis, il y a un risque que les plantes meurent et les paysans ne prennent donc pas le risque d'apporter des engrais qui seraient gaspillés si la culture échouait.

Pour le groupe 2, on peut dire que les conditions pluviométriques étaient favorables au MT, même si les agriculteurs ont observé une certaine prudence dans le semis (faible densité). On peut dire également qu'une bonne pluviosité après le semis, a encouragé les producteurs du groupe 2 à bien entretenir les cultures à travers des sarclages précoces et des apports importants en engrais.

Les données des producteurs du groupe 3 laissent penser qu'ils ont adopté les mêmes stratégies que ceux du groupe 2 dans les mêmes conditions pluviométriques avant et après semis. En revanche, le groupe 3 n'a pas pris de risque de semer dans les conditions peu humides par opposition au groupe 2. Les résultats sur l'amélioration de la flexibilité du calendrier agricole montrent que le MT présente un

avantage par rapport au labour classique dans un contexte de précarité des pluies en début de campagne. Les producteurs qui pratiquent le MT pourraient disposer d'environ une semaine pour conduire d'autres activités dans leur exploitation. Le MT pourrait favoriser aussi les semis précoces après les événements pluvieux. Dans les situations de labour conventionnel, les jours qui suivent les événements pluvieux en début de campagne correspondent aux périodes de goulot d'étranglement en travail. Cela est dû au fait que les opérations de labour doivent se faire prioritairement avant les opérations de semis qui peuvent intervenir dans des conditions d'humidité peu satisfaisantes ou de manière tardive.

L'amélioration de la flexibilité du travail par le MT se traduit par une augmentation non significative du temps de travail par rapport au labour conventionnel. Cette augmentation du travail par le MT pourrait s'expliquer par l'augmentation du temps d'épandage de la fumure organique (FO) et de sarclage comparativement au labour qui joue un rôle dans la lutte contre les mauvaises herbes. Des travaux de recherche indiquent qu'il y a un développement important de mauvaises herbes sur les parcelles de travail minimum et/ou de semis direct par rapport aux parcelles labourées (1, 8). La réalisation du travail minimum en sec exigerait plus de temps du fait des conditions d'ensoleillement difficile pour les animaux et les hommes et de la dureté du sol à l'éclatement. Les données sur les rendements et les marges brutes ne montrent pas de différences significatives entre le travail minimum du sol en sec (MT) et le labour conventionnel (CT). Nos résultats sont similaires à ceux de Hernanz *et al.* (7) qui ont comparé durant 30 ans trois systèmes de travail du sol (le travail conventionnel, le travail minimum et le zéro travail du sol) dans les conditions semi-arides de l'Espagne. Ces auteurs indiquent qu'ils n'ont pas observé de différence significative entre les rendements de cultures des trois systèmes de travail du sol. Nos résultats corroborent également ceux de Son *et al.* (13) qui montrent que le travail du sol aux dents IR12 est réalisable en conditions sèches et donne des performances équivalentes au labour à plat à la charrue à soc, en taux de levée comme en production de biomasse du cotonnier au Burkina Faso. La diversité d'itinéraires techniques observée par les producteurs s'est traduite par une diversité de leurs résultats. On pourrait dire que la stratégie adoptée par les groupes 2 et 3 (forte densité de peuplement, sarclage précoce et apport précoce d'engrais NPK) a permis d'avoir de meilleurs rendements en maïs quel que soit le traitement (rendement >2 t/ha) par rapport au groupe 1 (rendement <2 t/ha). La prudence observée par les producteurs du groupe 3 de ne pas semer dans les conditions peu humides serait un atout qui se traduirait par une augmentation non significative du rendement en grain du maïs et de la marge brute sur le traitement MT comparé au

traitement CT. On peut dire que le MT est une pratique novatrice pour les producteurs (car non pratiquée dans la zone d'étude). Il n'a pas pour objectif premier d'augmenter les rendements des cultures par rapport au labour conventionnel, mais il pourrait permettre d'effectuer un semis précoce, de valoriser les premières pluies et de mieux organiser le calendrier agricole. Selon les stratégies des producteurs, il pourrait améliorer les productions des cultures par rapport au labour conventionnel. Le MT est une alternative moins agressive pour la préparation du sol et permet d'améliorer l'utilisation de la fumure organique en la concentrant dans la ligne de semis.

Limité à la ligne de semis, il pourrait assurer une bonne conservation de la structure du sol en évitant le retournement intégral de la parcelle.

Le développement du MT avec la dent IR12 est une bonne perspective de développement de l'agriculture de conservation dont les principes sont le MT, la couverture permanente du sol et la diversification des cultures (3, 6).

Conclusion

Le présent papier montre qu'en partant d'un itinéraire technique consensuel avec les producteurs, on arrive à la fin de l'expérimentation à une diversité de pratiques liée aux conditions pluviométriques et à la capacité de travail, mais aussi à des stratégies des expérimentateurs. Les pratiques culturales qui prennent en compte un semis dans de bonnes conditions d'humidité, une densité importante de peuplement, un sarclage précoce et un apport précoce d'engrais NPK, sont celles qui permettraient aux exploitations agricoles d'engranger des rendements et des marges brutes plus importantes. De façon globale, le travail du sol en sec (MT) donne des rendements et des marges brutes équivalents à ceux du labour conventionnel. Toutefois, le MT permettrait de valoriser les premières pluies utiles et de mieux organiser le calendrier agricole par la réalisation de semis précoce. La limite du MT est l'augmentation du temps d'épandage de la fumure organique et d'entretien des cultures par rapport au labour. Il exige également que les animaux de trait soient bien alimentés durant la saison sèche pour réaliser les travaux dans les conditions sèches. Toutefois, les résultats sur les rendements du maïs augurent de bonnes perspectives pour le développement de l'agriculture de conservation dans le contexte de la zone soudanienne du Burkina Faso.

Remerciements

Les auteurs remercient la Délégation de l'Union Européenne qui a financé le projet Fertipartenaires et les acteurs impliqués dans le projet.

Références bibliographiques

1. Abdellaoui Z., Teskrat H., Belhadj A. & Zaghouane O., 2011, *Étude comparative de l'effet du travail conventionnel, semis direct et travail minimum sur le comportement d'une culture de blé dur dans la zone subhumide*. In: Bouzerzour H., Irekti B. & Vadon (Eds.), 4. *Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct*. Zaragoza: CIHEAM/ATU-PAM/INRAA/ITGC/ FERT, pp. 71-87 (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens, n° 96).
2. Barro A., Zougmore R. & Taonda J.B.S., 2005, Mécanisation de la technique du zaï manuel en zone semi-aride. *Cah. Agri.*, **14**, 6, 549-559.
3. Choudhury S.G., Srivastava S., Singh R., Chaudhari S.K., Sharma D.K., Singh S.K. & Sarkar D., 2014, Tillage and residue management effects on soil aggregation, organic carbon dynamics and yield attribute in rice-wheat cropping system under reclaimed sodic soil. *Soil Tillage Res.*, **136**, 76-83.
4. Compagnone C., Hellec F., Macé K., Morlon P., Munier-Jolain N. & Quéré L., 2008, Raisonement des pratiques et des changements de pratiques en matière de désherbage: regards agronomique et sociologique à partir d'enquêtes chez des agriculteurs. *Innov. Agro.*, **3**, 89-105.
5. Djenontin J.A., Wennink B., Dagbenongbakin G. & Ouinkoun G., 2003, *Pratiques de gestion de fertilité dans les exploitations agricoles du Nord- Bénin*. In: Jamin J.Y., Seiny Boukar L., Christian Floret C., CIRAD - PRASAC, 9 p.
6. FAO, 2013. Conservation agriculture homepage. Available at: <http://www.fao.org/ag/ca/fr/>.
7. Hernanz J.L., Sánchez-Girón V., Navarrete, L., Sánchez, M.J., 2014, Long-term (1983-2012) assessment of three tillage systems on the energy use efficiency, crop production and seeding emergence in a rain fed cereal monoculture in semiarid conditions in central Spain. *Field Crops Res.*, **166**, 26-37.
8. Kuotsu K., Das A., Lal R., Munda G.C., Ghosh P.K. & Ngachan S.V., 2014, Land forming and tillage effects on soil properties and productivity of rainfed groundnut (*Arachis hypogaea* L.) rapeseed (*Brassica campestris* L.) cropping system in northeastern India. *Soil Tillage Res.*, **142**, 15-24.
9. Le Thiec G., 1990, Le coutrier à traction animale: recherche alternative au labour en région sèche. *Cah. Rech. Dév.* **28**, 83-86.
10. Lhoste P., Havard M. & Vall E., 2010, *La traction animale. Collection Agricultures de tropicales en poche*, Quæ, CTA, Presse agronomiques de Gembloux, 223 p.
11. Ouédraogo S., 2004, Impact économique des variétés améliorées du niébé sur les revenus des exploitations agricoles du plateau central du Burkina Faso. *Tropicultura*, **21** 4, 204-210.
12. Sédogo P.M., Barro A., Bonzi M., 1998, La dent RS8 de travail de sol en sec, une alternative à la charrue. *Sci. Tech.*, **23**, 44-48.
13. Son G., Badraoui M., Kambire F., Bourarach E., 2004, Effets du travail du sol sur la levée et le développement racinaire du cotonnier sur sols ferrugineux tropicaux lessives au Burkina Faso. *Revue H.T.E.*, **129**, 51-58.
14. Vall E., Blanchard M., Koutou M., Coulibaly K., Diallo M., Chia E., Traoré L., Tani F., Andrieu N., Ouattara B., Dugué P., Autfray P., 2013, Recherche action en partenariat et innovations face aux changements globaux de l'Afrique Subsaharienne. *Agro. Afri. Numéro Spécial*, **6**, 57-66.

K. Coulibaly, Burkinabé, PhD, Maître-Assistant, Université Nazi Boni, Institut du Développement Rural, Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la Fertilité du Sol, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso; Chercheur associé, Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone Sub-humide, Unité de Recherche sur les Productions Animales, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

E. Vall, Français, PhD, Chercheur, CIRAD, UMR SELMET, F-34398 Montpellier, France; SELMET, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier, France.

K. Naudin, Français, PhD, Chercheur, CIRAD, UR AIDA, F-34398 Montpellier, France; AIDA, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier, France.

H.B. Nacro, Burkinabé, PhD, Professeur titulaire, Université Nazi Boni, Institut du Développement Rural, Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la Fertilité du Sol, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

M. Havard, Français, DEA, Chercheur, Centre International de Recherche Développement sur l'élevage en zone sub-humide, Bobo Dioulasso, Burkina Faso; CIRAD, UMR INNOVATION, F-34398 Montpellier, France; INNOVATION, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier, France.

Analyse structurale de la dynamique forestière dans la région de l'Arc Cuprifère Katangais en République Démocratique du Congo: II. Analyse complémentaire de la fragmentation forestière

S. Cabala Kaleba^{1*}, Y. Useni Sikuzani¹, Y. Amisi Mwana², J. Bogaert³ & F. Munyemba Kankumbi¹

Keywords: Spatial pattern- Fragmentation- Katangese Copper Belt- Democratic Republic of the Congo

Résumé

La recherche du bien-être social a suscité l'émergence de diverses activités anthropiques dans l'Arc Cuprifère Katangais (A.C.K.), notamment l'exploitation minière qui a entraîné une régression importante de sa couverture forestière. Cette étude a analysé la fragmentation forestière dans l'A.C.K. de 2002 à 2015, à partir des mailles de 10 km x 10 km sur base des mosaïques d'images Landsat classifiées. Les indices de structure spatiale ont permis de révéler une déforestation importante, mais aussi une reforestation dans une moindre mesure. Les forêts de l'A.C.K. sont caractérisées par une dispersion spatiale importante qui s'est amplifiée avec le temps. Pendant que la déforestation reste largement causée par le développement agricole, la consommation de bois-énergie, l'urbanisation et les activités minières, la privatisation de certaines concessions, l'inaccessibilité et l'éloignement aux grandes agglomérations expliquent la reforestation qui est principalement observée dans certaines mailles au Sud-Est et à l'Ouest. Toutefois, la menace d'anthropisation plane sur ces forêts en régénération tant que les exploitants miniers, agriculteurs et charbonniers resteront en exercice de leurs activités.

Summary

Pattern Analysis of Forest Dynamics of the Katangese Copper Belt Region in the Democratic Republic of the Congo: II. Complementary Analysis on Forest Fragmentation

The social welfare search has led to the emergence of various anthropogenic activities in the Katangese Copper Belt (K.C.B.), including mining, which has led to a significant decline in its forest cover. This study analyzed the forest fragmentation in the K.C.B. from 2002 to 2015, using a 10 km x 10 km grid overlaid on a mosaic of classified Landsat images. Pattern metrics highlighted a significant deforestation as well as a lesser extent reforestation. The K.C.B. forest are characterized by a high spatial dispersal which increased over time. The forest degradation is largely caused by agricultural development. The reforestation observed in some south-east and south-west grids is explained by factors like the energy wood consumption, the urbanization and the mining activities, the privatization of some concessions, their inaccessibility and/or remoteness to large cities. However, anthropization endangers these regenerating forests, as long as miners, farmers and charcoal producers remain in activity.

¹Université de Lubumbashi, Faculté des Sciences Agronomiques, Lubumbashi, République Démocratique du Congo.

²Université de Lubumbashi, Faculté des Sciences, Département de Géographie, Lubumbashi, République Démocratique du Congo..

³Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Gembloux, Belgique.

*Auteur correspondant: Email: sylvestrecabala@gmail.com

Reçu le 11.05.17 et accepté pour publication le 09.11.17

Introduction

La déforestation dans le monde est principalement liée à des activités humaines considérées aujourd'hui plus rentables que la préservation des forêts ou leur gestion durable (14, 18). Le phénomène de déforestation, y compris la dégradation, n'est pas récent, et concerne essentiellement les forêts tropicales (16, 17) où les conditions socioéconomiques ont une influence considérable (3, 14, 40). Dans les régions tropicales, ce phénomène est couvert par une réalité plus complexe que dans les pays développés (15, 43). En effet, la croissance démographique galopante, la pauvreté, le développement agricole et des infrastructures, l'urbanisation croissante et l'instabilité socio-politique constituent les principales causes de la fragmentation des forêts dans les régions tropicales (14, 18).

La République démocratique du Congo (R.D. Congo) a connu un contexte politique défavorable caractérisé par des conflits récurrents entraînant le déplacement des populations humaines qui cherchent refuge dans les zones boisées voisines et contraintes de s'appuyer davantage sur leur environnement naturel pour se nourrir et se loger (24, 50). D'autre part, la libéralisation du secteur minier a entraîné une importante déforestation à travers les développements infrastructurels (35, 40, 50). La zone minière de l'Arc Cuprifère Katangais (A.C.K.) n'échappe pas à cette tendance car une perte forestière intensive a été enregistrée autour des villes minières importantes, en particulier Kolwezi (16), Likasi et Lubumbashi (38, 40). De plus, Calaba *et al.* (9) ont mentionné récemment que cette déforestation est caractérisée par la dissection, la fragmentation et la suppression comme processus de transformation dominants, pendant que les informations détaillées sur la configuration des fragments de taches de forêts restent encore non explorées.

A partir de la télédétection, des systèmes d'information géographique et des indices de structure spatiale, cette étude caractérise la configuration spatiale des écosystèmes forestiers au sein de l'A.C.K. à travers les mailles de 10 km x 10 km.

Nous supposons que les écosystèmes forestiers de l'A.C.K. connaissent une forte pression anthropique qui aboutit à un isolement des unités fonctionnelles et structurales (3, 8).

Matériel et méthodes

L'A.C.K. s'étend entre 10°12' à 13°3' de latitude Sud, et 25°4' à 28°51' de longitude Est, et la zone circonscrite couvre environ 48.358 km² (7) (Figure 1). Son couvert végétal est dominé par les variantes de forêt claire zambézienne (32, 33). Les informations relatives à la description du site et aux méthodes de classification sont détaillées par Calaba *et al.* (9). Il s'agit d'images Landsat 5 (TM) et Landsat 7 (ETM+) qui ont été mosaïquées pour 2002 et Landsat 8 (OLI) pour 2015. Ces images mosaïquées ont été classifiées suivant l'algorithme du maximum de vraisemblance, sur lesquelles deux classes d'occupation du sol ont été isolées: «Forêt» et «Non Forêt» (31). L'exactitude des classifications a été évaluée à travers la précision globale et le coefficient Kappa (21, 22). Les analyses spatiales ont porté uniquement sur la classe «Forêt».

Après avoir établi une matrice de conversion cartographique, une grille à mailles de 10 km x10 km a été appliquée sur l'emprise de la zone de l'A.C.K., dont 411 mailles entières ont été prises en considération dans l'analyse (44). Cinq indices traduisant la fragmentation forestière (34) résultant de l'anthropisation du paysage ont été calculés pour chaque maille (30, 34, 44): le nombre de taches, l'aire totale, l'aire moyenne des taches, l'indice de dominance et l'indice de dispersion spatiale; ce dernier traduit la connectivité structurale des pixels représentant les aires boisées. La dispersion des pixels de forêt a été quantifiée à travers le rapport entre le périmètre total observé des pixels représentant la forêt et le périmètre maximum théorique, équivalent à 4 fois le nombre de pixels. Lorsque sa valeur tend vers 1, il y a dispersion maximale et quand elle est inférieure à 1, il y a tendance vers une agrégation (26, 34, 36).

Le taux d'évolution des indices susmentionnés a été calculé et représenté pour déterminer leurs tendances. Il s'obtient par un rapport entre la valeur obtenue par la différence des valeurs de l'indice entre deux dates (finale-initiale) sur la valeur de l'indice à la date initiale, et est exprimé en pourcentage.

Trois grandes tendances ont été valorisées: le changement positif (+0,05 à +1; la valeur de l'indice augmente), négatif (-0,05 à -1; la valeur de l'indice diminue) et le faible changement ou intermédiaire (-0,05 à +0,05; pas de changement notable).

Les valeurs relatives ont été utilisées pour caractériser l'indice de l'aire moyenne. Elles proviennent de la valeur maximale de l'indice dans la série qui vaut 1.

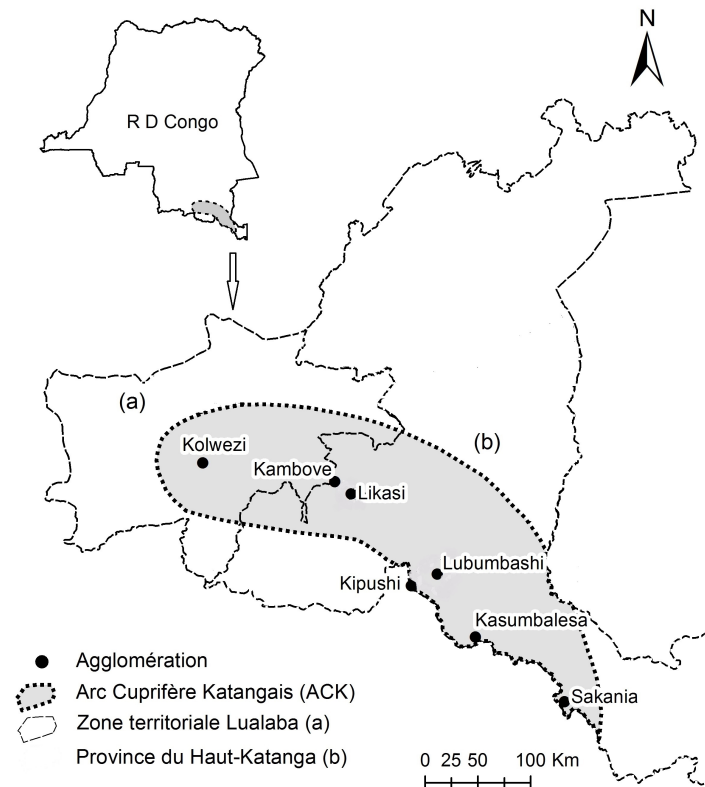


Figure 1: Délimitation approximative de la zone de l'Arc Cuprifère Katangais. Il s'agit d'une adaptation issue des cartes géologiques existantes et des missions de terrains. L'Arc Cuprifère Katangais est représenté dans les zones des provinces du Lualaba et du Haut-Katanga avec leurs grandes agglomérations.

Résultats

Cartographie et matrice de conversion

Les cartes d'occupation du sol obtenues suite aux différentes étapes de la classification des images Landsat sont présentées à la figure 2. La précision de la classification et le coefficient Kappa ont été de 98,97% et 90-95% respectivement pour les mosaïques classifiées d'images de 2002 et de 2015. Deux classes d'occupation de sol ont été valorisées: «Forêt» et «Non Forêt». La classe «Forêt» couvre une superficie inférieure à la classe «Non Forêt» qui est la matrice du paysage en 2015 et en 2002. La diminution du couvert forestier est remarquable en 2015 (41,92%) comparativement à 2002 (49,47%). Au cours de cette même période, la matrice de transition présentée sous forme cartographique a révélé une conversion de ~8%; ~34% de forêts ont été conservés.

Dynamique de la structure spatiale des écosystèmes forestiers

L'aire totale

Les proportions d'aire de la couverture forestière observées vont de 0 à 96% pour les deux dates (Figure 3). La mosaïque classifiée de 2002 (Figure 3) est majoritairement couverte par les grandes proportions de forêts dans 60% des mailles (40-100). En général, les proportions de forêts et le nombre de mailles à couverture importante de forêt diminuent entre les deux dates. Cette diminution est observée dans 61% des mailles et traduit une déforestation. Cependant, 18% des mailles présentent une tendance vers la reforestation (augmentation du couvert forestier au sein de la maille) alors que 21% des mailles accusent un changement relativement faible.

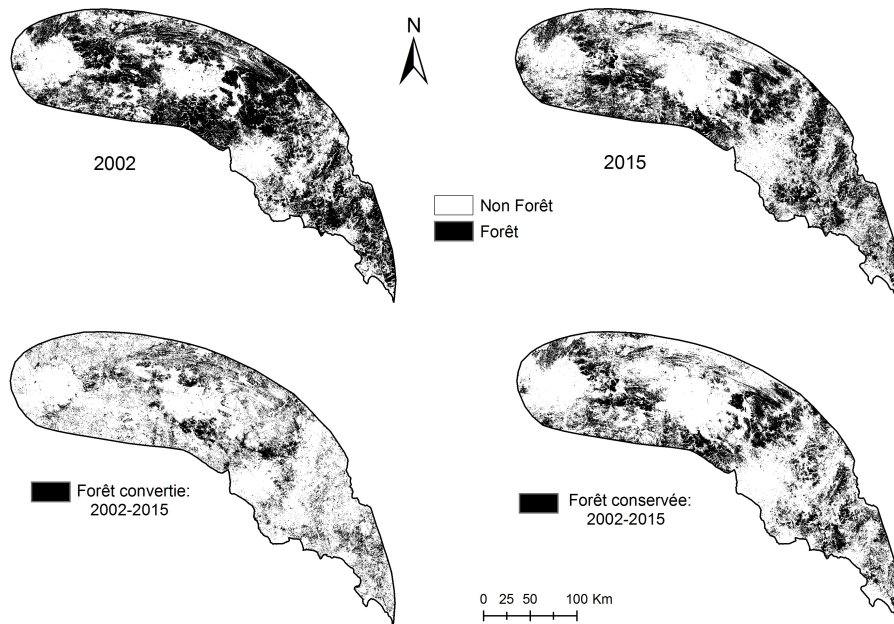


Figure 2: Cartographie de la couverture forestière de l'Arc Cuprifère Katangais pour les mosaïques classifiées de 2002 et 2015 sur base d'images Landsat TM (5), ETM+(7), OLI (8). Deux classes d'occupation de sol sont mises en évidence: «Forêt» et «Non Forêt». La classe «Forêt» couvre (49,5%) presque la même étendue que la classe «Non Forêt» en 2002 (50,5%) alors qu'en 2015, la forêt se caractérise par une régression spatiale au profit de la classe «Non Forêt». Cette régression des surfaces forestières est constatée grâce à une matrice de conversion qui met d'une part les forêts converties entre 2002 et 2015 (7,99%) et d'autre part les forêts conservées (33,96%).

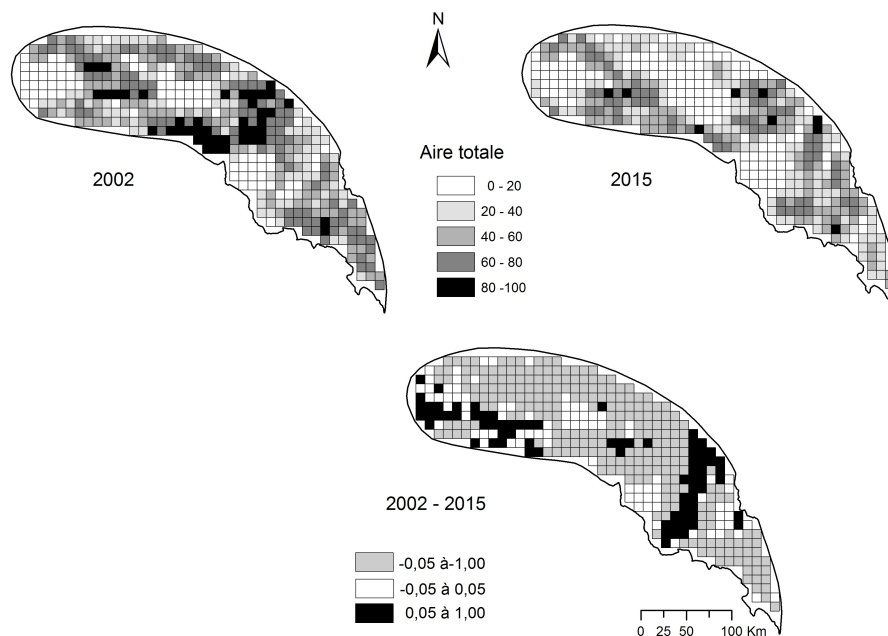


Figure 3: Evolution de la couverture spatiale de forêts en 2002 et 2015 en pourcentage. Les tendances évolutives des proportions de forêts font apparaître des valeurs positives désignant une reforestation tandis que les valeurs négatives reflètent une déforestation. Une classe intermédiaire illustre le changement relativement faible des proportions de forêts dans les mailles.

Le nombre de taches

Le nombre de taches de forêt observé pour les deux dates (2002 et 2015) va de 1 à 800 (Figure 4). Globalement, la mosaïque classifiée de 2015 est caractérisée par un nombre de taches plus élevé dans 78% des mailles comparativement à celui de la mosaïque de 2002, ce qui suggère d'un morcellement et/ou d'une apparition de nouvelles taches. Par contre, la réduction en nombre de taches pourrait indiquer une fusion et/ou une disparition des taches. En outre, une classe intermédiaire caractérisée par un faible changement dans les deux tendances est représentée dans 15 mailles.

L'aire moyenne

Les valeurs de l'aire moyenne des taches de forêts observées entre 2002 et 2015 vont de 0,7 ha à 550 ha et sont représentées en valeur relative (Figure 5). Globalement, l'aire moyenne des forêts est inférieure à 50 ha et couvre la majorité de mailles pour les deux dates (0-0,125). En outre, elle est en général plus grande pour 2002, signe de la présence de grandes taches par rapport à 2015.

Ce résultat est confirmé par le fait que 80% des mailles connaissent une dynamique régressive de l'aire moyenne, 9% un changement relativement faible pendant que 11% des mailles ont évolué vers la reforestation, caractérisées par de plus grandes taches.

Indice de dominance

Les valeurs de l'indice de dominance pour les deux dates vont de 1 à 100% (Figure 6). La mosaïque classifiée 2002 est majoritairement couverte par des mailles dont les valeurs de l'indice sont plus élevées par rapport à la mosaïque classifiée 2015. On note que 60% des mailles ont enregistré une dynamique régressive faisant signe d'une déforestation. En outre, 22% des mailles sont caractérisées par un changement relativement faible de l'indice alors que 18% des mailles font signe d'une reforestation (augmentation de l'indice de dominance).

Indice de dispersion spatiale

Les valeurs de l'indice de dispersion pour les deux dates (2002-2015) sont généralement faibles (0,009 à 0,475) (Figure 7) traduisant globalement que les pixels de forêts sont moins dispersés pour les deux dates. Toutefois, ils sont apparus davantage dispersés en 2015 comparativement à 2002, par une augmentation des valeurs de l'indice de dispersion. Ce résultat est révélé à travers le taux d'évolution de cet indice dont 4% des mailles sont caractérisées par un faible changement tandis que près de 17% des mailles ont enregistré une tendance d'agrégation de pixels contre 79% des mailles qui ont manifesté une tendance vers un éloignement des pixels de forêts.

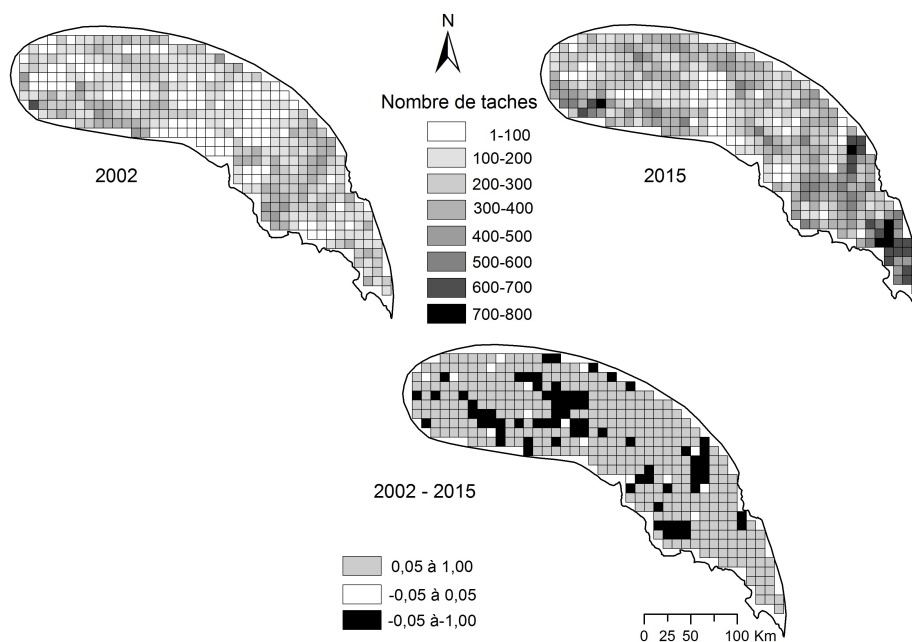


Figure 4: Evolution du nombre de taches de forêts de 2002 à 2015 dont les valeurs vont de 1 à 800. Une augmentation du nombre de taches est censée la conséquence d'un morcellement des habitats forestiers. Une diminution du nombre de taches suggère une reforestation, accompagnée d'une fusion des taches de forêt. Une classe intermédiaire entre les deux tendances est reprise pour illustrer un faible changement du nombre.

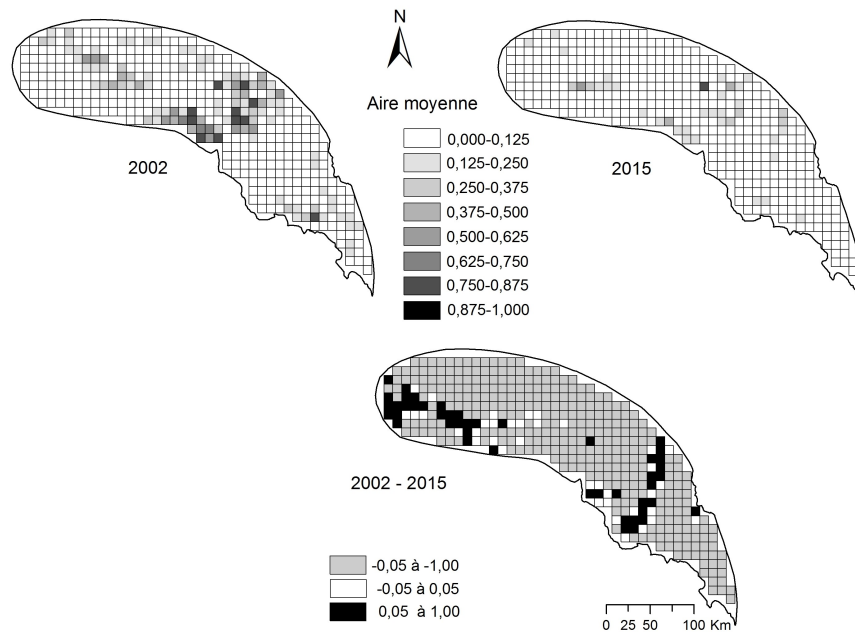


Figure 5: Evolution de l'aire moyenne des taches de forêts de 2002 à 2015 en valeur relative. Le taux d'évolution de l'aire moyenne est illustré par les mailles qui ont connu une déforestation (tendance négative), une reforestation (tendance positive) et un changement relativement peu important.

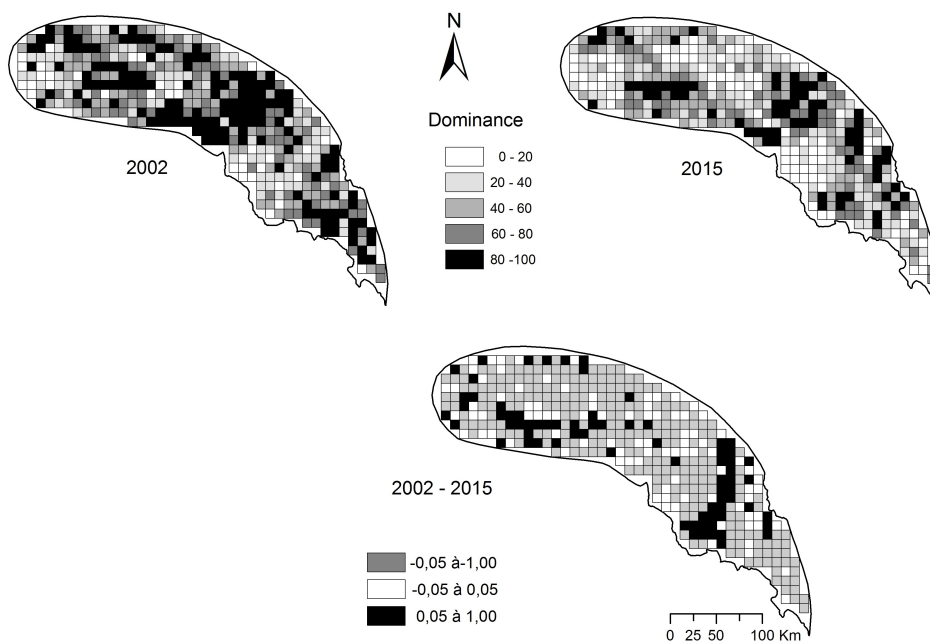


Figure 6: Evolution de l'indice de dominance des forêts entre 2002 et 2015 en pourcentage. Les tendances évolutives de cet indice font apparaître trois situations: les valeurs positives qui traduisent une reforestation, les valeurs négatives qui illustrent une déforestation et une classe intermédiaire caractérisée par des changements peu notables.

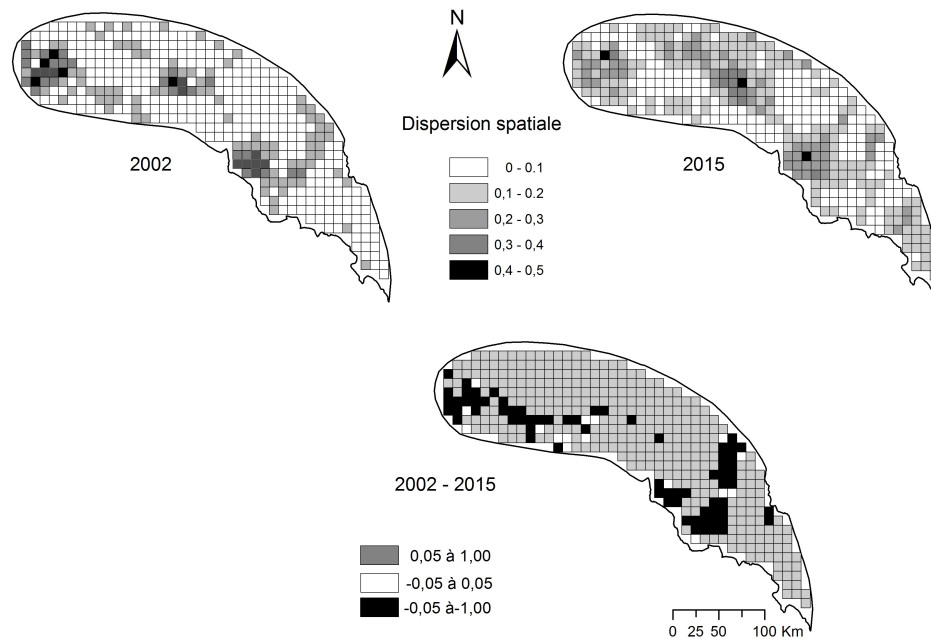


Figure 7: Evolution de l'indice de dispersion spatiale de 2002 à 2015 dont les valeurs vont de 0 à 0,5 (2002 et 2015). Les tendances positives illustrent une tendance vers une plus grande dispersion des pixels (déforestation) tandis que les valeurs négatives reflètent une agrégation des pixels (reforestation). En outre, une classe intermédiaire regroupant les mailles qui connaissent un changement peu notable de cet indice est aussi représentée.

Discussion

Pour caractériser les modifications structurales de l'occupation du sol, la cartographie, les SIG et les calculs d'indices de structures spatiales sont le plus souvent utilisés (3, 27, 39, 42). Plusieurs méthodes de classification de l'occupation du sol sont proposées.

Pour cette étude, une classification supervisée d'images Landsat à partir de l'algorithme du maximum de vraisemblance a permis d'estimer et d'identifier les caractéristiques spectrales de chaque classe (5, 12, 20, 22). L'évaluation de la classification a été faite par le biais d'une matrice de confusion (12, 20, 22) dont les valeurs du coefficient de Kappa qui en a découlé est supérieur au seuil de 85% proposé par l'USGS (United States Geological Survey) (1, 12, 22). D'autres auteurs ont fixé ce seuil à 60% sans référence aux types d'images (21, 41).

Les données de bases utilisées pour analyser la configuration spatiale des écosystèmes forestiers dans l'A.C.K. sont relatives au nombre de taches, à l'aire et au périmètre (3, 8). Ce choix d'indices a été orienté par la résolution spatiotemporelle des images satellitaires utilisées, le type de changement, le paysage lui-même et la présence d'indicateurs permanents pouvant aider à la prise de décision (2, 4, 6).

Le phénomène d'anthropisation dans un milieu naturel est généralement caractérisé par une fragmentation ou encore une dissection dans lesquelles s'observent une réduction de l'aire totale et une augmentation du nombre de taches (13, 34).

Ainsi, les indices, qui sont par ailleurs complémentaires, sont donc considérés comme des éléments essentiels dans l'analyse de la configuration du paysage (3, 16, 36, 37). Par ailleurs, la réduction de l'échelle aux mailles de 10 km x 10 km a permis de ressortir de nouvelles structures pouvant permettre d'identifier de nouveaux processus de transformation spatiale (3, 11).

Entre 2002 et 2015, les écosystèmes forestiers se caractérisent majoritairement par une déforestation, et sont donc morcelés. De nombreux auteurs affirment que les causes de la régression en quantité et en qualité des écosystèmes forestiers sont d'ordre anthropogènes (14, 15, 16, 18, 19).

Ainsi, les écosystèmes forestiers de l'A.C.K. sont en régression continue en raison notamment de l'augmentation progressive des activités anthropiques souvent occasionnées par l'émergence des activités minières (35, 45). Il y a morcellement des taches de forêts dans la majorité de mailles suggérant la présence de plusieurs processus écologiques régissant l'A.C.K. notamment: la fragmentation, la suppression et la dissection tel que l'avaient souligné Cabala *et al.* (9). Ces observations suggèrent aussi que les indices utilisés dans cette étude restent de bons indicateurs de la dynamique du paysage (3, 4, 13, 35).

Les modifications spatiales des surfaces ont eu des répercussions sur la configuration spatiale des écosystèmes forestiers. Les pixels représentant les zones boisées s'éloignent de plus en plus entre les deux dates considérées.

La conquête des sols fertiles pour l'agriculture, la coupe de bois-énergie et de plus en plus l'exploitation du bois d'œuvre seraient parmi les principales activités anthropiques qui ont été davantage facilitées par les activités minières et amplifiées par la croissance démographique durant cette décennie. Plusieurs auteurs confirment cette observation dans la région zambézienne (10, 34, 38, 40). Ces activités affectent non seulement la connectivité spatiale mais constitue une menace pour la connectivité biologique (34, 37).

Une minorité de mailles s'est démarquée par une reforestation qui s'est exprimée à travers tous les indices calculés. Il s'agit des cas isolés ou d'agglomération formant une ceinture à mailles au Sud-Est de l'A.C.K., et un petit arc à mailles à l'Ouest, qui se sont caractérisés par le regroupement des taches de forêts (agrégation) et/ou la régénération (création).

En outre, ces mailles se retrouvent dans les zones connues comme moins habitées (25, 29) et moins perturbées. Cet état serait occasionné encore par l'émergence des concessions privées et protégées (10). La conservation de quelques taches de forêts isolées a été constatée lors des missions de terrain. Ce sont des endroits sacrés, et protégés par des tabous comme les cimetières au loin des grandes agglomérations, les lieux d'incantations ou à mauvaise réputation historique.

Ces résultats obtenus corroborent l'analyse structurale effectuée par Kabulu *et al.* (28), Mwitwa *et al.* (38) et Potapov *et al.* (40) sur toute l'ex-province du Katanga et sur l'A.C.K. (9) et par Dupin *et al.* (16) dans les territoires de Mutshatsha et Lubudi. En outre, ils reflètent la réalité de la tendance de la dynamique des écosystèmes forestiers dans cette partie de la RD. Congo. L'augmentation en nombre et surfaces de sites miniers dans un temps record serait à la base des changements socioéconomiques. Les activités minières entraînent alors une série d'activités anthropiques amplifiée par la croissance démographique qui se répercutent sur le paysage (35, 38, 45).

Depuis la libéralisation du secteur minier en R.D. Congo en Juillet 2002, la déforestation continue et est permanente (16, 23, 37, 38).

Conclusion

L'analyse de la dynamique structurale des écosystèmes forestiers de l'A.C.K. a été effectuée à partir d'images Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+ et Landsat 8 OLI, datant respectivement de 2002 et 2015. Sur la carte Forêt-Non Forêt obtenue, une grille à maille de 10 km x 10 km a été appliquée pour y ressortir des données attributaires caractérisant la classe Forêt de chaque maille. Il ressort de la comparaison d'indices de structure spatiale aux dates étudiées que la déforestation est présente dans la majorité des mailles et cela a été révélé à travers le nombre de taches (78%), l'indice de dispersion (79%), l'aire totale de la classe (61%), l'aire moyenne (80%), et la dominance (60%) de la plus grande tache pour traduire une réduction de la couverture forestière. Depuis la libéralisation du secteur minier en R.D. Congo, les écosystèmes forestiers au sein de l'A.C.K., sont en dégradation continue et soutenue par les activités anthropiques exercées. En revanche, une ceinture à mailles au Sud-Est de l'A.C.K., et un petit arc à mailles dans la partie Ouest se sont mis en relief par une agrégation et/ou régénération des écosystèmes forestiers. Ceux-ci sont moins perturbés et évoluent naturellement tant que les exploitants miniers ou les paysans agriculteurs et charbonniers n'y sont pas encore installés.

Remerciements

Les auteurs remercient le Projet Interuniversitaire AI-P5 à travers l'ARES CCD pour avoir financé les travaux de terrain.

Références bibliographiques

- Anderson J.R., Hardy, E.E., Roach J.T. & Witmer R.E., 1976, *A land use and land cover classification system for use with remote sensor data*. Washington, DC: U.S. Geological Survey. No. 964.
- Baumann M., Ozdogan M, Kwemmerle T., Wendland K.J., Episova E. & Radeloff V.C., 2012, Using the landsat record to detect forest cover change and after the collapse of the Sovietic union in the temperature zone of European Russia. *Remote Sens. Environ.*, **124**, 174-184.
- Bogaert J. & Mahamane A., 2005, Ecologie du paysage: cibler la configuration et l'échelle spatiale. *An. Sci. Agron. Bénin*, **7**, 1-15.
- Bogaert J., Barima Y.S.S., Iyongo W.M.L., Bamba I., Mama A., Toyi M. & Laforteza R., 2011, *Forest fragmentation: causes, ecological impacts and implications for landscape management*. In: Li C., Laforteza R. & Chen J., (eds). *Landscape ecology and forest management: challenges and solutions in a changing globe*. Higher Education Press, Beijing and Verlag Heidelberg, Berlin: Springer, 273-296.
- Bouveyron C. & Girard S., 2009, Classification supervisée et non supervisée des données de grande dimension. *Modulad*, **40**, 82-102.

6. Brandt J.S., Kwemmerle T., Li H., Zhu G.R.J. & Radeloff V.C., 2012, Using Landsat imagery to map forest change in Southwest China in response to national logging ban and ecotourism development. *Remote Sens. Environ.*, **121**, 358-369.
7. Bruneau J.C. & Pain M., 1990, *Atlas de Lubumbashi*. Centre d'Etude Géographique sur l'Afrique Noire, Université Paris X, Nanterre, France. 201 p.
8. Burel F. & Baudry J., 2003, *Ecologie du paysage. Concepts, méthodes et applications*. Paris, France: Technique et Documentation. 359 p.
9. Cabala K.S., Useni S.Y., Sambieni K.R., Bogaert J. & Munyemba K.F., Dynamique des écosystèmes forestiers de l'Arc Cuprifère Katangais en République Démocratique du Congo. I. Causes, transformation spatiale, et ampleur. *Tropicultura*, **35**, 3, 192-202.
10. Chidumayo E.N., 1997, *Miombo ecology and management an introduction*. Stockholm Environment Institute, Southampton Row, London, 166 p.
11. Christopher J.S. & Timothy A.W., 2002, Scale and texture in digital image classification. *Photogrammetric Eng. Remote Sens.*, **68**, 51-63.
12. Congalton R.G., 1991, A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sens. Environ.*, **37**, 35-46.
13. Davidson C., 1998, Issues in measuring landscape fragmentation. *Wildlife Soc. B.*, **26**, 32-37.
14. Defourny J.-P., Delhage C. & Kibambe J.-P., 2011, *Analyse quantitative des causes de la déforestation et de la dégradation des forêts en République démocratique du Congo*. Rapport. FAO, Kinshasa, République Démocratique du Congo. FAO- RDC Coordination nationale REDD N°UNJP/DRC /041/01/2009. UCL 105 p.
15. De Wasseige C., De Marken P., Bayol N., Hiol Hiol F., Mayaux Ph., Desclée B., Nasi R., Billand A., Defourny P. & Eba Atyi R., 2012, *Les forêts du bassin du Congo: Etats des forêts 2010*. OSFAC. Office de publication de l'union européenne. Luxembourg, 276 p.
16. Dupin L., Nkono C., Buret C., Muhashi F. & Vabrabant Y., 2013, Land Cover Fragmentation Using Multi-Temporal Remote Sensing on Major Mine Sites in Southern Katanga (Democratic Republic of Congo), *Adv. Remote Sens.*, **2**, 127-139.
17. Ernest C., Mayaux P., Verhegghen A., Bodart C., Christophe M., & Defourny P., 2013, National forest cover change in Congo Basin: deforestation, reforestation, degradation and regeneration for the years 1990, 2000 and 2005. *Global Change Biol.*, **19**, 1173-1187.
18. FAO., 2011, Situation des forêts du monde. Rome. 193 p.
19. FAO., 2012, Situation des forêts du monde. Rome. 66 p.
20. Ferrandiz S., 2009, Comparaison de différentes approches d'évaluation supervisée. *Math. Soc. Sc.*, **187**, 59-77.
21. Fitzgerald R.W. & Lees B.G., 1994, Assessing the classification accuracy of multisource Remote Sensing data. *Remote Sens. Environ.*, **43**, 362-368.
22. Foody G.M., 2002, Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sens. Environ.*, **80**, 185-201.
23. Gillet P., Vermeulen C., Feintrenie L. & Dessart H., 2016, Quelles sont les causes de la déforestation dans le bassin du Congo? Synthèse bibliographique et étude des cas. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **20**, 183-194.
24. Havyarimana F., 2015, *Contribution de l'instabilité sociopolitique dans l'anthropisation des paysages au Burundi: dynamique spatiale et biodiversité*. Thèse de doctorat: Université Libre de Bruxelles, 189 p.
25. INS, 2015, *Annuaire statistique 2014 de la RDC*. Rapport annuel. Institut National de Statistique, 560 p.
26. Jaeger J.A.R., 2000, Landscape division, splitting index and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecol.*, **15**, 115-130.
27. Jawad T., Al-Bakri, Mohmmad D. & Brewer T., 2013, Application of Remote Sensing and GIS for Modeling and Assessment of Land Use/Cover Change in Amman/Jordan. *J. Geogr. Inf. Sys.*, **5**, 509-519.
28. Kabulu D.J., Bamba I., Munyemba K.F., Defourny P., Vancutsem C., Nyembwe N.S., Ngongo L.M. & Bogaert J., 2008, Analyse de la structure spatiale des forêts au Katanga. *An. Faculté Sc. Agron.*, **1**, 12-18.
29. Kalamba T., Khonde M., Ilunga N. & Mansinsa M., 1998, *Monographie de la Province du Katanga*. PNUD/UNOPS. Programme national de relance du secteur agricole et rural (PNSAR), 137 p.
30. Lajoie G., 1989, *Exploitation du carroyage pour l'analyse spatiale*. Thèse de doctorat, Université de Rouen. 201 p.
31. Lebœuf A., Samson M.P. & Paquet A., 2015, *Guide d'interprétation des mosaïques d'images Landsat*. Direction des inventaires forestiers. www.mffp.gouv.qc.ca/fr/forets/inventaire.
32. Malaisse F., 1973, Contribution à l'étude de l'écosystème forêt Claire (Miombo). Note 8. Le projet Miombo. Annales Université Abidjan. *Ecologie*, **6**, 227-250.
33. Malaisse F., 1997, *Se nourrir en forêt claire africaine. Approche écologique et nutritionnelle*. Gembloux, Belgique. Les Presses Agronomiques de Gembloux, 384 p.
34. McGarigal K. & Cushman S.A., 2002, Comparative evaluation of experimental approaches to the study of habitat fragmentation effects. *Ecol. Appl.*, **12**, 335-345.
35. Megevand C., 2013, *Dynamiques de la déforestation dans le bassin du Congo. Réconcilier la croissance économique et la protection de la forêt*. Washington, DC: World Bank.
36. Milhé N., 2003, *Contribution à l'élaboration d'indicateurs spatiaux pour des habitats naturels par l'utilisation d'indices de structure du paysage. Application à la Grande Camargue*. Mémoire DEA, Université de Provence. 73 p.
37. Munyemba K.F. & Bogaert J., 2014, Anthropisation et dynamique de l'occupation du sol dans la région de Lubumbashi de 1956 à 2009. *E-revue UNILU*, **1**, 3-23.
38. Mwitwa J., German L., Muimba-Kankolongo A. & Puntodewo A., 2012, Governance and sustainability challenges in landscapes shaped by mining: mining forestry linkages and impacts in the Copper Belt of Zambia and the DR Congo. *Forest Policy Econ.*, **25**, 19-30.

-
39. OSFAC, 2012, *Monitoring the forests of Central Africa using remotely sensed data sets (FACET)*. Atlas of forest cover and loss for 2000-2010 in the Republic Democratic of the Congo". South Dakota State University, Brookings, South Dakota, USA.
40. Potapov P.V., Turubanova S.A., Hansen M.C., Adusei B., Broich M., Altstatt A., Mane L. & Justice C.O., 2012, Quantifying forest cover loss in Democratic Republic of the Congo, 2000-2010, with Landsat ETM+ data, *Remote Sensing Environ.*, **122**, 106-116.
41. Pontius, R.G.Jr., 2000, Quantification error versus location in comparison of categorical maps. *Photogram. Eng. Remote Sens.*, **66**, 1011-1016.
42. Robin M., 2002, *Téledétection, des satellites au SIG. Une analyse complète du processus de création d'un type essentiel d'information géographique*. Nathan Université. 318 p.
43. Sannier C.A.D., McRoberts R. E., Fichet L.V., Massard K. & Makaga E., 2014, Using the regression estimator with Landsat data to estimate proportion forest cover area and net proportion deforestation in Gabon. *Remote Sensing Environ.*, **151**, 138-148.
44. Vigné P., Richard M., Mary J-F, Cahière S., Joly O. & Gourgand B., 2011, *Traitement géomatique par carreaux pour l'observation des territoires*. CERTU, Normandie-centre. CETE.
45. WRM., 2004, *L'industrie minière. Impact sur la société et l'environnement*. Monteiro, World Rain forest movement, 180 p.
-

S. Cabala Kaleba, Congolais (RDC), PhD, Professeur associé, Université de Lubumbashi, Faculté des Sciences Agronomiques, Lubumbashi, R.D. Congo.

Y. Useni Sikuzani, Congolais (RDC), PhD, Professeur associé, Université de Lubumbashi, Faculté des Sciences Agronomiques, Lubumbashi, R.D. Congo.

Y. Amisi Mwana, Congolais (RDC), PhD, Professeur associé, Université de Lubumbashi, Faculté des Sciences, Département de Géographie, Lubumbashi, République Démocratique du Congo,

J. Bogaert, Belge, PhD, Professeur ordinaire, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Gembloux, Belgique.

F. Munyemba Kankumbi, Congolais (RDC), PhD, Professeur Université de Lubumbashi, Faculté des Sciences Agronomiques, Lubumbashi, R.D. Congo.

Wild Edible Fungi from the Dense Rainforests of Ivory Coast: An Update and Notes on *Agrocybe*

C.G. Yian^{1*} & M.S. Tiebre¹

Keywords: *Agrocybe*- Taxonomy- Ecology- Ethnomycology- Edible mushroom- Ivory Coast

Summary

Based on the literature and an ethnomycological survey in the dense rainforests of Ivory Coast, the number of edible fungi of Ivory Coast now counts sixty-seven species. All species are listed and local names are given in Abidji, Bété and Gban languages. Two edible species from the genus *Agrocybe* are reported: *Agrocybe broadwayi* (Murrill) Dennis and *A. elegantior* Watling. Full morphological descriptions and illustrations are given for both taxa, as well as an identification key including most related taxa in *Agrocybe*. Ethnomycological data present basic use of these taxa and suggest that local people recently started using this species for food, particularly *A. elegantior*.

Résumé

Champignons sauvages comestibles des forêts denses humides de Côte d'Ivoire: une mise à jour et notes sur les *Agrocybes*

Sur la base d'une revue de littérature et d'un relevé ethnomycologique dans les forêts tropicales denses de Côte d'Ivoire, le nombre de champignons comestibles de Côte d'Ivoire est estimé à soixante sept espèces. Toutes les espèces sont répertoriées et les noms locaux sont donnés en Abidji, Bété et Gban. Deux espèces comestibles du genre *Agrocybe* sont rapportées: *Agrocybe broadwayi* (Murrill) Dennis et *A. elegantior* Watling. Des descriptions morphologiques complètes et des illustrations sont fournies pour ces deux taxons, ainsi qu'une clé d'identification incluant la plupart des taxons apparentés au genre *Agrocybes*. Les données ethnomycologiques présentent une utilisation de base de ces taxons et suggèrent que les populations locales ont récemment commencé à utiliser cette espèce pour l'alimentation, particulièrement *A. elegantior*.

¹University Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences, Laboratory of Botany, Abidjan, Ivory Coast.
*Corresponding author: Email: yiangooov1@gmail.com

Introduction

Wild edible mushrooms intervene in the nutrition of populations since the antiquity (22). For a multitude of African populations from rural areas, they constitute a significant supply of nutritional elements especially during starvation periods (3, 6, 26). Since several decades the use of mushrooms for food by African populations has received a growing interest from the scientific community. Among a multitude of smaller contributions, we mention here the most important ones as they deliver information of entire countries or even regions (1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 26, 29, 31, 33, 34).

In Ivory Coast, the local knowledge concerning edible fungi is understudied, with only 4 species being listed by Boa (2), i.e. *Hygrophoropsis aurantiaca* (Wulfen) Maire, *Hygrophoropsis mangenotii* Locq., *Russula* sp. and *Termitomyces striatus* (Beeli) R. Heim (21). An ethnomycological study was executed by Tiébré (30) of the Sikensi locality. Her work lists twenty-eight vernacular names and identifies fourteen species eaten by this community. Also, Kouassi (19) and Locquin (20) have conducted a study in three classified forests in the forest area. This study identified thirty one edible species with *Chlorophyllum molydites* described for the first time (19). The knowledge of local populations in Guinea savannah areas on the genus *Termitomyces* has been studied by Kouassi *et al.* (18). This study permitted to identify seven species. Despite these works, the data on edible mushrooms of Ivory Coast remain fragmentary. The role that the mushrooms play on the alimentary and social aspect of the local population is not enough documented. A study realized in the locality of Sikensi, in the Abidjan District and in Bobia (Goh Region), in forest areas of Ivory Coast has updated two new species of mushrooms of recent consumption: *Agrocybe elegantior* Watling and *Agrocybe broadwayi* (Murrill) Dennis.

Material and methods

The collecting for this study has been realized in the locality of Sikensi in rainy season from 1 may to 31 October 2014, focusing on the edible mushrooms consume by local population. Specimens have been photographed *in-situ*.

Ecological and ethnomycological information of this species was recorded on Excel datasheet. Once transported to the laboratory, the specimens have been macroscopically described according to the protocol proposed by De Román *et al.* (5). Then, some technical photographs have been taken. After drying, the specimens have been placed in plastics bags with "mini-grip" closure and deposited provisionally in the herbarium of the national center of floristic of the University of Felix Houphouët-Boigny of Abidjan and deposited definitely in the herbarium of the National Botanic Garden of Belgium.

Microscopical analysis has been accomplished with an Olympus BX51 microscope equipped with a drawing tube. Tissues were observed in ammonia or ammoniacal Congo red. Spore measurements are based on 30 spores and are given as (MINa) (Equation I).

$$[AVa-2*SD] - AVa - AVb - [AVb + 2*SD] (MAXb) \quad (I)$$

in which AVa= lowest mean value for the measured collections, AVb= greatest mean value and SD= standard deviation calculated for the measurements of one collection.

Q stands for "quotient length/width" and is given by equation II.

$$(MINQa) Qa - Qb (MAXQb) \quad (II)$$

in which Qa, resp. Qb, stand for the lowest, respectively the highest, mean quotient for the measured specimens (15, 16, 17, 27).

Results

The list of edible mushrooms of dense rain forest of Ivory Coast has been compiled based on the existing literature (14, 20, 25, 32) and supplemented by the species harvested during the campaigns realized in the forest area. Sixty species have been recorded. Among these listed species, thirteen are mentioned for the first time as edibles for the country: *Auricularia cornea* Ehrenb., *Collybia aurea* (Beeli) Pegler, *Cookeina speciosa* (Fr.) Dennis, *Coprinus africanus* Pegler, *Gymnopilus zenkeri* (Henn.) Singer, *Hohenbuehelia aurantiocystis* Pegler, *Oudemansiella canarii* (Jungh.) Höhn, *Pleurotus flabellatus* (Berk. & Br.) Sacc., *Pleurotus fuscusquamulosus* D.A. Reid & Eicker, *Pleurotus tuber-regium* (Fr.) Fr., *Schizophyllum commune* Fr; *Agrocybe elegantior* Watling, *Agrocybe broadwayi* (Murrill) Dennis. The first species mentioned have already been described in african literature as edible. The last two species *Agrocybe elegantior* Watling and *Agrocybe broadwayi* (Murrill) Dennis are mentioned for the first time as edibles for the Africa (Table 1). In this study, we decided to describe these species and present their mode of consumption.

Agrocybe elegantior Watling

Pileus 15-37 mm diam, 1 mm thick at disc, at first globose, becoming convex, finally applanate with broad and low umbo, sometimes shallowly rivulose towards the margin; surface smooth, glabrous, subviscid when young, dry when older, pale yellowish all over, in the center more brownish; margin inflexed, becoming straighter when mature, sometimes with whitish appendiculate remains of velum.

Lamellae adnexed, crowded, sinuose, with intercalated lamellulae, at first pale, then light brown, finally dark brown; margin smooth and whitish.

Table 1
Edible mushrooms of rainy dense forests of Ivory Coast.

Species	Habitat	Ecology	References	Additional specimens	Local name
1 <i>Agaricus</i> sp. L	F	Sap	(20),		
2 <i>Agaricus subsaharianus</i> L.A. Parra, Hama & De Kesel		Sap	(33),		
3 <i>Agrocybe elegantior</i> Watling	P	Sap	present study	YIAN077	Blayéré (Bété)
4 <i>Agrocybe broadwayi</i> (Murrill) Dennis	P	Sap	present study	YIAN172	
5 <i>Auricularia cornea</i> Ehrenb.	P	Sap	present study	YIAN062	Gbagô toh (Gban); Youclitrata (Bété)
6 <i>Bulgaria</i> sp. Fr	F	Sap	(20),		
7 <i>Cantharellus addaiensis</i> Henn.		Ecto	(7),		
8 <i>Cantharellus floridulus</i> Heinem.		Ecto	(7),		
9 <i>Cantharellus pseudofriesii</i> Heinem.		Ecto	(33),		
10 <i>Cantharellus rufopunctatus</i> var <i>rufopunctatus</i> (Beeli) Heinem.		Ecto	(33),		
11 <i>Chlorophyllum carminum</i> nom. prov. Kouassi	F	Sap	(19),		
12 <i>Chlorophyllum giganteum</i> nom. prov. Kouassi	F	Sap	(19),		
13 <i>Chlorophyllum miniatescens</i> nom. prov. Kouassi	Fw	Sap	(19),		
14 <i>Chlorophyllum molybdites</i> (G. Mey.) Masee	F	Sap	(19), (21)		
15 <i>Chlorophyllum rubeomarginatum</i> nom. prov. Kouassi	F	Sap	(19),		
16 <i>Collybia aurea</i> (Beeli) Pegler	F	Sap	present study	PITTA & YIAN020	
17 <i>Cookeina speciosa</i> (Fr.) Dennis	F	Sap	(29),	YIAN047	Tankoko (Gban)
18 <i>Coprinus africanus</i> Pegler	P	Sap	(19),	YIAN117	Wouinh toh (Gban); Lèglèlèlou (Bété)
19 <i>Gymnopilus zenkeri</i> (Henn.) Singer	P	Sap	(29),	YIAN104	Yéréyé (Gban); Dabadjrè (Bété)
20 <i>Hohenbuehelia auranticystis</i> Pegler	P	Sap	present study	YIAN139	Kpèsrin (Gban); Kpatra (Bété)
21 <i>Hygrophoropsis aurantiaca</i> (Wulfen) Maire		Ecto	(2), (33)		Possibly Camrophyllum, see Heinemann (1963)
22 <i>Hygrophoropsis mangentii</i> Locq.		Ecto	(26), (2), (33), (21)		
23 <i>Lactifluus gymnocarpus</i> (R. Heim ex Singer) Verbeken		Ecto	(33),		
24 <i>Lactifluus gymnocarpoides</i> (Verbeken) Verbeken		Ecto	(33),		
25 <i>Lactocollybia angiospermarum</i> singer		Sap	(29),		
26 <i>Lentinus</i> aff. <i>atrobrunneus</i> Pegler	F, P, J	Sap	(20), (33)		Indépendance (commonly used); Nambè-nankpian (Gban); Gômi (Bété)
27 <i>Lentinus</i> aff. <i>brunneofloccosus</i> Pegler	F, P, Fw	Sap	(20), (33)		Indépendance (commonly used); Nambè-nankpian (Gban); Gômi (Bété)
28 <i>Lentinus</i> sp. Fr	F, P, Fw	Sap	(20),		Indépendance (commonly used); Nambè-nankpian (Gban); Gômi (Bété)
29 <i>Lentinus squarrosulus</i> Mont.	F, P, Fw	Sap	(29), (20), (33)	YIAN072	Indépendance (commonly used); Nambè-nankpian (Gban); Gômi (Bété)
30 <i>Lepiota</i> sp 1 (Pers.) Gray	F	Sap	(20),		
31 <i>Lepiota</i> sp 2 (Pers.) Gray	F, P, Fw	Sap	(20),		
32 <i>Leucoagaricus</i> cf. <i>americanus</i> (Peck) Vellinga	P	Sap	(20),		

33	<i>Leucoagaricus sp</i> Locq. ex Singer		Sap	(20),		
34	<i>Leucocoprinus cretatus</i> (Bull.) Locq.	P	Sap	(20),	YIAN105, Tiétiékou (Gagnoa)	Pôpôgoua (Gban); Troglé popa (Bété)
35	<i>Leucocoprinus elaeidis</i> (Beeli) Heinem	P	Sap	(20),		
36	<i>Macrolepiota dolichaula</i> (Berk. & Broome) Pegler & R.W. Rayner	P	Sap	present study	YIAN126, bobia (Gagnoa)	
37	<i>Macrolepiota sp</i> Singer		Sap	(20),		
38	<i>Marasmiellus inoderma</i> (Berk.) Singer	P	Sap	(20),	YIAN129, Tiétiékou (Gagnoa)	Kpètrè (Gban); Gadja (Bété)
39	<i>Marasmius gardneri</i> Singer	F	Sap	(29),		
40	<i>Marasmius haediniformis</i> Singer	P	Sap	(29),		
41	<i>Marasmius nodulocystis</i> Pegler	P	Sap	(29),		
42	<i>Mycena cf. alcalina</i> (Fr. ex Fr.) Kummer	F	Sap	(29),		
43	<i>Oudemansiella canarii</i> (Jungh.) Höhn.	P	Sap	present study	YIAN108, Tiétiékou (Gagnoa)	
44	<i>Phlebopus sudanicus</i> (Har. & Pat.) Heinem.	F	Sap	(20),		
45	<i>Pleurotus cystidiosus</i> O.K. Mill.	P	Sap	(20),		
46	<i>Pleurotus flabellatus</i> (Berk. & Br.) Sacc.	P	Sap	present study	YIAN109, Bobia (Gagnoa)	Kpèsrin (Gban); Kpatra (Bété)
47	<i>Pleurotus fuscosquamulosus</i> D.A. Reid & Eicker	P	Sap	present study	YIAN153, Forêt classée de la Téné	
48	<i>Pleurotus sp1</i> (Fr.) P. Kumm.		Sap	(33),		
49	<i>Pleurotus sp2</i> (Fr.) P. Kumm.		Sap	(33),		
50	<i>Pleurotus tuber-regium</i> (Fr.) Fr.	P	Sap	present study	YIAN107	Boutroua (Gban); Boutroua (Bété)
51	<i>Pluteus cf. congolensis</i> Beeli	F	Sap	(20),		
52	<i>Psathyrella atroumbonata</i> Pegler	F, P, Fw	Sap	(20),		
53	<i>Psathyrella piluliformis</i> (Bull.: Fr.)	F	Sap	(29),		
54	<i>Psathyrella tuberculata</i> (Pat.) A.H. Sm.	F, P, Fw	Sap	(20), (33)	YIAN041, Abidjan	Kpôtro (Gban); Kpatro (Bété)
55	<i>Russula sp.</i> (white species) Pers.	F	Ecto	(2), (20), (33)		
56	<i>Schizophyllum commune</i> Fr.	F, P, Fw	Sap	present study	YIAN100, Onahio (Gagnoa)	Koitrè (godié/Bété)
57	<i>Termitomyces eurhizus</i> (Berk.) R. Heim	F	Sym	(18), (33)		
58	<i>Termitomyces fuliginosus</i> R. Heim	F	Sym	(18), (33)		
59	<i>Termitomyces le-testui</i> (Pat.) R. Heim	F, P, Fw, Sv	Sym	(26), (20), (18), (33), (13)		
60	<i>Termitomyces medius</i> R. Heim & Grassé	F, Fw, Sv	Sym	(29), (20), (18), (7)	YIAN080, Mahinadopa	Tohatoh (Gban); Dogodjèdjè, Glèglè (Bété); M'po m'po (Abidji)
61	<i>Termitomyces microcarpus</i> (Berk. & Broome) R. Heim	F	Sym	(20),		
62	<i>Termitomyces schimperi</i> (Pat.) R. Heim	P	Sym	(29), (33)	YIAN147, Gagnoa	Vié toh (Gban)
63	<i>Termitomyces striatus</i> (Beeli) R. Heim		Sym	(14), (25), (33)		
64	<i>Tubosaeta brunneosetosa</i> (Singer) E.Horak		Sym Ecto	(20),		
65	<i>Volvariella acystidiata</i> N.C. Pathak	F, P, Fw	Sap	(20),		
66	<i>Volvariella volvacea</i> (Bull.) Singer	P	Sap	(29), (20), (33)	YIAN040, Benkro	Kpôlor (Gban and Bété)
67	<i>Volvolpluteus earlei</i> (Murrill) Vizzini, Contu & Justo	P	Sap	(20), (33)	YIAN137, Benkro	Kpôlor gbé (Gban)

F: forest ; P: plantation; Fw: Fallow; Sv: savannah; Ecto: ectomycorrhizal; Sap: saprotrophic; Sym: symbiotic.

Stipe 20-90 × 2-3 mm, cylindrical, with inflated base, fistulose; surface silky and fibrous, glabrous, white to pale yellow, non-changing when bruised; annulus membranous, fragile, white, often not persistent. Context firm, white, unchanged when cut. Odor mushroom-like. Taste more or less sweet. Spore print brown.

Spores (9.7-)9.7-10.7-11.7(-11.9) × (5.9-)6.0-6.8-7.5(-7.4) μm ; Q= (1.46-)1.41-1.58-1.75(-1.76) {N=34}, ellipsoid, without suprahilar depression, smooth, brown, thick-walled, with truncate apex and well differentiated germ pore.

Basidia (16-)16.3-19.2-22(-20.7) × (7.9-)7.7-8.7-9.7(-9.6) μm , relatively short, clavate to broadly clavate, hyaline, smooth, 4-spored.

Cheilocystidia (17.9-)11-27.3-43.6(-43.4) × (8.9-)3.7-15.5-27.3(-28,1) μm {N=20}, variable, mostly ovoid, pyriform or broadly clavate with a thin base, hyaline, smooth.

Pleurocystidia absent.

Pileipellis a single-layered epithelium composed of spheropedunculate elements, in slides often mixed with variously formed inflated elements of (16.4-) 6.7-26.9-47.1(-57.8) × (10.9-)10.1-17.5-25(-25.9) μm , smooth, hyaline, sometimes with slightly thickened walls, originating from hyaline cylindrical hyphae 4–13 (–15) μm , not or slightly constricted at the septa. Clamp connections most frequent in stipe tissue, infrequent elsewhere (Figures 1, 2).

Material examined

Ivory Coast, Sikensi, N5°39'23.6"-W4°34'44.0", alt. 92.9m, 31 October 2014, Yian 077 (BR).

Ecology

Gregarious species; the fruit bodies grow on soil in plantations of *Hevea brasiliensis*. This species grow on soil rich in organic matter completely decomposed. The species appears during the rainy season, i.e. from April to July and from October to November.

Ethnomycology

In Ivory Coast, *Agrocybe elegantior* is consumed by the local community Abidji of the Sikensi and Bakanou villages. According to information provided by the local population, the species is recently entered the diet of Abidji and is sold on the local market at 50 francs CFA (0.91 USD) per unit. A unit corresponds with what a hand can grab, i.e. about 20 mature fruit bodies. The vernacular name in Abidji is "Akpôroudou". "Akpo" means road and "roudou" means mushroom. The reasons for the choice of this name are twofold. First, the name is given because the species grows abundantly on bare soil and dead wood stumps along roads. The second reason is that this species appears in large numbers and over a wide area, making reference to the extent of a highway. Women prepare the fruit bodies by washing off the sand and dirt from the base of the stipe.

Then the fruit bodies are crushed or left in full and added straight to the ingredients used for making the sauces "gombo", aubergine or palm seeds (*Elaeis guineensis* Jacq.).

Agrocybe broadwayi (Murrill) Dennis

Description

Pileus 16-38 mm diam., at first globose, becoming convex, then applanate to slightly depressed at maturity; surface smooth, glabrous, dry when young, soon entirely pitted or with small cavities on the surface, sometimes cracking, pale yellowish all over, whitish in the cracks; margin inflexed when young, becoming straighter and cracked when mature.

Lamellae first adnate, becoming slightly emarginate, leaving a rugulose zone around the stipe, more or less thick, simple, first pale brown, becoming darker brown, with deeply eroded and concolorous edge.

Stipe 28-89 × 3-4 mm, cylindrical, inflated at the base, fibrous surface, white, non-changing when touched, annulus absent.

Context firm, white, unchanged when cut. Odor null.

Taste sweet.

Spore print brown.

Spores (12.1-)12.3-14.1-15.9(-15.9) × (7.1-)7.1-7.7-8.3(-8.4) μm ; Q= (1.61-)1.63-1.83-2.03(-2.08) {N=30}, ellipsoid, with a feeble suprahilar depression, smooth, brown, thick-walled, with truncate apex and well differentiated germ pore.

Basidia (23.2-)22.2-27.8-33.5(-33.1) × (10-)10-11.2-12.4(-12.3) μm , clavate to broadly clavate, hyaline, smooth, with 2, 3 or 4 sterigmata.

Cheilocystidia (35.8-)33.7-44.9-56.1(-53.9) × (11.6) 10.4-20.6-30.8(-30) μm {N=15}, variable, ovoid, pyriform or broadly clavate, sometimes broadly mucronate, with a narrow base, hyaline, smooth or with debris at the apex.

Pleurocystidia absent.

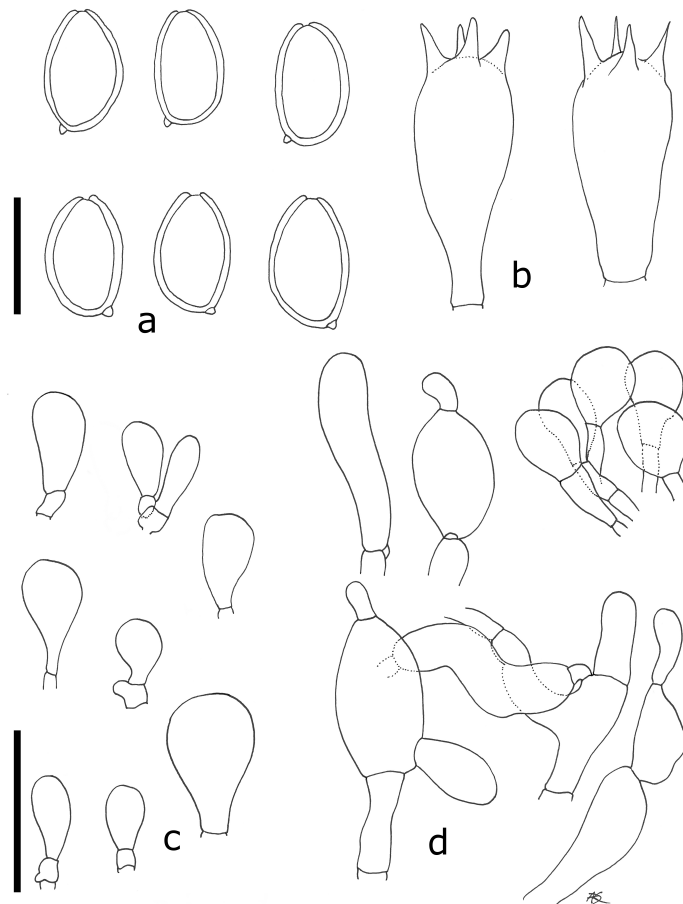
Pileipellis an epithelium composed of singular or tufted spheropedunculate elements and catenulate globose elements of (19.9-)18.2-32.7-47.2(-46.6) × (17.4-)15.4-24.4-33.3(-32.3) μm , smooth, hyaline, sometimes with slightly thickened walls, originating from hyaline cylindrical hyphae up to 10-15 μm diameter, not or slightly constricted at the septa (Figure 3, 4).

Material examined

Ivory Coast, (Bobia, 5km South-East of Tipadipa, N 6°4.291' - W 5°51.023', alt. 259.29 m, 16 April 2016 (Yian 161) (BR); Bingerville (near Eloka, Palmafrique), N 5°18.832' - W 3°47.856'W, alt. 42 m, 7 mai 2016 (YIAN 172) (BR).



Figure 1: *Agrocybe elegantior*, Sikensi; 31/10/2014 (YIAN077).

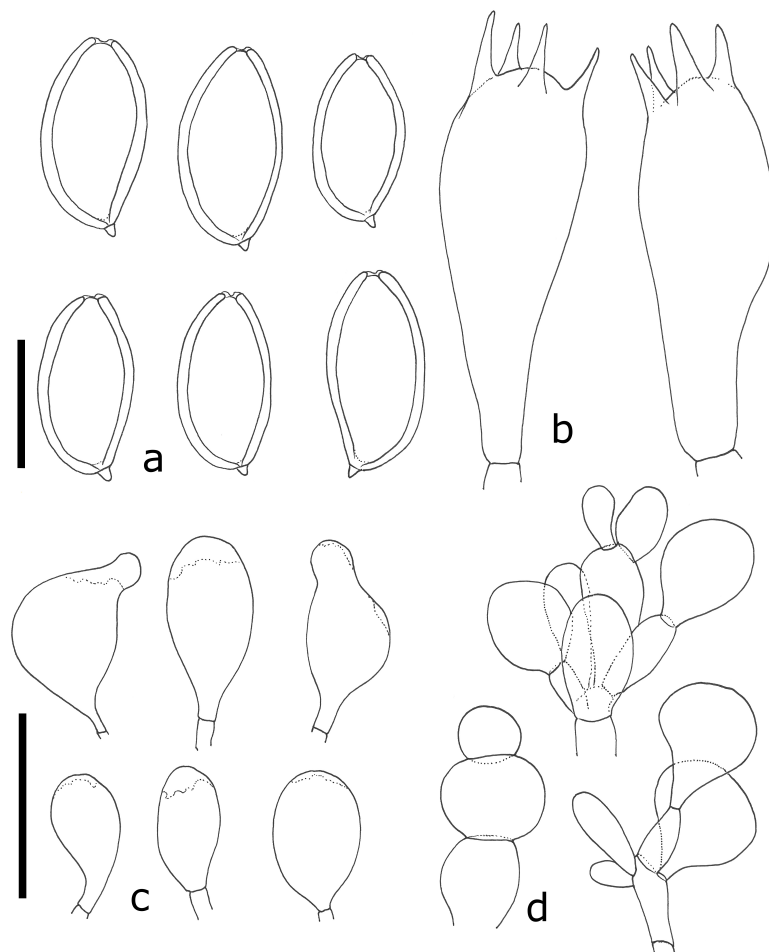


a. spores, b. basidia, c. cheilocystidia, d. elements of the pileipellis. Upper scale bar 10 μ m (a, b), lower scale bar 50 μ m (c, d). All from YIAN077.

Figure 2: *Agrocybe elegantior*.



Figure 3: *Agrocybe broadwayi*, 16/04/2016 (YIAN172).



a. spores, b. basidia, c. cheilocystidia, d. elements of the pileipellis. Upper scale bar 10µm (a, b), lower scale bar 50µm (c, d). All from YIAN172.

Figure 4: *Agrocybe broadwayi*.

Ecology

Gregarious species; the fruit bodies grow on soil, in a rice field with piled up organic matter composed of spent maize stalks and decomposing banana trees. It is also found in palm tree plantations amidst grasses. The species appears in April and May during the rainy season.

Ethnomycology

The species is consumed by *Bété* population of Bobia locality. People name it "*Blayère*", meaning "neutralised the spicy pepper". Indeed, it is so sweet it takes away or neutralises the taste of pepper. It is collected by women during or after harvesting food for family consumption, but it is not presented on local market stalls.

It is cooked in every meal made by the women, including sauce gombo, aubergine or palm seeds. It is washed with clean water and cooked with the other sauce ingredients. Although present in the south (Palmafrique village, Bingerville department), the species is not recognised as edible and not presented on market stalls.

Taxonomy

Several species of the genus *Agrocybe* have been identified in Africa, including *A. dura* (Bolt. Ex Fr.) Singer, *A. stercorearia* Pegler, sp. nov. *A. manihotis* Pegler, *A. carneobrunneus* Walting, *A. aff. howeana* (Peck) Singer, *A. ochraceobrunneus* Walting, *A. praecox* (Pers. Per Fr.), *A. aff. cyndracea* (DC: Fr.) R. Mre., *A. bokotensis* (Beeli) Walting, *A. semiorbicularis* (Fr. Per St Amans) Fayod, *A. vervactis* (Fr.). Among them, two are similar to *A. broadwayi* and *A. elegantior* in carpophore size, colour and shape pileus, habitats and microscopic elements. An identification key is presented here to avoid confusion with similar taxa.

- *species growing on completely decomposed wood stumps or on rich soil in organic debris*
-Pileus viscous or subviscous when young; surface pale yellow at margin, tinged of brown at center, pileipellis elements bulging, vesiculose, thick-wall; spores 9.7-11.9 × 5.9-7.4 µm... *Agrocybe elegantior*
- Pileus not viscous, surface ochraceous yellow pale; pileipellis elements long ellipsoid at center and ellipsoid to globose at the marge, spores 12-13 × 6-7 µm *Agrocybe aff. howeana*
- *species growing on rich soil in organic matter or amidst grass:*
-Pileus with small cavities on the surface, sometimes cracking, pileocystidia absent, pleurocystidia absent; elements of pileipellis spheropedunculate and catenulate globose elements, spores 12.1-15.9 × 7.1-8.4 µm..3 *Agrocybe broadwayi*
-Pileus smooth at the disk, slightly striate at the margin; pleurocystidia present and abundant; elements pileipellis inflated not catenulate, suglobose to piriforme; spores 10-14.5 x 6-9.5 µm..... *Agrocybe manihotis*.

Discussion

Wild edible mushrooms occupy an important place in the diet of African populations (22). However, their study is very fragmented in West Africa (2, 28). This study revealed the presence of sixty-seven species consumed by the local populations.

This information adds to that available for West Africa. The compilation of mycological data may permit to draw up a list of the edible mushrooms of this region. In addition, as far as concern, our study is the first to reveal the use of edible *Agrocybe* in Western Africa. Few *Agrocybe* have been reported as edible in Africa. Only four species have been reported as edible in South Africa (26). These are *A. cylindracea*, *A. Praecox*, *A. semiorbicularis* and *A. vervacti*.

Distribution

Agrocybe elegantior and *Agrocybe broadwayi* respectively have been collected in the Binga locality in Democratic Republic of the Congo (15) and Thika, Central Province, Nairobi in Kenya (24). It is point out for the first time in Ivory Coast particularly in Sikensi, Bobia, at 5 km of South-East of Tipadipa and at Bingerville.

Ethnomycology

To date, no study mentions the edibility of *Agrocybe elegantior* and *A. broadwayi*. In Africa, particularly in the Democratic Republic of the Congo and Kenya, the works of Hesler (15) and Pegler *et al.* (24) do not report the consumption of these two species. However, in Ivory Coast, this is the first time that they are mentioned as edible by the populations of the localities of Sikensi and Bobia.

Taxonomy

No synonym exists for *Agrocybe elegantior*. The specimen collected in this study has a pileus and a stipe measuring respectively 15-37 mm of diameter and 20-90 x 2-3 mm of height. These dimensions are lower than those of the specimen described by Hesler (15). Indeed, the specimen described by this author shows a pileus 43-112 mm of diameter with the upper stipe of 118-221 x 6-12 mm whose base is white and bulbous. For this author, the specimen presents an ochre yellow pileus, brown tinged; at the adult stage, the center of the pileus retains an ochraceous yellow color. He also denotes that in the young stage, the pileus is finely wrinkled and becomes smooth in the adult stage having a yellow ochre color. The surface of our specimen has a coloring that varies between pale yellow and yellow. The center of the pileus becomes brown in the center with whitish flakes towards the margin in the young stage. As the specimen described by Hesler (15), the annulus of our specimen, is membranous, fragile and fugacious.

Outside these morphological differences, the spore measurement of our specimen ((9.7-) 9.7-10.7-11.7 (-11.9) × (5.9-) 6.0-6.8-7.5 (-7.4) μm) is similar to the Democratic Republic of the Congo specimen (10-11 (-12) × 6-7 μm). The similarity is also observable on the 4-spored basidia, with a clamp connection. The size and shape of the cheilocystidia we observed are also similar to those observed by Heinemann (14) and for both specimens, the pleurocystidia are not observed. All these microscopic data allow us to conclude that our specimen can be considered as *Agrocybe elegantior*.

Analysis of the identification key established by Hesler (15) shows that *Agrocybe elegantior* and *Agrocybe carmineobruneus* seem closer when considering spores measurement. However, if we consider the form of cystidia then we notice a significant difference.

Agrocybe elegantior has variable cheilocystidia forms (ellipsoids, globuloses or widely claviform globuloses) whereas *Agrocybe carmineobruneus* presents two types of cheilocystidia (thin-wall vesiculosos and thick-wall lageniform). According to Thiombiano and Kampmann (27), *Agrocybe carmineobruneus* correspond to South America species called *Agrocybe platensis* (Speg.) Sing. The surface of the pileus of these two species is either rough or present of cavities. They belong to the same range of spore measurement.

Like the specimen described by Rammeloo and Walley (24), our specimen presents a pileus, subviscid, sometimes cracked on the surface on a white ground. the lamellae are adnate. the size of the spores is large ((12.1-)12.3-14.1-15.9(-15.9) × (7.1-)7.1-7.7-8.3(-8.4)). These spores are ellipsoid, smooth, thick-walled, with truncate apex and well differentiated germ pore. The basidia are clavate and the pleurocystidia are absents. According to the key proposed by Thiombiano and Kampmann (27), the *Agrocybe broadwayi* specimen from tropical America present large spores (13-15.3 X 7-8.5 μm). The pileus is subviscid measuring 3 to 5 cm in diameter. This specimen is macroscopically and microscopically similar to our specimens collected on the African continent. However, our specimen has a more or less sweet taste unlike that of America which is rather farinaceous.

The study of Thiombiano and Kampmann (27) shows that *Agrocybe broadwayi* native to America correspond to *Agrocybe manihotis* which is an African species. These two species are similar in shape, coating of the pileus and spore size. The taxonomic studies of the *Agrocybes* based on the macroscopic and microscopic characteristics seem limited to establish a true identification of this taxon. It is therefore important to carry out molecular studies which take into account all the species of the *Agrocybe* genus in order to better classify them.

Conclusion

This study has enabled to list the mushrooms consumed in the dense rainforests of Ivory Coast. A total of sixty-seven edible species have been identified. *Agrocybe broadwayi* and *A. elegantior*, some edibles species have been described for the first time in Ivory Coast. Of these two species, *A. elegantior* is sold on the local market. This shows that the species is appreciated and constitute an important economic asset for the local population. This species has been identified and described in taxonomical and ecological plan for the first time in Ivory Coast. Conscious that the forest area of Ivory Coast abounds an important diversity of edible mushrooms, more studies need to be undertaken to establish an exhaustive list of these fungi and to know the various uses by the local people. Some test of growing could also be considered to fight durably against poverty in rural communities.

Acknowledgments

The authors thank to the technical and financial support of the Global Taxonomy Initiative, the Royal Institute of Natural Sciences of Belgium and the Botanic Garden Meise of Belgium for the taxonomic training. The authors are grateful to Drs. J. Degreeef, Head of Mycology and A. De Kesel to their real contribution to the identification of species. Our thanks also go to Prof. E.K. N'Guessanfor initiated this research project in Ivory Coast. We also express our gratitude to Drs. Y.C.Y. Adou and B.T. Vroh for their judicious advices during this work.

Literature

1. Alasoadura S.O., 1967, Studies in the Higher Fungi of Nigeria III. Fruiting in *Pleurotus squarrosulus* (Mont.) Sing. *Nova Hedwigia*, **14**, 327-337.
2. Boa E.R., 2006, *Champignons comestibles sauvages: vue d'ensemble sur leur utilisation et leur importance pour les populations*. Produits forestiers non ligneux 17. Rome, FAO, 157 p.
3. Buyck B., 1994, Ubobwa: les champignons comestibles de l'Ouest du Burundi, Administration Gén. Coop. Dév., Bruxelles, *Publ. Agricole*, **34**, 124 p.
4. Dennis, R.W.G. 1953. Les Agaricales de l'Île de la Trinité: Rhodosporae-Ochrosporae, *Bull. Soc. Mycol. France*, **69**, 2, 145-198.
5. De Kesel A., Codjia J.C. & Yorou S.N., 2002, *Guide des champignons comestibles du Bénin*. Cotonou, Jardin Botanique National de Belgique et CECODI, 275 p.
6. De Román M., Boa E. & Woodward S., 2006, Wild-gathered fungi for health and rural livelihoods, *Proc. Nutr. Soc.*, **65**, 190-197.
7. Ducouso M., Bâ A.M. & Thoen D., 2003, Les champignons ectomycorhiziens des forêts naturelles et des plantations d'Afrique de l'Ouest: une source de champignons comestibles, *Bois For. Trop.*, **275**, 1, 51-63.
8. Eyi Ndong H.E., Degreef J. & De Kesel A., 2011, *Champignons comestibles des forêts denses d'Afrique Centrale*, Taxonomie et identification, ABC Taxa 10, 253 p.
9. Guissou K.M.L Sanon E., Sankara Ph. & Guinko S., 2014, La mycothérapie au Burkina Faso: État des lieux et perspectives, *J. Appl. Biosci.*, **79**, 6896-6908.
10. Härkönen M., Saarimäki T. & Mwasumbi L., 1995, Edible mushrooms of Tanzania, *Karstenia*, **35**, 1-91.
11. Härkönen M., Niemelä T. & Mwasumbi L., 2003, Edible Mushrooms of Tanzania: edible, harmful and other fungi, *Norrinia*, **10**, 1-200.
12. Härkönen M., Niemelä T., Mbindo K., Kotiranta H. & Pearce G., 2015, Zambian mushrooms and mycology, *Norrinia*, **29**, 1-208.
13. Heim R., 1936, *Aperçu sur les champignons toxiques et comestibles des colonies françaises*, In: CURASSON G., *Pathol. Exot. Vétérin. Comp.*, **3**, 1-31.
14. Heim R., 1977, Termites et champignons. *Les champignons termitophiles d'Afrique noire et d'Asie méridionale*, Paris, Boubée, 190 p.
15. Heinemann P., 1974, Bolbitiaceae. *Flore illustrée des Champignons d'Afrique Centrale*, **3**, 71.
16. Hesler L.R., 2013, *Agrocybe Notebook 1Trace*: Tennessee Research and Creative Exchange, 250 p.
17. Kauffman C.H., 1918, *The Agaricaceae of Michigan: Pholiota and Flammula*, pp 289-314 and pp 483-492.
18. Koné N.Y.A., Konate S. & Linsenmair K.E., 2013, Socio-economical aspects of the exploitation of Termitomyces fruit bodies in central and southern Côte d'Ivoire: Raising awareness for their sustainable use, *J. Appl. Biosci.*, **70**, 5580-5590.
19. Kouassi K.C., N'Takpé K.M.B., Da K.P. & Traoré D., 2007, Le genre *Chlorophyllum* Mass.: Nouvelles espèces de Côte d'Ivoire, *Sci. Techn. Appl.*, **1**, 103-114.
20. Kouassi K.C., 2012, *Taxinomie, Ecologie et Ethnomycologie des Champignons de Côte: cas des Macromycètes des forêts classées de Bouaflé, Bayota et Niégré*. Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences, Abidjan, Côte d'Ivoire, 216 p.
21. Locquin M., 1954, Une chanterelle comestible de la Ivory Coast: *Hygrophoropsis mangentotii* sp., *J. Agric. Bot. Trop. Appl.*, **1**, 359-361.
22. Malaisse F., De Kesel A., N'gasse G. & Lognay G., 2008, Diversité des champignons consommés par les pygmées Bofi de la Lobaye (République centrafricaine). *Geo-Eco-Trop*, **32**, 1-8.
23. Murrill W.A., 1912, The Agaricaceae of tropical North America, *Mycologia*, **4**, 2, 72-83.
24. Pegler D.N., 1977, A preliminary agaric flora of East Africa, *Kew Bull. Add. Ser.*, **6**, 615 p.
25. Pegler, D. N. & Vanhaecke M., 1994, Termitomyces of Southeast Asia, *Kew Bull.*, **49**, 4, 717-736.
26. Rammeloo J. & Walleyn R., 1993, The edible fungi of Africa south of the Sahara: a literature survey, *Scripta Bot. Belg.*, **5**, 1-62.
27. Singer R., 1977, Keys for the identification of the species of Agaricales. *Sydowia*, **30**, 192-279.
28. Smith A.H. & Hesler L.R., 1968, *North American Species of Pholiota*. Hafner publishing company, New York and London 349 p.
29. Thiombiano A. & Kampmann D., 2010, *Atlas de la Biodiversité de l'Afrique de l'Ouest*. Tome II: Burkina Faso, Ouagadougou & Frankfurt/Main, Biota, 336-343.
30. Tiébré M.S., 2001, *Ethnomycologie dans la région de Sikensi en Ivory Coast*. Mémoire de DEA, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgique, 108 p.
31. Walleyn R. & Rammeloo J., 1994, The poisonous and useful fungi of Africa South of the Sahara, *Scripta Bot. Belg.*, **10**, 1-56.
32. Watling R. 1973. New species of Bolbitiaceae (Agaricales) from Zaire, *Bull. Jardin Bot. National Belg.*, **43**, 1-2, 187-192.
33. Yorou N.S. & De Kesel A., 2001, Indigenous ethnomycological knowledge of the Nagot people from the centre of Benin (West Africa), *Syst. Geogr. Plant.*, **71**, 627-637.
34. Yorou N.S., N'Golo A.K., Guissou M.L., Guelly A.K., Ekué Marius R.M. & De Kesel A., 2014, *Biodiversity and sustainable use of wild edible fungi in the Sudanian centre of endemism: a plea for valorization*. pp 241-271. In: *Ectomycorrhizal symbiosis in tropical and Neotropical forests* (Eds). Bâ A.M., McGuire K.L. & Diédhiou A.

C.G. Yian, Ivoirian, PhD, Professor, University Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences, Laboratory of Botany, Abidjan, Ivory Coast.

M.S. Tiebre, Ivoirian, PhD, Professor, University Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences, Laboratory of Botany, Abidjan, Ivory Coast.

Mise en œuvre d'un système de production durable de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) dans le village de Tadila en République Démocratique du Congo

E. Yuku Lotutala^{1,2*} & A. Kimbembu ma Ibaka¹

Keywords: *Manihot esculenta*- *Tithonia diversifolia*- *Chromolaena odorata*- Mulch- Alternating bands- D.R. Congo

Résumé

L'une des conséquences de la démographie galopante en milieu rural des régions tropicales consiste à la pression foncière sur les terres forestières. Au niveau du système d'agriculture itinérante sur brûlis, il en résulte souvent un raccourcissement du temps de jachère, à la base de la déforestation. Celle-ci provoque la dégradation des sols par perte de leur fertilité, entraînant une baisse de la production agricole. C'est la situation qui prévaut au village de Tadila au Bas Congo. Dans pareil cas, il convient de procéder à un changement radical des méthodes d'exploitation agricole. C'est dans ce but qu'un essai cultural de sédentarisation de la culture de manioc sur jachère améliorée à *Tithonia diversifolia* a été réalisé dans ce village. Dans cette recherche-démonstration qui a connu la participation de la population locale, les innovations apportées ont consisté dans l'introduction: de *Tithonia diversifolia* comme plante de jachère, en vue d'améliorer la fertilité du sol; de la technique des bandes alternantes, pour réprimer l'érosion; du système cultural de rotation et d'association avec le soja (*Glycine max*), pour enrichir le sol en azote; de la technique de paillage, avec les émondes de *Chromolaena odorata*, pour assurer la couverture du sol, en vue de réduire l'impact des précipitations, ainsi que pour améliorer la fertilité du sol. Le traitement principal qui a été expérimenté réside dans la succession culturale suivante: jachère à *Tithonia diversifolia* - culture de soja - culture de manioc en association avec le soja. L'essai a comporté deux variantes qui ont porté sur la durée de la jachère à *Tithonia diversifolia* et sur le nombre (1 ou 2) de cultures de soja ayant précédé la culture de manioc. Pour chaque variante, deux types de parcelles ont été réalisées, avec ou sans paillis de couverture. Les innovations apportées par cette technique culturale ont eu pour effet la réduction sensible de la dégradation des sols par l'érosion hydrique et l'augmentation de la production de manioc.

Summary

Implementation of a System of Sustainable Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Production in Tadila village in the Democratic Republic of the Congo

One consequence of the massive population growth in the rural areas of tropical regions is the land pressure on forest lands. In the system of slash-burn agriculture, fallow time is often shortened due to deforestation. The latter causes soil degradation along with fertility loss, which cause a decrease in agricultural production. This situation prevails in Tadila, a village in Bas-Congo. In such a case, a radical change of agricultural exploitation methods is necessary. For this purpose an attempt of settlement of cassava cultivation on improved fallow with *Tithonia diversifolia* was conducted in this village. This research-demonstration, which involved the local population, introduced the following innovations: *Tithonia diversifolia* as a fallow plant in order to improve soil fertility; the technique of alternating bands in order to stop erosion; the system of crop rotation with soybeans (*Glycine max*) in order to enrich the soil in nitrogen; the mulching technique with pruned branches of *Chromolaena odorata* in order to ensure soil coverage and to reduce precipitation impact as well as to improve soil fertility. The main treatment that has been experimented lies in the following crop succession: fallowing with *Tithonia diversifolia* - soybean cultivation - cassava cultivation combined with soybeans. The study has two variants which focused on the duration of the *Tithonia diversifolia* fallow and on the number (1 or 2) of soybean cultivations which preceded cassava cultivation. For each variant, two types of parcels were made, with or without mulch cover. The innovations introduced by this crop technique increased a sensible reduction of soil degradation by water erosion and the increase of cassava yield. In fact, the results in terms of T1 and T2 on the mulch-covered parcels of *Chromolaena odorata*, which were

¹Institut Supérieur Pédagogique de Mbanza-Ngungu, Département de Biologie-Chimie, Mbanza-Ngungu, République Démocratique du Congo.

²École Régionale Post-Universitaire d'Aménagement et de Gestion Intégrés des Forêts et Territoires Tropicaux, Kinshasa, République Démocratique du Congo.

*Auteur correspondant: Email: ernestyuku@gmail.com / ernestyuku@hotmail.com

Reçu le 15.09.14 et accepté pour publication le 28.11.17

En effet, les résultats en T1 et T2 qui constituaient les deux variantes du traitement principal, sur parcelles recouvertes de paillis de *Chromolaena odorata*, ont été respectivement de 62 t/ha et 60 t/ha, contre 33 t/ha en T0, témoin qui a représenté le système traditionnel de production.

the two variants of the main treatment, were respectively 62 t/ha and 60 t/ha, against 33 t/ha in T0. The latter represents the traditional system of production.

Introduction

En région tropicale, les paysans savent, depuis des temps immémoriaux, qu'ils obtiendront une bonne récolte en plantant en forêt naturelle défrichée, plutôt que sur la savane (24).

C'est ainsi que des espaces forestiers sont fréquemment exploités ou défrichés à des fins agricoles. Ainsi en est-il au village de Tadila, où 85% des champs sont réalisés en jachères de forêt, contre 15% en savane (24).

Dans cette région, d'une manière générale, les systèmes de production agricole procèdent de la technique de l'essartage avec brûlage des abattis. Cette agriculture itinérante sur brûlis est la cause principale de la destruction des forêts.

Pour que le système «brève culture sur brûlis, suivie d'une longue jachère» reste équilibré, il faut une réserve de terre arable considérable, soit dix à vingt fois la surface cultivée. Par contre, la jachère longue disparaît au profit de la jachère courte dans le cas où il est impossible de mettre 50% des terres au repos (19).

La situation actuelle au village de Tadila est telle qu'il est devenu utopique de conserver suffisamment de terres en jachère, à cause de la démographie élevée qui accentue la pression foncière: la mise en culture intervient de plus en plus rapidement, ce qui diminue le temps de jachère (à cinq ans en moyenne) et accroît la déforestation, entraînant en même temps la dégradation des sols par érosion.

Plutôt que de modifier leurs techniques de culture en vue de les adapter au terrain et la situation socio-économique, les paysans de Tadila poursuivent des pratiques inappropriées susceptibles de conduire à la ruine des sols.

Alors que de nombreux champs sont installés sur des pentes comprises entre 13 et 50%, voire supérieures à 50% (24), la confection des buttes et des billons se fait dans le sens de la pente, avec comme conséquence la concentration du ruissellement; la préparation des buttes ou des billons se fait de haut en bas en provoquant la descente d'une portion de la terre, par un glissement progressif des matériaux de la couche superficielle.

Compte tenu de ce type d'exploitation (courte jachère et techniques inappropriées), destructeur du milieu naturel, il est nécessaire de chercher et mettre au point des innovations dans le but d'accélérer et de favoriser la régénération de la fertilité du sol (8).

La solution consiste à introduire l'arbre dans la jachère ou à adopter des pratiques agroforestières (18) et à prévoir des cultures en bandes alternantes ou alternes qui apportent une aide réelle pour réduire l'érosion et augmenter le rendement (21).

En effet, des rotations, prévoyant des cultures en bandes alternantes d'herbes vivaces, à croissance dense, et des légumineuses, alternant avec des cultures intensives, constituent la disposition la plus efficace pour réduire l'érosion sur les terres cultivées (21).

La présente étude propose ainsi des techniques agricoles fondées sur les principes de base de la fertilité des sols tropicaux (13). Elle consiste en l'introduction de *Tithonia diversifolia* comme plante améliorante de la jachère; en l'inclusion de soja (*Glycine max*) dans la rotation culturale et en association avec le manioc; et en l'utilisation des émondes de *Chromolaena odorata* comme paillis de couverture, dans le processus d'amélioration du système de production à Tadila et comme solution de remplacement des techniques avilies.

Le but pratique est de proposer des techniques permettant le passage de l'agriculture itinérante sur brûlis (avilie) à un système sédentarisé qui fait recours à la politique des matières organiques et aux pratiques antiérosives.

Matériel et méthodes

La présente étude a été réalisée au village de Tadila, situé à 5° 11' de latitude Sud et 14° 45' de longitude Est. Il est situé sur le plateau de Bangou dont l'altitude moyenne est de 700 m (12, 16).

Le village de Tadila est caractérisé par un relief accidenté, offrant des plateaux culminant à 700 m d'altitude. Les versants ont des pentes comprises entre 15 et 60%. En de nombreux endroits, la pente dépasse largement 60%.

Tadila connaît un climat général tropical humide du type Aw4, selon les critères de Köppen, avec deux saisons: la saison des pluies qui va d'octobre à mai, et la saison sèche, de juin à septembre (3, 6).

Du point de vue cultural, la saison des pluies est subdivisée en deux: la saison A, d'octobre à février, et la saison B, de mars à mai.

La figure 1 renseigne sur les données ombrothermiques recueillies à la station de l'Institut National d'Etudes et de Recherches Agronomiques de Mvuazi.

En ce qui concerne la pédologie et la géologie, les sols de Tadila sont sablo-argileux sur les versants et les vallées; les plateaux sont plutôt très sableux en surface (5, 9). Ce sont des sols ferrallitiques, acides, lessivés et pauvres en nutriments.

L'expérimentation réalisée a porté sur la culture de manioc sur une jachère améliorée de *Tithonia diversifolia*. Les émondes de *Chromolaena odorata* ont été utilisées comme paillis de couverture.

Le champ a été réalisé sur un sol argilo-sableux, du versant nommé Buka, appartenant au terroir foncier du hameau de Kintumba.

Le terrain exploité est légèrement plus pentu avec une pente de 7% d'exposition nord.

Sa texture est argilo-sableuse avec les proportions suivantes en particules de sol: S: 35%; L: 27%; A: 38%. Il s'agit d'une jachère à *Chromolaena odorata*, pauvre en espèces.

Les principales espèces recensées dans cette jachère sont: *Urenalobata*, *Hymenocardi aulmoides*, *Entada abyssinica*, *Chaetocarpus africanus*, *Sapium cornatum*, *Quisqu alishensii* et *Oncoba welwitschii*.

Techniques culturales

Les techniques mises en œuvre dans la réalisation de la recherche sont celles réputées contribuer à l'amélioration et la durabilité de la productivité du sol par la lutte antiérosive, grâce à un système cultural réduisant au minimum le ruissellement et favorisant sa résistance contre l'agressivité des pluies dont la couverture du sol. Nous avons ainsi appliqué l'approche biologique (19) par l'association culturale du soya (légumineuse) et le paillage à l'aide de branchage de *Chromolaena odorata* qui, tout en protégeant le sol, favorise en même temps la production de l'humus nécessaire à la stabilisation de la structure du sol.

Chromolaena odorata a été retenue non seulement à cause de sa croissance rapide et de sa grande production de biomasse dont les feuilles se décomposent en trois à quatre semaines en saison des pluies, mais aussi parce que c'est une plante qui envahit les jachères forestières et tend à remplacer cet écosystème.

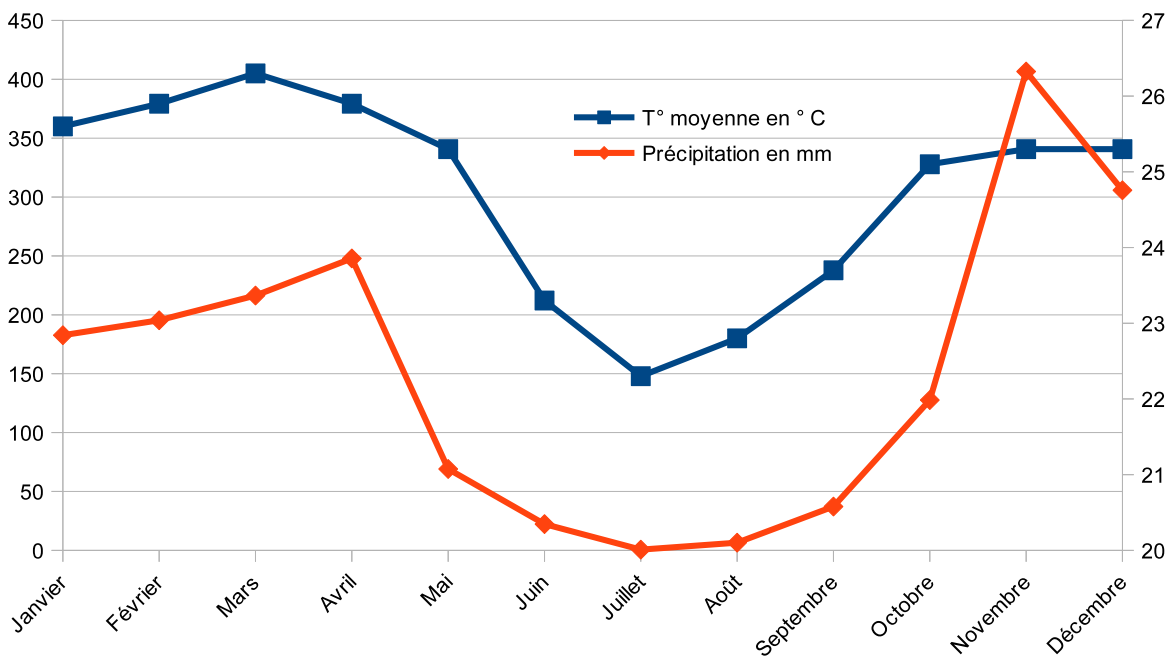


Figure 1: Diagramme ombrothermique de Mvuazi pendant la période d'étude, 2002 à 2006.

Plantation et émondage de *Tithonia diversifolia*

Cette herbe avait été choisie dans le but d'optimiser, à terme, la production de matière organique, indispensable à la fertilité. Elle présente des propriétés améliorantes qui répondent à plusieurs des critères (18), relatifs à la sélection des plantes permettant d'améliorer la jachère, soit: une production importante de biomasse; un système racinaire profond; une croissance initiale rapide; une production de feuilles supérieure à celle du bois; une formation facile et abondante de semences; pas de formation de rhizomes.

Par rapport à *Chromolaena odorata*, *Tithonia diversifolia* offre un avantage majeur quant à la conservation ou au recyclage d'azote, élément utile à la croissance de la plante. En effet, cette herbe accumule beaucoup plus d'azote (4,1%) que *Chromolaena odorata* (0,4%) (2).

Le tableau 1 donne la comparaison de la composition chimique des feuilles de *Tithonia diversifolia* à celle de quelques espèces agroforestières couramment utilisées pour améliorer la fertilité du sol. Pour obtenir une densité de végétation élevée et assurer une couverture rapide de sol, le bouturage de *Tithonia* était fait, sur quatre lignes, suivant des écartements de 100 cm entre les lignes et de 50 cm dans les lignes. Nous avons en outre semé, à la volée, des graines de *Tithonia* dont la germination devait renforcer la levée et la croissance des boutures.

La végétation de *Tithonia* était régulièrement élaguée dès le début de la floraison. Cette opération avait pour but l'enrichissement du sol en matière organique, la protection du sol contre l'agressivité des pluies, l'abaissement de la température du sol et la régulation de l'humidité du sol.

Préparation du champ

Le champ a été réalisé en conformité avec le calendrier agricole en vigueur dans la région. Le défrichage, accompagné du dessouchage de la végétation de *Tithonia diversifolia*, a été entrepris dans la deuxième quinzaine du mois de septembre, peu avant les premières pluies, pour les cultures de saison A; entre fin février et début mars, peu avant le retour des pluies, après la petite saison sèche de janvier - février, pour les cultures de saison B.

Les friches n'étaient pas brûlées, mais coupées puis étalées sur le sol. Lors des labours, les résidus, partiellement décomposés, ont été enfouis dans la couche subsuperficielle, conformément aux recommandations de plusieurs auteurs pour: le contrôle de l'érosion lors des premières pluies (19, 23); l'accumulation des matières organiques à la surface du sol (13); l'abaissement de la température du sol par la couverture végétale, avec comme effet bénéfique de ralentir le rythme de décomposition et de minéralisation des matières organiques (18); on

obtient de la sorte une réduction de la vitesse de décomposition des feuilles, la réduction de l'acidité du sol par l'apport de bases, dans la litière en décomposition (23), et de moindres pertes par lessivage de l'azote, du phosphore et du soufre, contenus dans la biomasse végétale (22); enfin, la limitation de la croissance des adventices.

Préparation du champ

Les plates-bandes ont été disposées selon les courbes de niveaux.

Dans le cas du manioc dont la couverture du sol est très faible en début de culture, cette pratique, si elle n'arrête pas totalement l'érosion, a tout au moins le mérite de réduire significativement son intensité, tout en augmentant la rétention en eau du sol (17, 18) au profit de la culture.

Pour tenir compte du degré de la pente (14, 21); dans notre expérimentation, les bandes avaient 4 m de largeur pour une pente moyenne de 7%; la longueur des bandes était de 40 m. Les sillons séparant les bandes étaient de 50 cm de largeur.

Au total, 16 bandes ont été tracées et aménagées, permettant deux essais culturaux suivant le système des bandes alternes. Chaque bande, de 40 m, était subdivisée en quatre parcelles de neuf mètres; entre deux parcelles consécutives, un espace, non cloisonné et non cultivé, était maintenu libre, pour séparer les différents traitements.

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental a consisté en un système de parcelles, complètement randomisé, comportant quatre répétitions de quatre traitements relatifs à la culture de manioc, soit T1, T2, T3, T4, et un témoin (T0). Sont considérés comme traitements, les différents types de rotations culturales. Chaque système de rotation est défini par rapport à la durée de la succession «jachère à *Tithonia*-culture de soja-culture de manioc associé au soja».

Chaque traitement a comporté deux variantes dont l'une avec des parcelles recouvertes du paillis de *Chromolaena odorata*, tandis que l'autre avec des parcelles gardées sans paillage.

- T0: c'est le champ témoin de manioc, sans association avec le soja, sur jachère naturelle, dominée par *Chromolaena odorata*, de cinq ans d'âge et exploité selon le système traditionnel de culture sur brûlis.
- T1: traitement comprenant la rotation suivante: «jachère à *Tithonia* de deux années d'âge - culture de soja en saison A - culture de soja en saison B - culture de manioc associé au soja».
- T2: traitement comprenant la succession suivante : «jachère à *Tithonia* de deux années et demie d'âge culture de soja en saison B - culture de manioc associé au soja».

- T3: traitement comprenant la succession suivante: «jachère à *Tithonia* de trois ans d'âge - culture de manioc en association avec le soja»;
- T4: traitement défini par la succession suivante: «végétation naturelle à prédominance de *Chromolaena odorata* de deux années d'âge - culture de soja en saison A - culture de soja en saison B - culture de manioc associé au soja».

Semis de soja et mises en terres des boutures de manioc

Pour assurer rapidement un minimum de couverture végétale précoce du sol, le semis du soja, en monoculture, a été effectué dès les premières pluies, afin de limiter au maximum la période pendant laquelle le sol est nu. Concernant la densité de semis, on convient généralement que, pour le soja, l'ampleur du couvert végétal et le rendement de la récolte sont largement déterminés par la densité des plantes (1, 15) de soja. À Tadila, nous avons utilisé les écartements de 20 cm dans la ligne, entre les poquets, et de 40 cm entre les lignes.

Le semis en lignes a été effectué à raison de trois graines par poquet, à plus ou moins 1,5 cm de profondeur. Pour une parcelle de 4 x 9 m, au total dix lignes étaient semées. Les graines non levées ont été remplacées sept jours après le semis.

La mise en terre des boutures de manioc, de la variété RAV sélectionnée par l'INERA, a eu lieu au début du mois de novembre, suivant les écartements de 80 x 80 cm, au lieu de 100 x 100 cm conseillés. Par parcelle de 36 m², on a 5 lignes de 11 pieds, soit 55 pieds au total. Cette date du calendrier agricole de la région et ces écartements permettent aux plantes qui viennent de lever de bénéficier pleinement des pluies abondantes (mi-novembre à décembre) et ainsi d'obtenir un début de couverture du sol. Celle-ci sera complétée et soutenue par la suite par le semis intercalaire de relais de soja entre les boutures de manioc, ainsi que par le paillage avec des branches de *Chromolaena odorata*. Le semis de soja est intervenu trois semaines après le bouturage du manioc.

Paillage

Il a été réalisé avec les émondes de *Chromolaena odorata*, plante post-culturelle très répandue et abondante dans le territoire, comme partout ailleurs dans la province du Bas-Congo, donc disponible et utilisable à souhait.

Plusieurs paillages ont été nécessaires du fait que la culture de manioc, même associée au soja, n'assurerait pas une protection maximale du sol ; il est ainsi recommandé de disposer, en surface, d'une litière apportée afin de mieux contrer l'érosion du sol (23). À Tadila, nous avons effectué cinq paillages successifs suivant le régime pluviométrique et la rapidité de décomposition de feuilles de *Chromolaena*.

Deux semaines après le semis est intervenue la première sarclage, suivi immédiatement de la première opération de paillage; un mois plus tard environ, a eu lieu la deuxième opération; une troisième à partir du début mars, avant la reprise des pluies succédant à la petite saison sèche, de mi-janvier à mi-février; deux autres opérations de paillage devaient être exécutées dans la période d'avril - mai, à cause de la grande fréquence des pluies qui provoquent une décomposition rapide des émondes.

Cette protection du sol contre l'impact des gouttes de pluie par la litière en décomposition enrichit le sol en éléments minéraux, fertilisants. De plus, utilisée de cette manière, *Chromolaena odorata* assure la mobilisation minérale phosphorée dont le manioc a besoin (20) et permet de compenser, dans une certaine mesure, les éléments concentrés dans les graines de soja (7).

Dans les parcelles avec le soja seul ou en association avec le manioc, la quantité de tiges feuillues provenant de *Chromolaena* était de 1.500 g par m²; de 2.700 g par m² dans le cas du manioc seul ou resté seul, après la récolte de soja, dont les résidus étaient récupérés et étalés sur les plates-bandes en vue d'enrichir le sol en éléments nutritifs et d'augmenter sa rugosité. Les tiges feuillues étaient disposées perpendiculairement à la pente afin de constituer un obstacle aux eaux de ruissellement.

Résultats

L'évaluation de la productivité du manioc a consisté à peser, tour à tour, les tubercules de 25 pieds, tirés au hasard. On calcule alors le poids moyen de la production par pied. On calcule ensuite le poids du manioc, par parcelle de culture comportant 55 pieds. A partir de là, on extrapole la productivité moyenne, en tonnes à l'hectare.

Les résultats, consignés dans le tableau 2 et concernant le deuxième essai cultural, démontrent la supériorité de productivité moyenne des parcelles avec paillis des émondes de *Chromolaena odorata* versus les parcelles sans paillis, et ce, dans tous les traitements.

SP: sans paillis; AP: avec paillis; PM/P: poids moyen en kg de tubercules par pied; PM/T: poids moyen en kg de tubercules par traitement; RM/T: rendement moyen en t/ha par traitement.

L'ordre décroissant de productivité des différents traitements, en alignant T0 dans les deux cas, se présente de la manière suivante:

- T2 > T1 > T3 > T0 > T4 (sans paillis) ;
- T1 > T2 > T3 > T4 > T0 (avec paillis).

Les rendements (en poids frais) correspondant sont respectivement de :

- RT2= 52,6 t/ha; RT1 = 50,0 t/ha; RT3 = 49,1 t/ha;
- RT0= 33,0 t/ha; RT4= 30,4 t/ha (sans paillis);
- RT1= 62,8 t/ha; RT2= 60,5 t/ha; RT3= 55,5 t/ha;
- RT4= 33,8 t/ha (avec paillis); RT0= 33,0 t/ha.

Dans le cas des parcelles sans paillis, on remarque que ce sont les traitements T1 et T2, comprenant dans le cycle cultural, la jachère à *Tithonia* et la culture de soja, qui ont donné les meilleurs rendements (50,0 t/ha et 52,6 t/ha) par rapport aux autres traitements. Il y a lieu de relever la supériorité du rendement en T3 par rapport au témoin T0 qui représente le système traditionnel de production, soit 49,1 t/ha contre 33,0 t/ha.

Le constat est pareil en ce qui concerne les parcelles avec paillis où T1 et T2 ont également été les plus productifs avec, respectivement, 62,8 t/ha et 60,5 t/ha. Nous remarquons cependant l'effet très positif du paillage sur le traitement T4 dont la productivité moyenne a été nettement améliorée, soit 30,4 t/ha à 34,8 t/ha, rendement supérieur à celui de T0, mais sans atteindre la performance des traitements T1, T2 et T3.

L'analyse de la variance des résultats pour les parcelles avec paillis montre que la différence n'est pas significative entre les traitements, tandis qu'elle l'est de manière très hautement significative pour les parcelles sans paillis.

La comparaison des moyennes des traitements par la PPDS indique le résultat dans le tableau 2.

Tableau 1

Comparaison de la composition chimique des feuilles de *Tithonia diversifolia* à celle de quelques espèces agroforestières.

Espèce	N %	P %	K %	Ca %	Mg %
<i>Tithonia diversifolia</i>	3,53	0,42	4,7	3,52	0,43
<i>Pueraria phaseoloides</i>	2,17	0,37	0,59	2,75	0,32
<i>Leucaena leucocephala</i>	3,8	0,2	1,9	-	-

Tableau 2

Productivité moyenne par traitement et par pied de manioc.

Parcelle	T ₀		T ₁		T ₂		T ₃		T ₄	
	SP	AP	SP	AP	SP	AP	SP	AP	SP	
P ₁	51,9	99,3	86,6	96	90	89,7	79,6	56,9	51,3	
P ₂	54,3	108	91	102,2	90,7	89	81,4	57,4	50,4	
P ₃	53,1	100	75,7	97,7	86,3	88,8	80,9	58,4	45,9	
P ₄	57	103	73,7	99,6	77,3	95	78,8	55,3	51,6	
TOTAL	216,3	411	327,6	395,5	344	362,5	320,7	228	199,2	
PM / P	2,16	4,11	3,27	3,96	3,44	3,63	3,21	2,28	1,99	
PM / T	118,8	226	179,9	217,8	189	199,7	176,6	125,4	109,5	
RM / T	33	62,8	50	60,5	52,6	55,5	49,1	34,8	30,4	

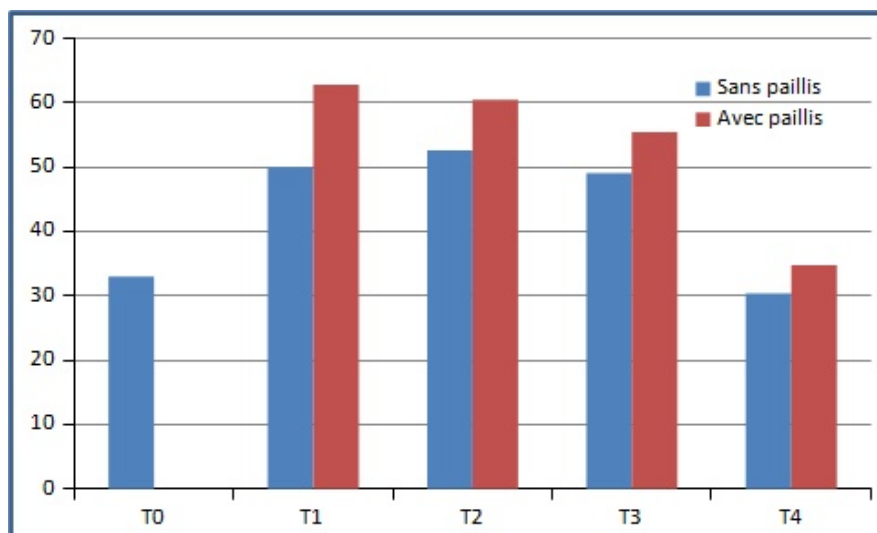


Figure 2: Productivité de différents traitements en manioc.

Discussion et conclusion

Les rendements obtenus dans l'essai cultural réalisé, soit 62 t/ha et 50 t/ha, sont très supérieurs à la moyenne de 10 t/ha généralement obtenus en milieux paysans de la R.D. Congo (21), dans un contexte des sols dégradés, consécutives au raccourcissement du temps de jachère; mais ils sont toutefois très inférieurs au record mondial signalé de 150 t/ha (25).

De manière générale, les rendements du manioc varient de 3 à 15 t/ha (25), mais en terres moyennes et bien cultivées, ils peuvent atteindre 20 à 25 t/ha (10), voire 60 t/ha, en terres très fertiles (25).

Dans notre essai cultural, les effets conjugués de la qualité des boutures, provenant directement d'un champ de multiplication; de leur mise en terres très précoces, en début de la saison culturale; de l'utilisation de *Tithonia diversifolia* et de l'apport de *Chromolaena odorata* en vue de la fertilisation du sol sont vraisemblablement les facteurs ayant contribué à l'augmentation de rendement.

Les résultats obtenus dans les traitements T1 et T2, comportant dans le cycle cultural la succession «jachère à *Tithonia diversifolia* - culture de soja - culture de manioc associé au soja, confirment notre hypothèse, selon laquelle une modification profonde des techniques culturales peut assurer une augmentation de la production.

Il convient toutefois de relever que *Tithonia diversifolia*, choisie comme plante de jachère, n'étant pas une légumineuse, ne permet pas d'accroître l'azote présent dans le sol par fixation de l'azote atmosphérique.

Une association, dans la jachère, avec l'une des légumineuses: *Mucuna pruriens*, *Pueraria phaseoloïdes* et *Psophocarpus scendens*, est nécessaire pour assurer un apport supplémentaire d'azote dans le sol. La présence d'une biomasse importante, ainsi fournie par *Tithonia diversifolia* et les légumineuses pouvant lui être associées dans la jachère, assure une activité pédobiocénotique très intense (4).

Par ailleurs, il est à signaler que la culture de soja ne génère pas une masse importante de résidus de récolte, à même de servir d'engrais vert au profit de la culture suivante. De même, la monoculture pratiquée, pour le soja, ne s'accommode pas de la routine ni de la tradition des cultures associées en vue d'une utilisation rationnelle des espaces ou des terres.

C'est ainsi que nous recommandons de lui associer le maïs, afin d'augmenter la quantité des résidus, restituant plus de nutriments pour la culture suivante. Ainsi donc, sur la base de ces résultats et des améliorations proposées, il est justifié de considérer que l'adoption de l'essai réalisé, plus encore avec la mise en œuvre des améliorations prescrites, permettra aux paysans de la contrée de *Tadila* de sortir du système itinérant (*avilli*), pour passer à un système sédentarisé, mieux adapté aux exigences écosystémiques tropicales et plus productifs (13).

De cette manière pourra être assuré, à long terme, la réhabilitation du milieu naturel par la reconstitution des espaces forestiers, ainsi que l'amélioration des conditions de vie de la population.

Hommages

Hommage au Professeur M. Maldague qui, avant de quitter cette terre, a inculqué en nous sa vision de l'approche systémique dans l'appréhension des problèmes du développement des pays africains.

Références bibliographiques

1. Borget M., 1989, *Les légumineuses vivrières*. Maisonneuve et Larose, CTA Paris, 162 p.
2. Bulubulu D., 2005, Contribution de la litière de quatre essences végétales sur la productivité de *Capsicum annum* L. (Solanaceae). *Rev. Congo Sci. Nucléaires*, **22**, 1-2, 24-41.
3. Bultot F., 1971, *Atlas climatique du bassin congolais*, T. 3, 3^{ème} partie: *Température et humidité de l'aire*; 115 p.
4. Doré T., 2006, *L'Agronomie aujourd'hui*; Collection synthèse, (Eds.) Quae, Paris, 367 p.
5. Fahem A., 1986, *Atlas du Bas-Congo*; Bureau d'Etudes et d'Aménagement Urbain, Kinshasa, 99 p.
6. Flouriot J., 1975, *Atlas de Kinshasa*, Bureau d'Etudes et d'Aménagement Urbain, Kinshasa, 185 p.
7. Griffon M., 2006, *Nourrir la planète. Pour une révolution doublement verte*. Eds. Odile Jacob Sciences. Paris, 456 p.
8. Harmand J.- M. & Ballé P., 2001, *La jachère agroforestière (arborée ou arbustive) en Afrique tropicale*. In: Floret C. & Pontanier R., *La jachère en Afrique tropicale*, Volume 2: De la jachère naturelles à la jachère améliorée. Le point des connaissances; pp 265-291; (Eds.) John Libbey Euro-text, Paris.
9. Hendrick J.A.H., 1968, *Etude des vallées et plateaux de la zone de Thysville*; SOCINCO, Kinshasa, 89 p.
10. Janssens M., 2001, *Manioc*. In Raemackers: *Agriculture en Afrique tropicale*; Bruxelles: DGCI, pp. 194-218.
11. Kaho F., Yamefack M., Feujio-Teguefouet P. & Tchanchaouang J.-C., 2001, Effet combiné des feuilles de *Tithonia diversifolia* et des engrais inorganiques sur les rendements du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique au centre du Cameroun, *Tropicultura*, **29**, 9, 39-45.
12. Lemberelle A., 1968, *Projet de développement rural en territoire de Thysville*; AIMR, Bruxelles, 75 p.
13. Maldague M., 2010, *La forêt, ultime espoir pour notre Terre? Projet d'appui à la formation en Gestion des ressources naturelles dans le bassin du Congo (ACDI-LAVAL), FORGRN-BC*, Université Laval, Québec, Canada, 152 p.
14. Masse D., Floret C., Pontanier R. & Seiny Boukar L., 1996, *Amélioration du régime hydrique des vertisols dégradés du Nord-Cameroun en vue de leur réhabilitation*. Cahiers ORSTOM, Série Pédologie, Spécial érosion : Réhabilitation des sols et GCES, **23**, 2, 203-215.
15. Nieuwenhuis R. & Nieuwelink J., 2002, *La culture de soja et d'autres légumineuses*; Série Agrodoc n°10, CTA-AGROMISA, Wageningen, 46 p.
16. Pare J., 1979, *Système simple de lutte contre l'érosion*; Projet maraicher de Mbanza-Ngungu; Kinshasa, 125 p.
17. Prat C., 1990, *Relation entre érosion et systèmes de production dans le bassin-versant Sud du lac Manangua (Nicaragua)*, Cahiers ORSTOM, Série Pédagogique, Spécial Erosion, **25**, 1-2, 171-182.
18. Reijntjes C., Haverkort B. & Wathers-Bayer A., 1995, *Une agriculture pour demain: introduction à une Agriculture durable avec peu d'intrants externes*; CTA-Karthala, 473 p.
19. Roose E., 1996, *Innovation dans la conservation et la restauration des sols*, Cahiers ORSTOM, série Pédologie, Spécial Erosion: réhabilitation des sols et GCES, **28**, 2, 147-155.
20. Serpantié G. & Ouattara B., 2001, *Fertilité et jachère en Afrique de l'Ouest*. In: Floret C. & Pontanier R., "La jachère en Afrique tropicale", Volume 2: *De la jachère naturelle à la jachère améliorée. Le point des connaissances*; pp. 21-84; (Eds.) John Libbey Paris.
21. Sylvestre P., 1978, *Manuel pratique de la culture de manioc; Technicien d'Agriculture tropicale*. Maisonneuve et Larose, Paris, 119 p.
22. Wambeke A., 1995, *Sols des tropiques: Propriétés et Appréciation*; CTA, Paris, 336 p.
23. Young A., 1998, *L'agroforesterie pour la conservation du sol*; ICRAF - CTA, Wageningen; 194 p.
24. Yuku L., 2001, *Impacts de la déforestation sur la dégradation des sols et leurs retombées sur les conditions de vie de la population du village de Tadila (Bas-Congo)*; Mémoire de DESS, inédit, ERAIFT/Université de Kinshasa, 112 p.
25. Anonyme, 1980, *Memento de l'Agronome*. 3^e édition, Ministère français de la coopération; Collection Techniques rurales en Afrique, Saverdun, 1600 p.

E. Yuku Lotutala, Congolais (RDC), PhD, Chef de Travaux, Institut Supérieur Pédagogique de Mbanza-Ngungu, Département de Biologie-Chimie, Mbanza-Ngungu, République Démocratique du Congo; École Régionale Post-Universitaire d'Aménagement et de Gestion Intégrés des Forêts et Territoires Tropicaux, Kinshasa, République Démocratique du Congo.

A. Kimbembé ma Ibaka, Congolais (RDC), PhD, Professeur, Institut Supérieur Pédagogique de Mbanza-Ngungu, Département de Biologie-Chimie, Mbanza-Ngungu, République Démocratique du Congo.

Qualité hygiénique du poisson transformé et commercialisé au Tchad

J.C. Micha^{1,3*}, A. Gamane Kaffine^{1,2} & A. Tidjani⁴

Keywords: Quality- processed fish- Insurance quality- HACCP- Chad

Résumé

Au Tchad, le poisson transformé est l'une des denrées accessibles à toutes les couches sociales. A ce titre, il devient une préoccupation de sécurité alimentaire. Il est, de plus en plus, sujet à de probables risques de contamination dus aux inobservances des règles d'hygiène. A cause de cette suspicion, la consommation du poisson transformé devient également un problème de santé publique. Cette étude vise à évaluer la qualité hygiénique du poisson transformé et commercialisé au Tchad. Une analyse microbiologique a été réalisée sur 15 échantillons de poissons fumés et 15 échantillons de poissons séchés, prélevés au hasard dans un tas de produits finis appartenant à une population de 100 mareyeuses. Ces échantillons provenaient de quatre villages en bordure sud du lac Tchad et du marché de poissons de N'Djaména. Les résultats ont indiqué que 83,3% des produits analysés étaient positifs pour les germes recherchés et n'étaient pas satisfaisants pour la consommation humaine contre 16,7% de satisfaisants. L'observation des milieux de travail a montré des défauts technologiques dans le diagramme de production des poissons: inobservance des règles d'hygiène, utilisation de produits de conservation non homologués, etc. Les produits traités contenaient des salmonelles, des staphylocoques, des coliformes, des moisissures, des levures, des flores mésophiles, des bactéries anaérobies sulfite-réductrices (ASR), des Clostridium et des Escherichia coli. Cela prouve à suffisance que les transformateurs ne respectent pas les règles élémentaires d'hygiène. De toute évidence, les résultats de ces analyses invitent les acteurs à une amélioration de la qualité microbiologique du poisson transformé et commercialisé au Tchad.

Summary

Hygienic Quality of Processed Fish Marketed in Chad

In Chad, processed fish is one of the food commodities available to all social classes. It is increasingly subject to probable risks of contamination due to the inobservance of the hygiene rules. Because of this suspicion, the consumption of processed fish becomes also a public health problem. This study aims to assess the hygienic quality of fish processed and marketed in Chad. A microbiological analysis was performed on 15 samples of smoked fish and 15 samples of dried fish, randomly collected from a bunch of finished products belonging to a population of 100 female wholesale fish merchants. The fish samples were taken from four villages in the southern border of the Chad Lake, and from N'Djamena fish market. The results indicated that 83.3% of the products were positive to all investigated germs, and that the products were not satisfactory for human consumption compared to 16.7% satisfactory to human consumption. Observations of the working places showed significant technical defects in the fish production process such a non-observance of hygienic rules, the use of not approved conservation products etc. The processed products contained Salmonella sp., Staphylococci, Coliforms, fungi and yeasts, mesophilic flora, anaerobic sulfite-reducing bacteria (ASR), Clostridium and Escherichia coli. This proves clearly that the processors do not respect the basic rules of hygiene. Hence, the results of these analyses urge the actors to improve the microbiological quality of the fish processed and marketed in Chad.

¹École Régionale Post-Universitaire d'Aménagement et de Gestion Intégrés des Forêts et Territoires Tropicaux, Kinshasa, République Démocratique du Congo.

²Ministère de l'Elevage et de l'Hydraulique, Direction Générale des Ressources Halieutiques, N'Djaména, Tchad.

³Université de Namur, Unité de Recherche en Biologie Environnementale, Namur, Belgique.

⁴Université de N'Djaména, Faculté des sciences de la Santé, N'Djaména, Tchad.

*Auteur correspondant: jean-claude.micha@unamur.be

Reçu le 06.11.15 et accepté pour publication le 13.11.17

Introduction

Dans un pays comme le Tchad, le potentiel de production halieutique théorique s'élève à 150.000 tonnes par an. La production estimée en 2002 par l'administration des pêches (11), s'élève à 93.000 tonnes de poissons dont 33.000 tonnes (35%) proviendraient du lac Tchad et le reste serait issu des fleuves et autres plans d'eau. Comme plus de 60% des captures sont destinées à la transformation, une attention particulière doit être de mise pour assurer la qualité hygiénique de ce type de denrées. Au regard des défauts observés dans les pratiques de la transformation du poisson commercialisé au Tchad, il est évident que la qualité hygiénique est remise en cause par les inobservances de règles basiques de bonnes pratiques d'hygiène (BPH) et les bonnes pratiques de fabrication (BPF).

On estime que le respect des règles d'hygiène dans les marchés et dans les industries de traitement des produits de la pêche comme la lutte contre les mouches, le port de gants et de masques, est une condition hygiénique salvatrice (26).

Les poissons transformés sont, en effet, soumis à un risque de contamination important par les contacts avec les tables de découpe, les outils, le personnel qui peuvent servir de vecteurs dans l'introduction de germes apportant des risques hygiéniques (coliformes, staphylocoques, *Clostridium* et salmonelles).

De plus, les poissons débarrassés de leurs barrières naturelles (peau, écailles) deviennent de plus en plus vulnérables à la pénétration beaucoup plus aisée des contaminants lors des manipulations.

Dans ce travail les germes recherchés sont pathogènes. Il s'agit particulièrement des genres *Salmonella*, *Staphylococcus* et *Clostridium*.

Ces bactéries font l'objet de recherche systématique dans les usines de transformation de poissons pour mieux apprécier la qualité hygiénique des produits finis (2).

Il est donc connu par les praticiens que, juste après la capture, le poisson dont les muscles sont pratiquement stériles (14) ne renferme des bactéries que sur la peau, les branchies et dans les viscères. La majorité de cette flore bactérienne à l'exception de *Clostridium botulinum*, *Vibrio parahaemolyticus* et *Listeria monocytogenes*, est de nature banale, donc inoffensive (1, 2).

La consommation du poisson conservé au Tchad est une question de sécurité alimentaire car toutes les couches sociales s'identifient dans cette denrée de première nécessité. Cependant, il y a de fortes suspicions sur de probables contaminations par des germes pathogènes. Plusieurs facteurs de risques de contamination du poisson transformé aux différentes étapes de fabrication notamment au stade de mise en vente du produit fini, sont à déterminer.

Le présent travail vise à préciser la qualité hygiénique du poisson transformé en déterminant les germes potentiels dans le processus de transformation et à assurer la sécurité de ces aliments vis-à-vis du consommateur.

Matériel et méthodes

Dans le but d'améliorer la qualité du poisson transformé, l'étude s'est basée sur une méthodologie inspirée du concept HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point).

Matériels biologique et technique

L'étude a été menée, de septembre 2014 à février 2015, dans les villages situés en bordure sud du lac Tchad (Mitteriné, Guitté, Mahada et Douguia) dans la sous-préfecture de Mani, bourgade située à environ 110 km nord-ouest de la ville de N'Djaména capitale de la République du Tchad et au marché de poisson de N'Djaména au quartier Habena.

Les analyses microbiologiques ont été faites au Laboratoire de l'Institut de Recherche en Elevage pour le Développement à N'Djaména au sein de l'unité des analyses microbiologiques alimentaires. Dans le cadre des recherches des germes pathogènes incriminés, nous avons fait usage des matériels conventionnels du laboratoire des analyses microbiologiques (broyeur, étuves, compteur de colonies, hotte de sécurité.....les milieux (Tableau 1).

Méthodes

Nous avons choisi de façon aléatoire une population de cent femmes transformatrices de poissons dans quatre localités (Figure 1), situées en bordure sud du Lac Tchad. Nous avons utilisé dans le cadre de cette étude, des poissons transformés, prélevés 5 de chaque type (séché et fumé) par village (4) dans les conditions d'asepsie totale à la fin du processus de transformation (prêts pour la vente) et 10 de chaque type sur les étals des vendeuses au marché de poisson à N'Djaména. Au total 60 poissons ont été collectés mais après tri des échantillons au laboratoire, 30 dont 3 dans chaque site et marché ont été utilisés aléatoirement pour les analyses. Notre unité d'analyse microbiologique utilise et respecte les normes de l'Association Française de Normalisation (4).

Milieux de cultures utilisés

Différents milieux de cultures ont été utilisés pour faire les analyses bactériologiques. A chaque germe recherché correspond un milieu spécifique et une analyse spéciale (Tableau 1).

Tableau 1
Méthodes et milieux de cultures utilisées pour les germes recherchés.

Germes recherchés	Milieu de culture	Température d'incubation	Durée d'incubation	Norme appliquée
FAMT	Gélose Plate Count Agar (PCA).	37°C	72 heures	ISO 4833 (février 2003)
Moisissures et levures	Gélose Sabouraud + Chloramphénicol, 500 g	30°C		(NF ISO 7854 / ICV 0822 (1998)
Coliformes fécaux	Gélose de Mac Conkey	44 °C	24 heures	(ISO 4832, fév 2006)
ASR	TSC (Tritose Sulfite Cycloserine)	37 °C	24 heures.	ISO 7937 (Avril 2004)
<i>Staphylococcus aureus</i>	Baird Parker solide Eau peptonée tamponnée	37 °C	24 heures	(V08-057-1 janvier 2004)
Salmonelles	RVS (Rappaport-Vasiliadis-Soya), HKT et XLD (Hektoène et Xylose lysine désoxy-chocolat), Kligler (Hadjina-Kligler).			ISO 6579/A1 (juillet 2007)

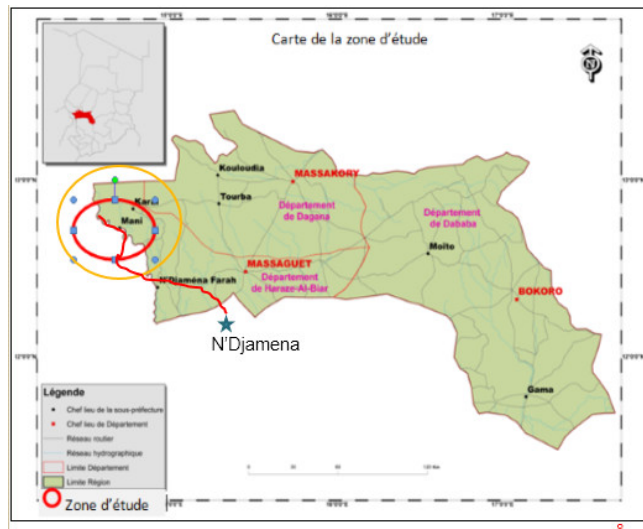
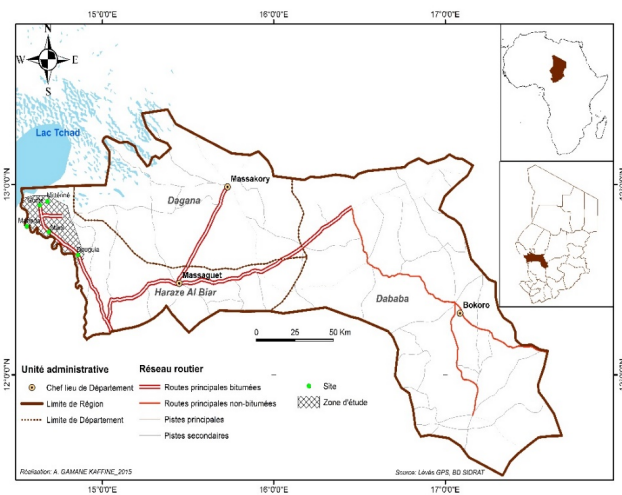


Figure 1: Localisation des sites d'étude de la qualité des poissons séchés et fumés en bordure du lac Tchad.

Résultats

Les résultats concernent les germes de contamination et d'altération suivants: flore globale, coliformes totaux et fécaux, *Staphylococcus aureus*, bactéries anaérobies sulfite-réductrices (ASR), salmonelles, moisissures et levures, *Clostridium* et enfin *Escherichia coli*.

Qualité microbiologique de l'échantillon des poissons prélevés

Les principaux microorganismes dénombrés dans les 30 échantillons de poissons prélevés dans les 4 sites de transformation en bordure du lac Tchad et au marché aux poissons de N'Djamena sont consignés dans les tableaux 2 à 7.

Flore Mésophile Aérobie Totale (FMAT)

Les résultats des analyses microbiologiques montrent que 100% des échantillons traités sont contaminés par la flore mésophile totale avec une valeur moyenne de l'ordre de $188,07 \cdot 10^5$ UFC/g (Unité Forma Colonies par gramme) pour les poissons séchés et de $117,6 \cdot 10^5$ UFC/g pour le poisson fumé. Tous les échantillons sont contaminés.

Coliformes Totaux (CT)

Le dénombrement des coliformes totaux dans les poissons séchés montre que 5 sur les 15 échantillons traités ont une valeur inférieure à 10^3 UFC/g (NF ISO 4832), soit 33,3% et les 9/15 des échantillons affichent une valeur supérieure à 10^3 UFC/g, soit 60%. Par contre un seul échantillon traité est négatif soit 6,7%.

Le dénombrement des coliformes totaux pour les poissons fumés montre que 46,7% des échantillons traités ont une valeur nulle et donc négatifs soit 46,7% et 40% ont une valeur inférieure à 10^3 UFC/g, par contre 13,3% ont une valeur supérieure à la norme (Tableau 3).

Coliformes Fécaux (CF)

Pour les coliformes fécaux, les résultats des échantillons traités ont révélé que pour les poissons séchés 6,7% des produits ont une charge microbienne inférieure à 10 UFC/ et les 93,3% restant des échantillons traités ont une charge microbienne supérieure à 10 UFC/g. En ce qui concerne les poissons fumés 53% des produits sont exempts des coliformes fécaux. En outre 13% des échantillons ont une charge inférieure à 10 UFC/g. De même; 33,3% des échantillons de ce même produit affichent au compteur une charge microbienne supérieure à 10 UFC/g, dépassant la norme recommandée. Bref, de tous les échantillons traités, le résultat montre que seulement 6 sur les 30 répondent au critère de satisfaction et sont donc acceptables pour la consommation humaine, suivant la norme sur les coliformes.

Bactéries Anaérobies Sulfito-Réductrices (ASR)

Il s'agit des bactéries du genre *Clostridium* caractérisées par une thermorésistance. Ces germes secrètent des entérotoxines responsables de toxico-infections graves ce qui impose leur absence dans les denrées destinées à l'alimentation humaine. Mais dans la présente étude, 9 échantillons de poissons fumés ont été contaminés par les ASR avec un taux de contamination de 60% à un niveau moyen de 16,63 UCF/g, contre 6 échantillons non contaminés. De même 7 des 15 échantillons de poissons séchés sont contaminés, ce qui correspond à un taux de contamination de l'ordre de 47% à un niveau moyen de contamination de l'ordre de 9,3 UCF/g.

Autres germes détectés

Les autres germes détectés lors des analyses sont les moisissures et levures, ces germes ont été détectés dans 10 échantillons de poissons fumés et 8 de poissons séchés. Nous avons noté également la présence de *E. coli* dans 2 échantillons de poissons fumés et 3 de poissons séchés en ayant utilisé le milieu TBX (Tryptone Bile Xylose). Enfin 25 échantillons ont été contaminés par les staphylocoques dont 15 (100%) de poissons séchés et 10 de fumés (66,7%).

Présence des salmonelles dans les échantillons

Plus de la moitié des échantillons ont été positifs au Hektoene (HKT) qui est par excellence un milieu spécifique pour les germes comme les salmonelles et *E. coli*. Ainsi sur les 30 échantillons traités, 25 ont été positifs dont 15 séchés et 10 fumés.

Dans les échantillons de poissons fumés, ont été détectés les différents types de salmonelles suivants: *S. paratyphi A*, *S. typhi A*; *S. galinano*; *S. enteritidis*; *S. partayphi B*; *S. pullorum*; *S. typhimurium*.

Dans les échantillons de poissons séchés ont été détectés les différents types de salmonelles suivants: *S. paratyphi A*, *S. typhi A*; *S. galinano*; *S. enteritidis*; *S. partayphi B*; *S. pullorum* *S. typhimurium*; *S. choleraesuis*; *Citrobacter freundii*.

Les résultats montrent la présence de 100% de salmonelles dans tous les échantillons de poissons séchés, ce qui s'explique par le caractère artisanal des techniques de transformation des poissons séchés (Tableau 6). Il est donc conseillé de retirer des étals les produits incriminés.

Mais par contre pour les poissons fumés, au regard de la figure 2, quelques échantillons de poissons fumés (E_1 , E_2 , E_5 , E_6 , E_7) semblent être conformes pour la consommation car ils ne sont pas contaminés par les salmonelles.

Qualité microbiologique des poissons en fonction des germes

Les analyses microbiologiques montrent que 100% des poissons séchés et 66,7% des poissons fumés analysés sont de qualité microbiologique non satisfaisante au regard de la présence des germes présumés pathogènes (*Salmonella*, *Staphylococcus*). De même pour les germes d'altération et de contamination d'origine fécale, 100% des poissons séchés et 46,7% des poissons fumés sont de mauvaise qualité microbiologique. Les germes responsables de cette mauvaise qualité sont les flores globales (100%) et les coliformes thermotolérants (100%) pour les deux types de produits séchés comme fumés. Cette mauvaise qualité est accentuée par la présence non négligeable de bactéries anaérobies sulfito-réductrices (60% pour les poissons fumés et 47% pour les poissons séchés).

Tableau 2

Niveau de contamination par les flores globales des poissons conservés au lac Tchad en 2015.

Produits	Moyenne	Norme	Prélèvements	Contamination	%
Poisson fumé	117,6.10 ⁵ UFC/g	<3.10 ⁵ UFC/g	15	15	100
Poisson séché	188,07.10 ⁵ UFC/g	<3.10 ⁵ UFC/g	15	15	100

Tableau 3

Niveau de contamination par les Coliformes totaux des poissons conservés au lac Tchad en 2015.

Produits	Moyenne	norme	Prélèvements	Contamination	%
Poisson fumé	42,86.10 ³ UFC/g	<10 ³ UFC/g	15	13	86,7
Poisson séché	142.10 ³ UFC/g	<10 ³ UFC/g	15	8	53,3

Tableau 4

Niveau de contamination par les Coliformes fécaux des poissons conservés au lac Tchad en 2015.

Produits	Moyenne	Norme	Prélèvements	Contamination	%
Poisson fumé	23,73 UFC/g	<10 UFC/g	15	7	46,7
Poisson séché	90,8 UFC/g	<10 UFC/g	15	15	100

Tableau 5

Niveau de contamination par les (ASR) des poissons conservés au lac Tchad en 2015.

Produits	Moyenne	Norme	Prélèvements	Contamination	%
Poisson fumé	16,63 UFC/g	<30 UFC/g	15	9	60
Poisson séché	9,3 UFC/g	<30 UFC/g	15	7	47

Tableau 6

Détermination des *Salmonella* dans le poisson séché au sud du lac Tchad en 2015.

Code labo	Lactose /pente	Glucose /culot	Gaz	H ₂ S	Espèces
36	-	+	+	-	<i>Salmonella paratyphi A</i> ; <i>S. choleraesius</i>
37	-	+	+	-	<i>Salmonella paratyphi A</i> ; <i>S. choleraesius</i>
38	-	+	+	-	<i>Salmonella paratyphi A</i> ; <i>S. choleraesius</i>
39	-	+	+	-	<i>Salmonella paratyphi A</i> ; <i>S. choleraesius</i>
40	-	+	+	-	<i>Salmonella paratyphi A</i> ; <i>S. choleraesius</i>
41	+	+	+	-	<i>Escherichia coli</i>
42	-	+	+	+	<i>Samonella paratyphi B</i> ; <i>S. pullorum</i> ; <i>S. typhimurium</i> ; <i>S. enteritidis</i>
43	+	+	+	-	<i>Escherichia coli</i>
44	-	+	+	-	<i>Salmonella (paratyphi A)</i> ; <i>S. choleraesius</i>
45	+	+	+	+	<i>Citrobater freundii</i>
46	-	+	+	+	<i>Samonella paratyphi B</i> ; <i>S. pullorum</i> ; <i>S. typhimurium</i> ; <i>S. enteritidis</i>
47	-	+	+	+	<i>Samonella paratyphi B</i> ; <i>S. pullorum</i> ; <i>S. typhimurium</i> ; <i>S. enteritidis</i>
48	+	+	+	+	<i>Citrobater freundii</i>
49	-	+	+	+	<i>Samonella paratyphi B</i> ; <i>S. pullorum</i> ; <i>S. typhimurium</i> ; <i>S. enteritidis</i>
50	-	+	+	-	<i>Salmonella paratyphi A</i> ; <i>choleraesius</i>

Tableau 7
Détermination des Salmonella dans le poisson fumé au sud du lac Tchad en 2015.

Code labo	Lactose /pente	Glucose /culot	Gaz	H ₂ S	Espèces
51					Négatif
52					Négatif
53	-	+	+	-	<i>S. paratyphi A</i>
54	+	+	+	-	<i>E. coli</i>
55					Négatif
56					Négatif
57					Négatif
58	-	+	-	+	<i>S. typhi A</i> ; <i>S. galinaro</i>
59	-	+	-	+	<i>S. typhi A</i> ; <i>S. galinaro</i>
60	-	+	+	+	<i>S. enteritidis</i> ; <i>S. paratyphi B</i> ; <i>S. pullorum</i> ; <i>S. typhimurium</i>
61	+	+	+	-	<i>E. coli</i>
62	-	+	+	-	<i>S. paratyphi A</i>
63	-	+	+	+	<i>S. enteritidis</i> ; <i>S. paratyphi B</i> ; <i>S. pullorum</i> ; <i>S. typhimurium</i>
64	-	+	+	+	<i>S. enteritidis</i> ; <i>S. paratyphi B</i> ; <i>S. pullorum</i> ; <i>S. typhimurium</i>
65	-	+	+	+	<i>S. enteritidis</i> ; <i>S. paratyphi B</i> ; <i>S. pullorum</i> ; <i>S. typhimurium</i>

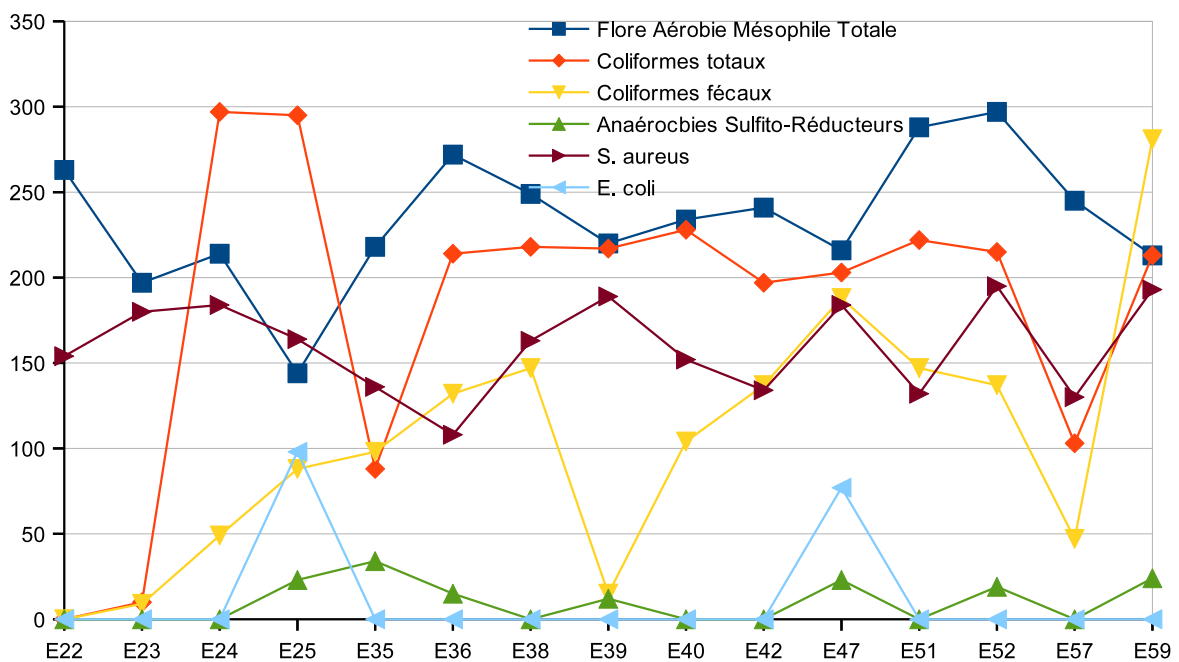


Figure 2: Colonies des germes détectés dans les échantillons de poissons séchés et fumés prélevés au Sud du Lac Tchad et dans le marché de poissons transformés de N'Djamena.

Discussion

Flore d'altération

Le taux de contamination par les flores globales est de 100% pour tous les échantillons traités avec des moyennes respectives de $188,07.10^5$ UFC/g pour les produits séchés et de $117,60.10^5$ UFC/g pour les poissons fumés. Ceci serait dû à la contamination des produits par diverses manipulations inadéquates. En effet, la technologie utilisée dans la transformation artisanale est essentiellement empirique et rudimentaire avec plusieurs défauts dans le diagramme de production (inobservance des règles d'hygiène, non nettoyage des matériels, de la matière première, des mains du personnel de travail). Les transformatrices de poisson n'appliquent pas les règles élémentaires d'hygiène et ne respectent pas les bonnes pratiques de fabrication. Ce constat rejoint celui de nombreux autres auteurs (3, 14, 20). Toutefois, ils diffèrent légèrement de ceux trouvés par Oulaï *et al.* (30) qui annoncent un taux de contamination encore plus élevé (97,6%).

La moyenne de la flore globale des poissons fumés obtenue ($117,6.10^5$ UFC/g) est aussi différente de Oulaï *et al.* (30) qui ont trouvé 310.10^5 UFC/g de produit en travaillant sur 150 échantillons provenant du fumage traditionnel des poissons de la lagune Ebrié en Côte d'Ivoire. Tous deux sont loin de la norme (NF ISO 4833: $\leq 3.10^5$ UFC/g). Un autre auteur Djinou (14) a obtenu pour la flore globale du poisson braisé-séché, un taux de 90% de qualité non satisfaisante alors que nous avons un taux de 83% de non satisfaction.

La connaissance de la flore mésophile totale est importante car elle permet de définir les déviations par rapport aux bonnes pratiques de transformation (1).

Sa présence aussi importante dans nos échantillons montre que le produit est altéré mais ne présente pas une grande incidence sur la santé du consommateur car non toxique.

Par contre ils entraînent des pertes économiques importantes à cause de l'altération des produits ainsi conservés (3).

Coliformes thermotolérants

Ces bactéries sont présentes dans les deux types de poissons transformés avec des moyennes respectives de 23,73 UFC/g pour le poisson fumé et de 90,80 UCF/g pour les poissons séchés avec des taux de contamination respectifs de l'ordre de 46,7% et 100%. Les coliformes thermotolérants sont témoins de mauvaises conditions d'hygiène en l'occurrence l'hygiène du personnel. En effet, ils sont l'hôte du tube digestif de l'homme et des animaux. Leur présence est due à une contamination d'origine fécale.

Les milieux de transformation et l'environnement dans lequel cette activité se pratique sont propices à la prolifération des germes de contamination.

Comme il a été observé sur le terrain auprès des transformatrices à travers les multitudes de défauts (non-respect de règle d'hygiène, les emballages non conformes, l'utilisation des produits chimiques non homologués, l'utilisation des ustensiles.....) (17) dans presque toutes les étapes de production.

Le diagramme de production de ces transformatrices, demande une amélioration à toutes les étapes et un accent particulier doit être mis sur la vulgarisation des bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication. Cette démarche est soutenue par divers auteurs (8, 40). Notre manuel de vulgarisation, publié en février 2017 (18), va dans le sens d'une amélioration des pratiques de transformation-conservation du poisson en respectant un diagramme approprié.

Anaérobies Sulfito-Réducteurs (ASR)

Il s'agit des bactéries du genre *Clostridium* qui sont un indice pour déterminer la qualité microbiologique des poissons fumés et séchés. En effet, nos résultats indiquant un taux de contamination de l'ordre de 47% soit 9,30 UCF/g. sont différents de ceux de Gouen (20), qui a obtenu un faible taux de contamination de 0,9%, de Abotchi (3) qui obtint quant à lui 1,25 UCF/g, avec un taux de contamination de 3,8%. Par conséquent le poisson transformé au Tchad présente une qualité microbiologique douteuse avec forte présence de germes ASR.

Salmonelles, Staphylocoques

Les résultats des analyses des échantillons ont révélé la présence de salmonelles et staphylocoques dans tous les produits de poissons séchés et fumés. On note 100% des échantillons contaminés par salmonelles et staphylocoques dans le poisson séché et 66,7% dans le poisson fumé.

Ceci s'explique par la pêche dans des eaux polluées, le non-respect des mesures élémentaires d'hygiène ainsi que la non application des bonnes pratiques de fabrication.

Ces résultats renforcent la nécessité d'un suivi des diagrammes de production (17), qui, appliqués aux sites de production du lac Tchad, ont montré que toutes les étapes du processus de transformation présentent des points critiques.

Dans des situations identiques, nos résultats se rapprochent de ceux obtenus par Djinou (14) avec un taux de contamination de l'ordre de 0,5% et ceux obtenus par Gouen (20) de l'ordre de 0,2% trouvés dans le poisson fumé, de même ceux de Thiam (39) et Dione (13) sur le poisson braisé-séché au Sénégal qui atteint des taux de contamination respectifs de 79% et 90%.

Par contre Abotchi (3) et Oulaï *et al.* (30), dans leurs études de poissons fumés n'ont trouvé aucun germe de salmonelles dans les échantillons traités, car les traitements des poissons ont respecté les exigences de la bonne transformation.

Observation générale

De manière générale, les défauts observés tout au long du processus de fumage (pour ce qui concerne ce type de transformation), résulteraient du refroidissement mal conduit qui permet aux germes thermotolérants de subsister et proliférer dans le poisson après fumage. De plus, l'inobservance des bonnes pratiques d'hygiène et l'insalubrité de l'environnement des plateformes de transformation seraient à l'origine de la contamination microbienne post fumage (3).

Les claies de séchage, les grilles de fumage, les nattes et tables de parages sont déposées quelques fois à même le sol généralement pollué par des matières organiques en décomposition.

Cette pratique non conforme et le caractère thermorésistant des ASR expliqueraient la présence de ceux-ci dans le poisson fumé.

Les poissons séchés et fumés sont conditionnés dans des bassines ou paniers tapissés au préalable de papier ou de carton de récupération ayant déjà servi à emballer le poisson. Ces pratiques sont observées comme nous par Abotchi (3) et Tidjani *et al.* (40). Ceci pourrait également constituer une source de contamination du produit transformé mis au marché. Cette attitude comportementale serait à l'origine des post contaminations du poisson fumé et séché qui serait soumis à la prolifération des champignons, indique Jeantel *et al.* (25).

Conclusion

Il ressort des analyses bactériologiques que tous les échantillons sont contaminés à différents niveaux par des germes divers et variés dont les plus importants sont des indices pour le contrôle de qualité alimentaire. Le résultat de cette étude confirme l'hypothèse de risques de contamination de poissons transformés avec la présence de 9 espèces de salmonelles dans le produit fini (Tableaux 6 et 7). De plus, 83% des produits exposés présentent une qualité de non satisfaction aux critères de consommation humaine.

De ce qui précède, il est évident que par la présence des salmonelles dans le produit, la qualité hygiénique des poissons transformés commercialisés au Tchad pourrait présenter des risques sanitaires pour le consommateur. Il serait judicieux que les acteurs de la filière en l'occurrence les transformatrices améliorent le procédé en appliquant les bonnes pratiques d'hygiène (BPH) et les bonnes pratiques de fabrication (BPF).

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier l'Union Européenne à travers ERAIFT/UNESCO qui a appuyé le financement du DESS objet de cette étude et l'Institut de Recherche en Elevage pour le Développement (IRED) de N'Djaména pour son appui logistique pour les analyses microbiologiques des échantillons.

Références bibliographiques

1. Ababouch L., 1995, *Assurance de la qualité en industries halieutiques*. Rabat: Actes. Ed., 210 p.
2. Abdel Rahim A., 2011, *Evaluation de la qualité microbiologique des poissons braises et de leurs assaisonnements vendus dans les rues de la ville de Ouagadougou*. Mémoire de DEA, Université d'Ouagadougou, Ouagadougou, 60 p.
3. Abotchi K., 2010, *Evaluation de la qualité microbiologique des poissons fumés artisanalement au Togo*. Mémoire de master 2 en qualité des aliments de l'homme de l'Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar, 30 p.
4. AFNOR, 1996, *Analyse microbiologique. T2: contrôle de la qualité des produits alimentaires*. Paris: AFNOR édition, 545 p.
5. AFNOR, 2002, *Microbiologie alimentaire. Méthodes horizontales de référence*. Tome 1, 8^{ème} édition, Saint Denis La Plaine, Recueil normes, Agroalimentaire, 299 p.
6. Ahi K., 1990, *Contribution à l'étude de l'espèce Salmonella en Côte d'Ivoire*. Thèse Méd. Abidjan, 133 p.
7. ASCOMA, 2002, *Etudes des aspects socio-économiques de la qualité et de la sécurité sanitaire des aliments de rue dans les régions de Ségou et Sikasso et dans le district de Bamako*. Fondation SADAOC, 59 p.
8. Barro N., Gamene A.A., Itsiembou Y., Savadogo A., Nikiema A.P., Outtara C.A.T., De Souza C.A. & Traore A.S., 2007, Street-vended Food improvement: Contamination Mechanism and Application of Food Safety Objective Strategy: Critical review, *Pak. J. Nutr.*, **6**, 1, 1-10.
9. Bryan F.L., Michanie S.C., Alvarez P. & Paniagua A., 1988, Critical controls points of street vended foods in Dominican Republic, *J. Food Prot.*, **51**, 373-383.
10. Bureau International du Travail, 1991, *Série Technologie, dossier technique n°3, Transformation du poisson à petite échelle*, Genève, 111 p.
11. CIMA-internationale et SOGEC, 2002, *Étude du sous-secteur de la pêche et de la pisciculture au Tchad Bilan diagnostic*, DPA, N'Djaména, 600 p.
12. Codex Alimentarius, 1969, Vol. **A** (*Code d'usages international recommandé. Principes généraux d'hygiène alimentaire*). Vol. **B** (*Code d'usages international recommandé pour le poisson frais*). Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires, FAO, Via delle Terme de Caracalla, 00100 Rome (Italie).
13. Dione D., 2003, *Etude de qualité microbiologique et chimique du poisson braisé-séché*. Mémoire DEA: Productions animales, Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires, Dakar, 113 p.

14. Djinou H.P.A.B., 2001, *Etude de la qualité microbiologique du poisson fumé artisanalement en Côte d'Ivoire et destiné à l'exportation*, Thèse: Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires: Dakar, 23 p.
15. Dubroca S., Correge I., Goueset M., Guyomard F., Loiseau M., Salaum Y., Minvielle B. & Le Roux A., 2005, -Caractérisation du statut «salmonelles» d'un élevage de porcs: Analyse comparée de la sérologie et de la bactériologie. *Epidémiol. Santé Anim.*, **48**, 41-49.
16. Frazier N.W., Sylvester E.S. & Richardson J., 1988, *Fraise froissée*. In: *Les maladies virales des petits fruits* (Eds. Converse, RH). USDA Agriculture Handbook N° 631.
17. Gamané K.A., Micha J.-C. & Tidjani A., 2016, Démarche Assurance Qualité dans le secteur de production du poisson transformé au Tchad, *Rev. Sci. Tech. Environ. Bassin Congo*, **7**, 53-64.
18. Gamané K.A., Micha J.-C. & Tidjani A., 2017, *Processus Assurance Qualité des poissons transformés au Tchad*, Editions Universitaires Européennes/ OmniScriptum Saarbrücken, 101 p.
19. Gamané K.A., 2007, *Evaluation physique des pertes post capture des produits de la pêche avec les communautés de Mitteriné Lac Tchad*, Institut AVD-Tchad, Mémoire pour la licence professionnelle en gestion de l'environnement, N'Djamena, 63 p.
20. Gouen B. B., 2006, *Contribution à l'évolution de la qualité microbiologique du poisson fumé en Côte d'Ivoire et destiné à l'exportation*, Thèse, Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires, Dakar, 13 p.
21. GRET (Groupe de Recherche et d'Echange Technologique), 1993, *Conservier et transformer le poisson*. Paris: Le point, 286 p.
22. Hugo P., 1993, *Etude des techniques de conservation des produits animaux au Sahel*. Mémoire de fin d'étude de l'Université de Technologie de Compiègne, 54 p.
23. HUSS H.H., 1988, *Le poisson frais: sa qualité et altération de qualité*. Rome: FAO, DANIDA, 132 p.
24. Itsiembou Y., 2003, *La technologie des aliments des petites industries agroalimentaires traditionnelles: cas des aliments de rue*. DESS-IAA, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 93 p.
25. Jeantel R., Croguennec T., Schuck P. & Brule G, 2006, *Altération des aliments*. In: *Science des aliments. Stabilisation biologique et physico - chimique*. Paris: Lavoisier, 392 p.
26. Mensah P., Yeboah-Manu D., Owusu-Darko K., Ablorde A., 2002, Street foods in Accra Ghana: how safe are they? *Bull. World Health Organ.*, **80**, 1-14.
27. Miamoufiti P., 2003, *Guide des bonnes pratiques de fabrication artisanale et d'hygiène du poisson*, éditeur CEMAC, Brazzaville, 56 p.
28. Muinde K. & Kuria E., 2005, Hygienic and sanitary practices of vendors of street foods in Nairobi, Kenya, *Afr. J. Food, Agric. Nutr. Dev.*, **5**, 1, 1-14.
29. Ndiaye A., 1998, *Contribution à l'étude de l'évolution de la qualité Bactériologique des produits de la pêche destinés à l'exportation en 1998 et 1997*, Thèse: (Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires), Dakar, 120 p.
30. Oulaï F.S., Koffi A.R., Koussemon M., Dje M., Kakou C. & Kamenou A., 2007, Evaluation de la qualité microbiologique des poissons *Ehtmalosa fimbriata* et *Sardinella aurita* fumés traditionnellement, *Microbiol. Hyg. Vol.*, **19**, 55.
31. Oultara B., 1986, *Etude de la qualité bactériologique des filets de poissons congelés*, Thèse, Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires, Dakar, 200 p.
32. Rozier J., 1986, *Qualité hygiénique des aliments*. RTVA, **214**, 7-12.
33. Rozier J., Carlier F. & Boinot F., 1983, Dégradation des aliments par les micro-organismes. *Cah. Nutr. Diététique*, **4**, 220-226.
34. Rozier J., Carlier F. & Boinot F., 1985, *Bases microbiologiques de l'hygiène des aliments*. Paris, Ed. SEPAIC, 230 p.
35. Sainclivier M., 1985, *L'industrie alimentaire halieutique*, volume 3 des techniques ancestrales à leurs réalisations contemporaines. Rennes: ENSA, 366 p.
36. Seydi Mg., Pangui L. & Azibe M., 1992, Qualité hygiénique des filets de poissons congelés produits au Sénégal, *Rev. Microbiol. Hygiène Alimentaire*, **4**, 12-17.
37. Shewan J.M., 1977, *The bacteriology of fish and spoiling fish and some related chemical changes induced by bacterial action*. In: *handling processing and marketing of tropical fish*. Londres Tropical Product Institute, 76 p.
38. Teutscher F., Tall A. & Jallow A.M., 1995, Rapport de l'atelier sur le thème "A la recherche des améliorations en technologie du poisson en Afrique de l'Ouest. Pointe-Noire, Congo, 7-9 novembre 1994. Cotonou, Projet DIPA, 82 p.
39. Thiam A., 1993, *Contribution à l'étude de la qualité microbiologique et chimique du poisson braisé-séché (Ketiaakh) commercialisé sur le marché dakarois*, Thèse, Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires, Dakar, 15 p.
40. Tidjani A., Doutoum A.A., Brahim B.O., Bechir M., Tidjani S.M.T., Toukourou F. & de Souza C., 2013, Démarche Assurance Qualité dans le Plan de Maîtrise des Diagrammes de Production des Viandes Séchées «Kilichi» Commercialisées au Tchad. *Microbiol. Hyg. Alim.*, **72**, 25.
41. Toure H.M., 1996, *Contribution à l'étude de l'évolution de la contamination par les coliformes fécaux des filets de poisson sénégalais destinés à l'exportation*, Thèse, Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires, Dakar, 17, 66 p.

J.-C. Micha, Belge, PhD, Professeur Emérite, Université de Namur, Unité de Recherche en Biologie Environnementale, Namur, Belgique; École Régionale Post-Universitaire d'Aménagement et de Gestion Intégrés des Forêts et Territoires Tropicaux, Kinshasa, République Démocratique du Congo.

A. Gamane Kaffine, Tchadien, PhD, Chercheur, Ministère de l'Élevage et de l'Hydraulique, Direction Générale des Ressources Halieutiques, N'Djaména - Tchad; École Régionale Post-Universitaire d'Aménagement et de Gestion Intégrés des Forêts et Territoires Tropicaux, Kinshasa, République Démocratique du Congo.

A. Tidjani, Tchadien, PhD, Enseignant-Chercheur, Université de N'Djaména. Faculté des sciences de la Santé, N'Djaména - Tchad .

Analyses prospectives des possibilités d'amélioration durable des performances des exploitations agricoles de l'Ouest du Bassin Arachidier du Sénégal: cas des producteurs de *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.)

A. Camara^{1*}, A. Dieng¹ & G. Mergeai²

Keywords: Survey- Farming systems- Synergies- Agriculture- Livestock- Senegal

Résumé

Une enquête a été menée auprès de 65 Exploitations Familiales (EF) cultivant le *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) dans le Sud-Ouest du Bassin Arachidier sénégalais afin de comprendre leur fonctionnement et identifier des innovations agricoles permettant d'améliorer durablement leurs performances. Les résultats obtenus ont fait l'objet d'une analyse en composantes principales suivie d'une classification ascendante hiérarchisée. Ces analyses ont permis de classer les EF en quatre grands types qui correspondent globalement aux grandes classes mises en évidence lors de travaux précédents réalisés dans la région en considérant l'importance des ressources disponibles. L'équipement agricole et le type d'élevage sont les principaux facteurs discriminant de cette classification. Les exploitations agricoles de type I représentent 6% de l'effectif total. Elles disposent en moyenne de 27,5 ha; de l'ensemble du matériel agricole de traction animale et d'un cheptel important et diversifié. Le type I se distingue du type IV (11%) principalement par son cheptel plus important. Le type II (31%) est essentiellement constitué d'agriculteurs qui disposent en moyenne de 5,3 ha; sans aucun animal de trait ni de matériel agricole de traction animale. Les exploitations agricoles de ce type sont souvent dans une situation très précaire et leur survie est menacée. Le type III (52%) dispose en moyenne de 9,4 ha et d'un cheptel composé d'ânes et de petits ruminants. Deux grands types de systèmes de culture basés sur la rotation arachide/mil et la monoculture du mil avec un faible apport de fumure organique se retrouvent chez l'ensemble des exploitations enquêtées. L'intégration de la culture de *Jatropha curcas* L. se fait sous forme de haies vives productives généralement mal entretenues du fait de leur faible rentabilité. Les EF étudiées pratiquent en général un élevage extensif peu performant. Les synergies entre les productions animales et végétales sont peu développées au sein des exploitations. Les perspectives d'innovation pour améliorer les

Summary

Prospective Analyzes of the Possibilities for Sustainable Improvement of the Performances of Farms in the Western Senegal Groundnut Basin: Case of the *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) Producers

A survey was conducted with 65 family farms (FFs) cultivating *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) in the southwest of the Senegalese groundnut basin to understand their functioning and to identify sustainable agricultural innovations enabling their performances. In a first step, the Principal Component Analysis (PCA) method was used to analyze the data, followed by Hierarchical Ascendant Classification. Four main farm types of FFs were identified which confirm globally the results of previous researches in the area. Agricultural equipment and livestock type are the main discriminating classification factors. Type I farms represent 6% of the total number and own an average area of 27.5 ha, all agricultural traction-material and a large and diversified livestock. Type I differs from type IV (11%) mainly by its larger herd. Type II (31%) groups mainly farmers who own an average area of 5.3 ha, without any draught animals or agricultural traction equipment. Farms from type II are often in a very precarious situation and their survival is threatened. Type III farms (52%) own an average area of 9.4 ha and hold a herd of donkeys and small ruminants. Two major types of crop systems based on groundnut/mil rotation and millet monoculture with a low intake of organic fertilization are found in all of the surveyed farms. *Jatropha curcas* L. is integrated in the form of productive live hedges that are generally poorly maintained due to their low profitability. Breeding practices are extensive and low performing. Synergies between livestock and plant productions are poorly developed.

¹Ecole Nationale Supérieure d'agriculture, Thiés, Sénégal.

²Université de Liège, Gembloux Agro- Bio tech, Laboratoire d'Agroécologie Tropicale, Gembloux, Belgique.

*Auteur correspondant: Email: camouabib@yahoo.fr

Reçu le 11.01.17 et accepté pour publication le 7.12.17

performances de ces systèmes de production, notamment dans les domaines fourragers, de la fumure organique, de l'agroforesterie et de l'agro-écologie, sont intéressantes pour la plupart des grands types d'exploitation identifiés.

The perspectives of innovation to improve the performances of these production systems, in particular forage, organic manure, agroforestry and agro-ecology, are interesting for the major identified types of farming.

Introduction

Dans le bassin arachidier du Sénégal, les rendements des principales cultures ont tendance à stagner, voire à baisser depuis plusieurs décennies (1); ceci entraîne des déficits céréaliers fréquents en milieu rural (11, 32). Ces baisses de performances sont principalement liées à la faible fertilité des sols (44) et à la diminution et à l'irrégularité de la pluviométrie (1, 5). Toutefois, l'importance de ces facteurs, tout comme leurs effets sur les productions, varient suivant les agro-écosystèmes et, dans une même zone, selon les exploitations agricoles (43). Pour améliorer durablement ces systèmes de production agricole, la diffusion d'innovations agro-écologiques qui tiennent compte des contraintes pédoclimatiques, en particulier des risques associés à la fragilité des sols et aux irrégularités pluviométriques, sociales, et techniques et des objectifs des exploitations agricoles constitue une des voies à privilégier (3, 10, 14, 31, 43, 44).

En effet, l'adoption d'une innovation par une exploitation agricole dépend des contextes naturel et socioéconomique dans lesquels elle se trouve, de la nature et de l'importance de ses moyens de production ainsi que de sa logique de fonctionnement (25) qui dépend elle-même en grande partie des connaissances et des savoir-faire des agriculteurs (15, 44).

L'établissement d'une typologie des Exploitations Familiales (EF) existant dans une région constitue une étape essentielle dans le processus d'innovations agricoles (25). Elle permet de classer les exploitations en un nombre limité de catégories relativement homogènes et contrastées dont les différences sont telles que les interventions destinées aux EF d'un même type puissent être similaires entre elles et différentes de celles conçues pour les autres types (24, 43, 44).

Dans cette publication, nous présentons les résultats d'un travail visant à caractériser les principaux types d'EF existant parmi les membres de la Fédération des Producteurs de Tabanani (*Jatropha curcas* L.) du département de Foundiougne (FPTF). Ceci dans le but d'identifier, dans une étape ultérieure, les innovations agro-écologiques candidates à l'amélioration du fonctionnement de chaque grand type d'exploitation mis en évidence. Le choix des producteurs de la FPTF tient à son niveau d'organisation et de structuration favorable à un diagnostic approfondi et à l'aptitude supposée de ses membres à innover.

Ceux-ci sont, en effet, les premiers à avoir adopté la culture du *Jatropha* dans la région et peuvent constituer un relai intéressant pour l'introduction d'autres innovations, à l'instar de ce qui a été observé lors de l'introduction de la culture de l'anacardier dans la zone.

Matériel et méthodes

Cadre d'étude

Le bassin arachidier du Sénégal (lat. 13°30' et 16°15' nord, long. 14°15' et 17°15' ouest) couvre plus de 60.000 km²; il concentre plus de 40% des superficies cultivées et plus du tiers de la population du pays (34, 36). Le département de Foundiougne (Figure 1), cadre géographique de l'étude, est sous l'influence du climat tropical soudano-sahélien et côtier, caractérisé par deux saisons: une saison sèche (octobre à juin) et une saison pluvieuse (juin-juillet à octobre). Entre 2000 à 2010, la moyenne de précipitations annuelles calculée à partir des données de la station météorologique départementale s'élève à 732±152 mm, avec souvent une mauvaise répartition et des séquences sèches en début de saison des pluies. Dans la classification de la FAO, les sols de la zone appartiennent au groupe "luvic acrisol" (18), caractérisés par une texture à dominante sableuse, une faible teneur en matière organique, une capacité d'échange cationique (CEC) faible, une érosion très marquée et une aptitude culturale limitée. Dix villages répartis selon un axe Nord-Sud (Figure 1), correspondant au gradient pluviométrique observé dans la région, ont été identifiés pour réaliser l'étude.

Collecte des données

La collecte des données a été faite à travers des enquêtes, en 2011 et 2012, sur un échantillon de 65 EF choisies selon la méthode d'échantillonnage aléatoire, avec une taille des échantillons proportionnelle au rapport entre le nombre de membres de la FPTF dans chaque village et l'effectif total des membres de la fédération (39). Les entretiens avec le chef d'exploitation, ou un membre qu'il désigne, ont été organisés autour d'un questionnaire semi-structuré. Le chef d'exploitation (ou le membre désigné) a été interrogé sur la composition des membres de l'EF, les ressources (terres, équipements, etc.), les spéculations cultivées, les tâches culturales et leurs successions, la taille et la composition du cheptel domestique, les pratiques d'élevage, l'utilisation des productions agricoles et/ou d'élevage, les activités non agricoles et leurs contributions au revenu familial (21).

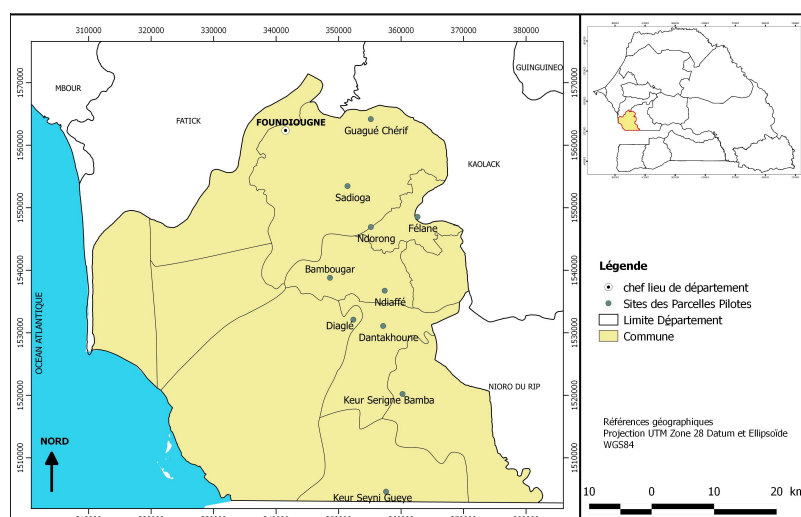


Figure 1: Situation géographique de la zone d'étude et localisation des villages.

Tableau 1

Prétraitement et conversion en kilogramme des unités de mesures utilisées par les producteurs.

Produits	Unités de mesure villageoises	Equivalent en kilogramme
Fumure organique d'origine animale « <i>Tos†</i> »	Charrette à traction équine	120 ± 15
	Charrette à traction asine	55 ± 10
Mélange de terre et de diverses matières organiques décomposées (déjections animales, déchets organiques ménagers, débris de végétaux) « <i>Sunne†</i> »	Charrette à traction équine	280 ± 40
	Charrette à traction asine	150 ± 10
Fane d'arachide	Charrette à traction équine	260 ± 30
	Charrette à traction asine	140 ± 25
Arachide (gousses)	Baril de capacité 200 litres	110 ± 10
Céréales (mil, maïs)	Baril de capacité 200 litres	140 ± 15

† Dénomination en wolof.

Prétraitement et analyse des données

Le prétraitement des certaines données d'enquêtes a débouché sur la conversion des unités de mesures utilisées par les producteurs (charrettes, baril, bottes, etc.) en unités de mesures universelles de poids et de volume (Tableau 1). La main d'œuvre familiale des exploitations est exprimée en nombre d'actifs agricoles qui sont définis comme des personnes majeures, entre 17 et 55 ans, présentes dans l'exploitation durant toute la période de culture (40). De ce fait, les enfants et les personnes âgées de plus de 55 ans ont été estimés à 0,5 actif.

Le temps de travail est ramené à l'homme-jour (H.J) qui correspond au travail d'un actif durant une journée de 6 heures.

Les analyses statistiques ont été faites sur R (R Development Core Team 2015). Une analyse en composantes principales (ACP) a été effectuée pour distinguer, sur base de leurs caractéristiques

structurelles, les grands types d'exploitations de la zone d'étude. Une classification ascendante hiérarchisée (CAH) des facteurs de production a permis de faire ressortir les facteurs discriminants majeurs de la typologie. La qualité de la CAH a été évaluée par la détermination des valeurs de probabilités AU ("*Approximately Unbiased*") et BP ("*Bootstrap Probability*"), à partir de la procédure de ré-échantillonnage bootstrap (41). Il a été admis que l'échantillonnage corrobore la réalité (au seuil d'erreur 0,05) lorsque la valeur de probabilité AU est supérieure à 95%.

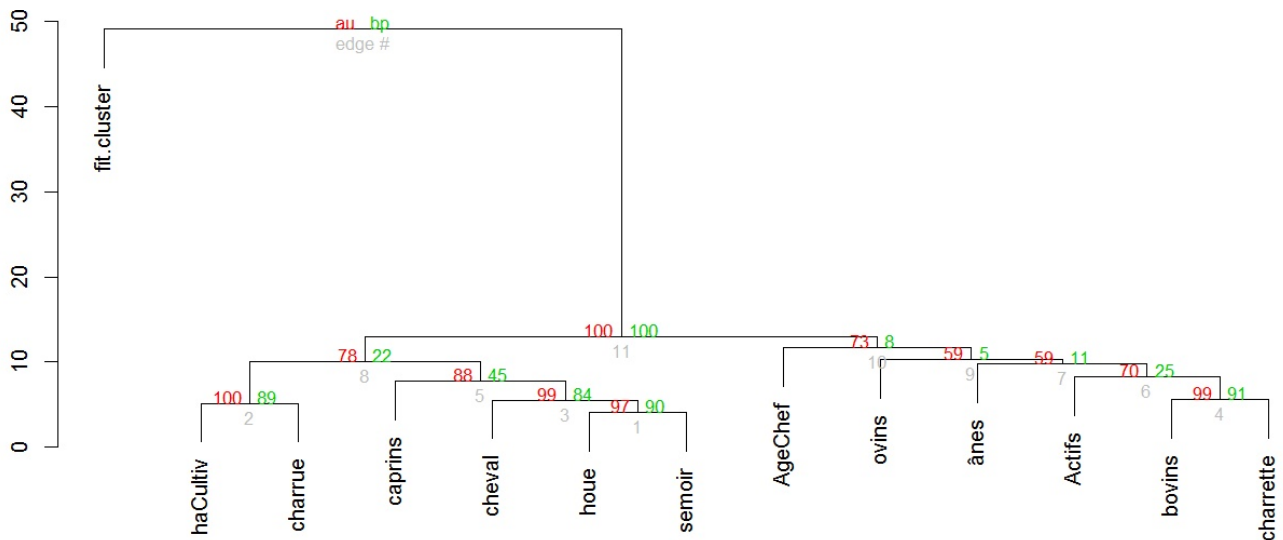


Figure 2: Classification ascendante hiérarchisée des facteurs de productions des EF (avec des valeurs de probabilité -AU/BP - à différents niveaux).

Résultats

Typologie des exploitations

Les facteurs de production

L'ACP montre que deux composantes expliquent 64% de l'information rassemblée sur les caractéristiques des EF.

La première composante qui explique près de 52% de la variation de l'information est déterminée par la possession de houe et de semoir tractés, la présence d'au moins un cheval, la superficie des EF et la possession d'au moins une charrette.

La deuxième composante (qui explique plus de 12% de la variation) est déterminée par la présence d'au moins une charrue et par l'effectif du cheptel bovin. L'analyse par grappe, selon la méthode de CAH, classe ces facteurs parmi les quatre premiers niveaux d'importance (Figure 2). Ces facteurs de production permettent de différencier les EF, avec une fiabilité statistique élevée.

Les valeurs de probabilité AU, toutes supérieures à 95% au niveau des quatre premières grappes, prédisent une faible part de l'incertitude liée à l'échantillonnage. Le poids de chaque facteur dans la caractérisation des EF et les corrélations qui existent entre eux sont illustrés sur la figure 3, par la densité de coloration et l'encoignure des vecteurs.

Les superficies cultivées sont corrélées avec le niveau d'équipement agricole ($R^2= 0,70$ à $0,79$) et l'effectif du cheptel équin ($R^2= 0,64$) des exploitations. La forte corrélation entre l'équipement en houes tractées et le cheptel équin ($R^2= 0,77$), d'une part, et de ce dernier avec le nombre de semoirs ($R^2= 0,83$), d'autre part, dénote l'importance du cheval pour la réalisation rapide du semis et du sarclage. Il faut également noter que les ânes sont souvent mis en

contribution pour la réalisation du semis et du sarclage ($R^2= 0,51$ et $0,60$ respectivement). Le sarclage des surfaces emblavées se faisant essentiellement à la houe tractée, le niveau d'équipement de celle-ci suit celui du semoir ($R^2= 0,88$).

Classification des exploitations

Les EF membres de la FPTF sont, en majorité, dirigées par des hommes (79%) dont l'âge moyen est de 52 ans; les femmes chefs d'exploitations sont essentiellement des veuves âgées d'environ 50 ans. En moyenne, les exploitations sont constituées de 6 actifs et disposent de 10,7 ha de terres cultivables. Toutefois, des contrastes très marqués existent entre elles. Les analyses réalisées permettent de distinguer clairement quatre types d'EF (Figure 4).

Les EF de type I (6%) fonctionnent sous l'autorité d'un homme dont l'âge moyen est de 51 ans. Elles se caractérisent par leur capacité de production élevée.

En effet, elles disposent d'importantes ressources en terres, de toute la gamme d'équipements agricoles utilisés dans la zone et d'un cheptel nombreux et diversifié (Tableau 2). Au niveau de ces exploitations, le cheval est très utilisé pour la réalisation des tâches culturales (semis, sarclage) et le transport. L'équipement agricole de ces EF est lié aux animaux de trait dont elles disposent: la présence de houes tractées, de semoirs et de charrettes mais absence de charrues. Le niveau d'équipement et la disponibilité en main d'œuvre familiale (12,9 actifs par exploitation) permettent à ces exploitations d'emblaver de grandes surfaces.

L'élevage des ruminants domestiques est une caractéristique majeure de ces exploitations. Leurs effectifs moyens s'élèvent à 7,8 unités de bovins; 9,5 unités d'ovins et 19,5 unités de caprins par EF.

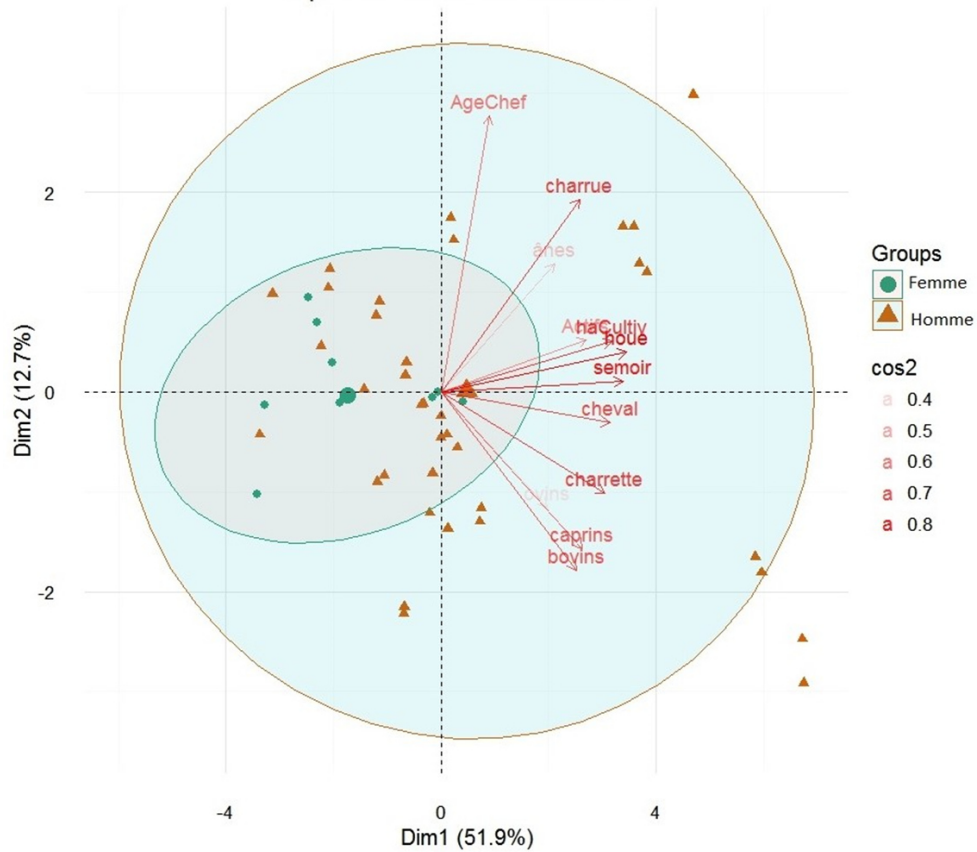


Figure 3: Représentation graphique de la matrice de données d'enquêtes (variables-exploitations) réalisées sur les EF du sud-ouest du Bassin arachidier du Sénégal.

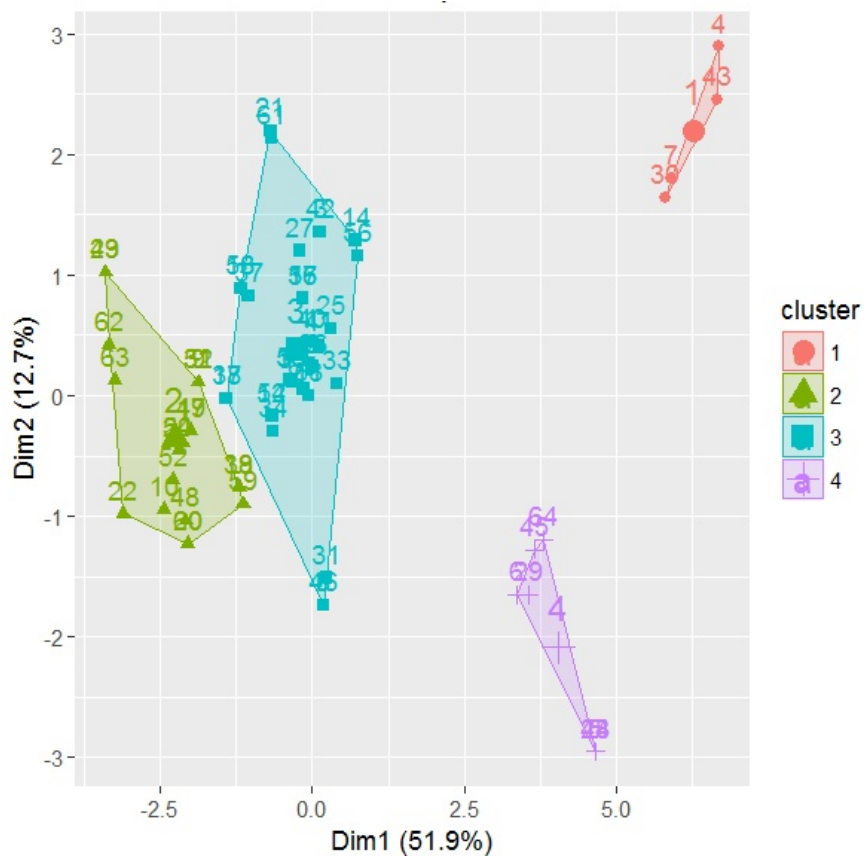


Figure 4: Classification, en quatre groupes (types), des EF du sud du bassin arachidier du Sénégal.

Tableau 2
Principales caractéristiques des différents types d'EF produisant du Jatropha du sud-ouest du bassin arachidier du Sénégal.

Groupes	Proportion (%)	Main d'œuvre et terres			Niveau d'équipement (en nombre)				Composition du troupeau (nombre de têtes)				
		Nombre d'actifs	Superficie totale (ha)	Rapport Sup./Actif	Charrues	Houes tractées	Semoirs	Charrettes	Bovins	Ovins	Caprins	Ânes	Equins
Type I	6,1	12,9 ±5,2	27,5 ±12	3,0 ±2,1	0,5 ±0,5	4,0 ±1,0	3,0 ±0,0	2,5 ±0,5	7,8 ±0,4	9,5 ±2,6	19,5 ±10,5	1,5 ±0,5	2,5 ±0,5
Type II	30,8	3,8 ±1,7	5,3 ±2,4	1,4 ±0,4	0,0	0,6 ±0,5	0,7 ±0,5	0,2 ±0,4	0,2 ±0,6	0,4 ±0,5	1,4 ±1,2	0,5 ±0,5	0,0
Type III	52,3	5,7 ±3,0	9,4 ±3,2	1,9 ±0,6	0,0	1,9 ±0,2	1,3 ±0,4	1,0 ±0,3	1,8 ±1,8	2,2 ±3,0	4,0 ±2,5	1,1 ±0,8	0,3 ±0,6
Type IV	10,8	12,3 ±4,6	23,1 ±6,8	2,5 ±1,6	1,4 ±0,5	3,9 ±1,0	2,4 ±0,5	1,6 ±0,5	3,0 ±2,7	1,9 ±0,6	5,6 ±3,0	2,6 ±0,5	1,4 ±0,5

Tableau 3
Assolement (en ha) et principales cultures des exploitations productrices de Jatropha du sud-ouest du bassin arachidier.

Groupes	Emblavure (ha)	Cultures pluviales				Cultures pérennes ou de contre saison			
		Mil	Arachide†	Maïs	Sésame	Anacardiens	Manguiers	Maraichères	Autres ††
Type I	27,5 ±12	8,5±2,3	8±1,9	2,5±2,0	0,8±0,7	6,5±0,9	0,7±0,5	0,0	0,5±0,9
Type II	5,3 ±2,4	2,1±0,4	1,9±0,6	0,0	0,0	0,5±0,7	0,4±0,5	0,4±0,2	0,0
Type III	9,4±3,2	3,8±1,3	4,1±1,1	0,3±0,5	0,1±0,3	0,7±0,5	0,3±0,5	0,1±0,1	0,0
Type IV	23,1±6,8	7,3±1,8	7,1±1,6	1,8±0,7	1,2±0,6	5,1±1,1	0,5±0,3	0,0	0,1±0,3

† : Arachide associée ou non à *Hibiscus sabdariffa* ("bissap") ou *Vigna unguiculata* ("niébé") ; †† : Agrumes, Pastèques

Le type II (31%) regroupe des chefs d'exploitation dont l'âge moyen est proche de 54 ans et concentre la majorité des EF dirigée par une femme. Ces EF sont faiblement dotées en moyens de production. Elles se caractérisent par: une disponibilité en terre limitée (5,3 ha par EF), l'absence de certains équipements (charrue, charrette) et des espèces équine et bovine (Tableau 3). La disponibilité en terre est une contrainte majeure pour le tiers d'entre elles (soit 7 EF sur l'ensemble des 65 enquêtées) qui disposent de moins de 4 ha chacune. Dans les ménages polygames, on assiste souvent à un morcellement du foncier entre les différentes veuves après le décès de leur mari. Leur sous-équipement en matériel agricole de base est très marqué: la moitié de ces exploitations ne dispose d'aucun équipement agricole à traction animale. L'exécution des travaux des champs manuellement se traduit fréquemment par une dizaine de jours de retard dans le déroulement du calendrier culturel.

Ceci affecte négativement les rendements obtenus. L'élevage est peu pratiqué et concerne essentiellement l'espèce caprine. L'élevage des ovins et des asins n'est pratiqué que par une partie de ces exploitations.

Le type III (52%) est composé d'EF de taille moyenne dont la majorité (88%) est sous l'autorité d'un homme. Ce sont les EF dont l'âge moyen du chef est le plus faible (49 ans). Elles se caractérisent par un niveau intermédiaire de capital de production et de ressources foncières. Elles disposent en moyenne de 9,4 ha de terre, de l'ensemble des équipements agricoles (sauf la charrue) et de toutes les espèces d'animaux domestiques (Tableau 3).

L'essentiel de ces exploitations (82%) possède au moins un animal de trait, généralement un âne. Elles privilégient, pour la plupart (79% des EF de type III, soit 42% de l'ensemble des EF enquêtées), la culture de l'arachide par rapport à celle du mil. L'élevage de ruminants est orienté vers l'exploitation des caprins qui sont plus prolifiques et accessibles à moindre coût.

Les EF de type IV (11%) sont dirigées par des hommes âgés en moyenne de 62 ans. Elles sont, à l'image de celles de type I, caractérisées par l'importance de leurs moyens de production agricole. Elles disposent de grandes surfaces cultivables (23,1 ha), d'une forte main d'œuvre familiale (12,3 actifs), d'un équipement agricole diversifié et de plusieurs espèces d'animaux domestiques (Tableau 3). Elles se différencient de celles de type I par leurs pratiques d'élevage et le choix de leurs équipements agricoles. En effet, les EF de type IV ont des cheptels moins nombreux que celles de type I, d'une part, et elles accordent une importance particulière au taureau et à l'âne, plus endurants que le cheval dans le travail des sols lourds, d'autre part. Dans la gamme de leurs équipements agricoles, la charrue y est plus présente qu'au niveau des EF de type I. Celle-ci est acquise directement en priorité par rapport aux autres outils aratoires en traction animale car les sols dont disposent ces EF sont trop lourds pour être travaillés avec des houes tractées.

De manière générale, le matériel agricole de traction est caractérisé par sa vétusté. Son renouvellement ne se produit que très rarement, à un taux moyen de 1,6% par an.

Par ailleurs, des disparités de niveau d'équipement et de dotation en ressources existent entre les EF, en fonction des villages. Ceux situés plus au sud et plus éloignés des points d'échange, notamment Keur Seyni Guèye, Keur Serigne Bamba et Dantakhoune, concentrent l'essentiel des EF de types I et IV. A l'inverse, les exploitations de type II sont généralement situées dans les villages de Diaglè, Bambougar et Félane situés plutôt au centre de la zone d'étude. Cette différenciation de disponibilité foncière entre les villages pourrait s'expliquer, en partie, par un plus faible morcellement des terres dans les villages éloignés du fait de leur colonisation plus récente.

Les productions végétales

Les productions végétales sont dominées par les cultures pluviales qui occupent entre 74 et 88% des superficies agricoles (Tableau 3). Deux grands types de systèmes de culture dominant: la monoculture du mil (avec apport de fumure organique) et la rotation biennale Mil/Arachide.

Quand il est cultivé en continu dans les champs de case, le mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.], bénéficie généralement de l'apport d'une faible quantité de fumure organique (moins de 1,5 t.ha⁻¹ de matière brute). Son semis est fait à sec, à l'aide d'un semoir tracté, avec des écartements moyens de 90×90 cm. Les semences utilisées sont essentiellement autoproduites (98%) et de cycle moyen à long (95 à 120 j). L'entretien de la culture nécessite deux à trois sarclages. A l'exception des exploitations de type II qui le réalisent souvent à la main, celui-ci se fait quasi systématiquement par des passages à la houe tractée suivis d'un désherbage manuel dans les lignes. Cette opération mobilise une main d'œuvre importante, notamment le premier sarclage qui demande environ un tiers de travail en plus que le deuxième. La rapidité d'exécution du sarclage est souvent une condition pour garantir une bonne production. Ceci explique en partie les meilleurs rendements obtenus par les exploitations qui peuvent le réaliser en traction animale. Les rendements varient entre 600 et 900 kg.ha⁻¹ de mil (grains), selon les villages (Tableau 4) et les catégories d'EF (Tableau 5). La culture continue du mil s'observe chez toutes les EF de types I et IV, ainsi que chez 68% des EF de type III et 10% des EF de type II.

La rotation Mil/Arachide est généralement pratiquée dans les champs plus éloignés des cases. Ces cultures sont sarclées après celles des champs de cases; en outre, elles ne bénéficient d'aucune fumure organique. Les rendements en mil obtenus varient entre 200 et 600 kg.ha⁻¹, suivant les villages (Tableau 4). Les plus faibles rendements (200 kg.ha⁻¹) qui traduisent une faible fertilité des sols, et/ou une mauvaise exécution des itinéraires techniques, sont obtenus par les EF de type II et une partie des EF de type III (Tableau 5). Celles-ci ne disposent pas

d'équipements agricoles adéquats et/ou de la main d'œuvre nécessaire, pour exécuter à temps les opérations du calendrier cultural. Il est également probable que ces catégories concentrent les derniers arrivants dans les villages qui n'ont pu avoir accès qu'aux terres marginales, pauvres et fragiles, voire inaptés à la culture. Le poids de ces contraintes au niveau des EF et une conjoncture climatique défavorable (mauvaise répartition des pluies) peuvent contraindre certains agriculteurs de type II à abandonner des champs de mil envahis par les adventices. Lorsque la disponibilité en main d'œuvre est le principal facteur limitant, notamment pour certaines EF de type III, celles-ci accordent la priorité aux cultures d'arachide [*Arachis hypogea* L.]. Dans ce cas, l'arachide est cultivée seule ou en association avec le "bissap" [*Hibiscus sabdariffa* L.] ou le niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. Son semis, en lignes continues espacées de 45 à 50 cm, est fait après la première pluie utile et un grattage superficiel du sol. Les semences d'arachide sont souvent autoproduites (57%) ou achetées (43% dont seulement 2% de semences certifiées). L'itinéraire technique appliqué à la culture de l'arachide varie entre les groupes d'EF: celles de types III intensifient généralement la production en appliquant des densités de semis élevées et un apport localisé d'engrais minéraux à la dose de 25 kg.ha⁻¹ tandis qu'au niveau des autres groupes, surtout les types I et II, l'arachide est associée avec une culture secondaire sans apport d'engrais. Trois sarclages à la houe sont souvent nécessaires, pour assurer le nettoyage des champs. Ils s'accompagnent d'un buttage afin de favoriser l'enfouissement des gousses. Les rendements en gousses sont très variables, suivant les villages (Tableau 4), la densité de semis, la quantité apportée d'engrais minéral et la qualité du désherbage. Les EF de type III ayant intensifié leur culture d'arachide réalisent les meilleurs rendements qui varient entre 900 kg.ha⁻¹ et 1250 kg.ha⁻¹. Les EF de type II réalisent les plus faibles performances agricoles avec des rendements moyens de 300 kg.ha⁻¹. Les rendements réalisés par les types I et IV sont intermédiaires, 750 kg.ha⁻¹ et 700 kg.ha⁻¹ respectivement.

Les principales étapes de l'itinéraire technique sont: le nettoyage et la préparation des champs, le semis, les sarclages et la récolte. Ces opérations mobilisent une main-d'œuvre importante, essentiellement familiale, surtout au niveau des EF sous-équipées en matériels agricoles (type II). Quand ces opérations culturales sont réalisées en traction animale, le nombre moyen d'H.J nécessaires pour cultiver un hectare passe de 99 à 50 pour le mil et de 85 à 68 pour l'arachide par rapport au travail totalement manuel. Le précédent cultural est déterminant sur le temps de nettoyage: un précédent cultural de mil nécessite un temps plus long qu'un précédent d'arachide.

Tableau 4
Rendements moyens (en kg.ha⁻¹), par village, des cultures de mil et d'arachide.

Villages	Nombre d'EF	Mil (en monoculture)	Mil (dans la rotation)	Arachide
Bambougar	6	613±38	302±73	400±67
Dantakhoune	14	760±44	393±86	820±148
Diaglé	5	602±55	373±80	320±26
Félane	4	665±62	405±93	532±45
Guagué Chérif	5	643±85	402±67	560±44
Keur Serigne Bamba	5	870±33	430±15	853±166
Keur Seyni Guèye	6	915±27	630±34	795±145
Ndiaffé	9	638±67	432±53	573±82
Ndorong Sérère	5	847±53	419±65	630±80
Sadioga	6	780±88	398±37	535±41
Moyenne		733	418	602

Tableau 5
Rendements moyens (en kg.ha⁻¹), par type d'exploitation, des cultures de mil et d'arachide.

Catégories d'EF	Nombre d'EF	Mil (en monoculture)	Mil (dans la rotation)	Arachide
Type I	4	900±28	615±33	750±56
Type II	20	600±58	200±37	300±45
Type III	34	680±35	265±74	1180±98
Type IV	7	930±20	620±52	700±65
Moyenne		696	305	831

Dans le premier cas, le nettoyage consiste à ramasser et brûler les résidus de pailles ayant échappé aux différents prélèvements (par l'homme ou les animaux) alors que les résidus de la culture d'arachide ayant été exportés intégralement laissent le sol nu. Globalement, le nettoyage et le grattage superficiel du sol (avant le semis de l'arachide) nécessite une faible quantité de main d'œuvre (4 à 6% en moyenne du temps annuel de travail), généralement disponible au niveau de l'exploitation. Le semis, essentiellement réalisé avec un semoir, mobilise 12% et 18% du temps des travaux, respectivement pour les cultures de l'arachide et du mil. Chez le mil en particulier, ce taux peut être plus élevé avec le regarnissage des poquets manquants, souvent causés par les attaques de chenilles contre les jeunes plants.

Les contraintes liées à l'indisponibilité de semoirs et d'animaux de trait au niveau de l'EF sous-équipées sont plus marquées dans le cas du semis de l'arachide car le semis du mil se fait à sec et sur une période relativement longue.

Le sarclage est la tâche qui mobilise le plus de main-d'œuvre: 62% de la main d'œuvre pour la culture du mil et 53% pour celle de l'arachide. L'utilisation

d'animaux de trait pour le sarclage réduit sensiblement la demande en main-d'œuvre agricole. La traction équine est plus efficace que la traction asine et permet un gain de temps de 11 à 34%. L'exécution des opérations de sarclage met en évidence une organisation du travail où les femmes et les enfants de moins de 15 ans sont affectés à l'arrachage des résidus d'adventices restés au champ après le sarclage à la houe tractée. Ce travail, exclusivement manuel, est exécuté avec la *daba* (petite houe à fer étroit, à manche courte et incurvée) et le *gnossi* (petite houe à fer large, à manche courte et linéaire).

Certaines EF du type III (42%), ne pouvant pas assurer l'entretien de l'ensemble de leurs champs, concentrent leur effort sur les cultures d'arachide au détriment de la culture du mil.

La récolte mobilise en moyenne 31% de la main d'œuvre pour la culture de l'arachide contre 14% pour la culture du mil. Elle est exclusivement manuelle dans le cas du mil (rabattage des tiges, coupe des épis). Pour l'arachide, elle nécessite une traction animale, généralement fournie par des bovins de trait ou des ânes, pour l'opération de soulèvement des gousses. Le battage de la production (gousses et

fane) séchée au champ et le vannage sont réalisés manuellement. Chez les types I et IV, la main d'œuvre familiale est souvent insuffisante pour la réalisation en temps voulu des opérations de récolte de l'arachide; elles ont alors recours à l'engagement de journaliers («santané») rémunérés à la tâche. D'autres plantes, le maïs, le sésame, l'anacardier et le mangouier et les cultures maraichères, sont cultivées à côté du mil et de l'arachide (Tableau 3). Le maïs et le sésame sont essentiellement cultivés par les EF de types I et IV et, parfois, par celles de type III. Ils occupent moins de 13% des superficies agricoles disponibles au niveau de ces EF. Le maïs est généralement cultivé dans les champs de case, avec un apport de fumure organique et un entretien régulier.

L'arboriculture fruitière, dominée par les plantations d'anacardières et de mangouiers, occupent entre 11 et 26% des superficies agricoles disponibles au niveau de toutes les EF à l'exception de celles du type II qui ne disposent pas de plantations d'arbres fruitiers. Après l'installation de la plantation, les principales activités d'entretien consistent à tailler les arbres, en début d'hivernage et à réaliser un nettoyage autour des pieds, après la saison pluvieuse.

L'entrée en production des plantations d'anacardières survient à partir de la 4^{ème} année. Avant celle-ci, des cultures intercalaires de mil ou d'arachide sont installées entre les lignes d'arbres. La production de noix d'anacarde qui s'étale sur 3 mois s'élève entre 200 et 400 kg.ha⁻¹. Les cultures maraichères sont pratiquées par les femmes, principalement au niveau des EF de types II et III où elles occupent jusqu'à 7,4% des superficies agricoles. Le maraichage est plus pratiqué dans les villages de Diaglé et Bambougar, caractérisés par la prédominance des exploitations de type II et leur proximité par rapport au marché de commercialisation.

L'intégration de *J. curcas* aux systèmes de culture se fait essentiellement (95%) sous forme de haies vives productives en bordure de champs. La disponibilité foncière limitée des EF, les difficultés d'exécution des opérations culturales en traction animale (semis, sarclage) en présence de *Jatropha* en plein champ et la faible attractivité du prix à la vente des graines, comparé à celui des autres cultures, expliquent dans une large mesure ce mode de culture du *Jatropha*. Il est probable que la sécurisation du foncier fasse aussi partie des motivations de l'installation de haies vives de *Jatropha*. On constate souvent une forte mortalité et un faible développement des jeunes plantes ainsi qu'une grande variabilité de densité de plantation. Ceci réduit pratiquement à néant leur rôle défensif vis-à-vis des animaux divagants.

Les productions de graines sont très variables, en fonction de l'âge de la haie (1 à 3 ans), la qualité du sol (teneur en argile, fertilité) et l'entretien des plantes (taille, sarclage, etc.): entre 23 et 72 kg pour 100

plants. Ce bilan très mitigé de la mise en place de haies vives de *Jatropha* questionne la pertinence de celle-ci. Par ailleurs, la désaffection vis-à-vis de la culture de *Jatropha*, du fait de sa faible rentabilité et des contraintes liées à sa production, est également constatée dans d'autres régions du Sénégal et d'Afrique de l'Ouest (42).

Les productions animales

L'élevage des animaux domestiques est une activité importante des EF du bassin arachidier: les bovins, les ovins, les caprins, les équins et les ânes sont présents dans 45%, 50%, 79%, 29% et 71% des exploitations, respectivement. Le cheptel de ruminants domestiques est constitué essentiellement de femelles (entre 71 et 76%).

La pratique de l'élevage bovin est plus marquée au niveau des villages de Dantakhoune, Keur Serigne Bamba, Keur Seyni Guèye et Ndiaffé où se retrouvent les exploitations de type I et IV.

L'élevage des petits ruminants est pratiqué dans l'ensemble des villages, avec une forte dominance des caprins qui représentent, en nombre, plus du double des ovins. Les petits ruminants, notamment les caprins, sont les principaux animaux d'élevage des exploitations de type II. Les animaux de trait, utilisés pour les travaux des champs et le transport, sont plus nombreux dans les villages de Keur Seyni Guèye, Dantakhoune et Ndiaffé. Ce cheptel domestique est conduit suivant trois principales modalités d'élevage.

Le système extensif, avec mobilité du troupeau, est pratiqué essentiellement par les EF de types I et IV. Il concerne trois-quarts du cheptel bovin qui séjourne, entre mars et septembre, en dehors du terroir villageois. Les animaux sont généralement confiés à un berger moyennant une rémunération monétaire de 200 FCFA par mois et par animal, ou en nature, avec le lait de la traite des vaches. La mobilité est motivée par la taille du cheptel bovin qui ne permet pas le maintien des animaux dans le finage du village toute l'année. D'une part, l'alimentation de ces animaux devient une contrainte majeure en fin de saison sèche (entre mars et juin) et, d'autre part, l'accès aux rares pâturages est difficile en période de culture, essentiellement du fait de l'enclavement des zones de parcours.

Le système extensif sédentaire est le mode de conduite dominant chez les petits ruminants; il est également le mode de conduite de près du quart du cheptel bovin (types III et IV). Il concerne principalement des mâles non castrés utilisés en traction animale dans les champs. Selon la période, ces animaux sont fixés au piquet ou pâturent librement, sous la surveillance d'un berger, dans les pâturages naturels ou les champs de mil récoltés. En fin de journée, ils sont parqués dans l'arrière-cour où ils peuvent recevoir un supplément de fourrages à base de fanes d'arachide ou de niébé.

La vaine-pâture dans les champs et le parcage nocturne des animaux permettent aux agro-éleveurs de fertiliser les champs avec les déjections produites in situ ou collectées durant toute la saison sèche au niveau des parcs nocturnes.

En période de culture, les petits ruminants sont conduits par un berger au niveau des pâturages ou fixés au piquet; tandis qu'en saison sèche, ils sont laissés en divagation libre. Leur régime alimentaire est constitué exclusivement de ressources fourragères disponibles sur les parcours naturels et de résidus de culture. L'espèce asine est également conduite suivant les mêmes modalités d'élevage: fixée au piquet en période de culture, elle est laissée en divagation libre en saison sèche.

Le système d'élevage semi-intensif est peu présent dans cette partie du bassin arachidier. En effet, seul 8% des EF enquêtées, classées dans le groupe III, pratiquent l'embouche ovine de finition.

Le cheptel équin bénéficie de la même considération dans toutes les exploitations (types I, III et IV). Ces animaux sont maintenus dans l'arrière-cour des ménages où ils reçoivent une alimentation à base de fane d'arachide et/ou de niébé. Cette ration peut être complétée par des céréales (mil) ou des concentrés du commerce, notamment en période de fortes activités culturelles.

Le maintien en stabulation des animaux permet une production importante de déjections utilisées pour fumer les champs de case (mil et maïs). Selon l'espèce animale et la modalité de conduite d'élevage, le suivi vétérinaire peut être limité à la vaccination et au déparasitage ou comporter en outre des soins. Les bovins sont vaccinés généralement contre la péripneumonie contagieuse, le charbon symptomatique et la pasteurellose. Chez les équins, la vaccination contre le tétanos et la peste équine qui sont des maladies fréquentes dans la zone n'est pas systématique; elle est conditionnée par les niveaux de risques de contagion au sein de l'espèce.

Les soins vétérinaires appliqués à l'espèce équine portent généralement sur les blessures au garrot ou aux sabots. Le déparasitage, en début et en fin de saison pluvieuse, et les traitements anti diarrhéiques sont les principales interventions chez les petits ruminants.

La vaccination des petits ruminants, notamment contre la PPR, est très peu pratiquée car ces animaux restent sur place toute l'année alors que cette mesure prophylactique concerne essentiellement les troupeaux transhumants. Les performances zootechniques de ces systèmes d'élevage sont faibles, surtout pour le cheptel bovin. En effet, la reproduction de ce cheptel est lente, avec un taux de fécondité ne dépassant pas 50%, soit en moyenne une mise-bas par vache tous les 2 à 3 ans. La production de lait est faible: les pics de production ne dépassant guère 2 L par jour et par vache et cette période de pic production ne s'étale pas sur plus de deux mois.

Discussion

Typologie des exploitations

La typologie met en évidence la variabilité des facteurs de production et l'affectation des ressources au sein de l'unité de production (44). Elle montre que les superficies cultivées correspondent plus au niveau d'équipement de l'EF qu'à l'espèce animale de trait employée. Quant aux espèces animales de trait employées, leur choix intègre une logique de fonctionnement global des exploitations en termes de structures foncières, de main d'œuvre familiale disponible, de qualité des sols, de besoins pour le transport et de capacités d'investissement.

Ainsi la pratique du labour sur des sols lourds fait souvent appel aux bovins. Le cheval ou l'âne, peuvent assurer le semis et le sarclage avec des capacités équivalentes en termes de quantités de travail rapportées au poids vif. Le cheval est plus rapide, mais l'âne du fait de sa rusticité, d'une plus grande flexibilité et d'une moindre exigence sur le plan alimentaire et de son plus faible coût est bien adapté à des exploitations aux structures foncières et socio-économiques modestes. Ceci pourrait expliquer la propension à la traction asine en conditions de capacités d'investissement réduite, de manque de disponibilité en sols fertiles et de fractionnement des exploitations (veuvages polygames, succession etc.). Quand les moyens le permettent l'acquisition du cheval, répond avantagement à la satisfaction des besoins de transport des personnes, du matériel et des récoltes.

Les travaux antérieurs visant à caractériser les exploitations agricoles du bassin arachidier classent généralement celles-ci en trois grandes catégories, en fonction de leur surface et de leur nombre d'actifs (9, 13).

En suivant cette logique, on peut considérer que les types I et IV correspondent aux exploitations de grande taille des classements antérieurs. En 2008, Dione *et al.* (13) distinguaient, à l'échelle de l'ensemble du bassin arachidier, 7% d'EF à revenu élevé, 20% d'EF à revenu moyen et 73% d'EF à faible revenu. En considérant ce classement comme une référence, nous constatons une surreprésentation des exploitations qui disposent du plus de ressources parmi celles qui produisent du *Jatropha*. Parmi celles-ci, les exploitations les mieux dotées et celles de taille moyenne représentent respectivement 15 et 30% du total. Ceci pourrait s'expliquer par la plus grande capacité des types I et IV à prendre des risques, et donc s'engager dans un processus d'innovation. Celles-ci ont également été les premières à adopter la culture de l'anacardier.

La recherche de revenus complémentaires constitue sans doute une motivation importante d'adoption du *Jatropha* par les EF dotées de faibles moyens de production. Leur faible capacité de production se répercute inéluctablement sur la satisfaction de leurs

besoins vitaux. Plusieurs études antérieures rapportent des déficits céréaliers fréquents dont sont d'abord victimes les exploitations les moins bien nanties du bassin arachidier (12, 34).

Selon une étude réalisée par Demande (11), sur les performances économiques des exploitations dans le village de Dantakhouné, le revenu agricole des EF ayant les mêmes caractéristiques que celles du type II se situe en dessous du seuil de survie. Celles-ci doivent chercher d'autres sources de revenus que ceux générés par leurs activités agricoles hivernales, pour couvrir leurs besoins vitaux.

Ceci explique le développement, par les EF de type II, des activités de productions maraîchères en saison sèche qui sont une forme de diversification adaptée à la faiblesse des moyens de production dont elles disposent.

Pour les EF des types I, III et IV qui peuvent travailler en culture attelée, la CAH des facteurs de production tend à montrer que la disponibilité de la main d'œuvre familiale n'est pas aussi déterminante dans leur fonctionnement que chez les exploitations agricoles analysées trois décennies plus tôt (25). La terre, l'équipement agricole à traction animale et le cheptel bovin déterminent leur capacité de production. Cette évolution pourrait être liée à la diminution de la surface par actif constatée dans la région (23). La faiblesse de la capacité d'investissement des EF de type II ne leur permet pas l'acquisition de matériel agricole à traction animale. Le renouvellement de cet équipement au niveau des autres types est très faible; les EF ont recours à la réparation et au remplacement des éléments défectueux de leurs outils par les artisans locaux (2). Le type d'animaux de trait est caractéristique de la situation socio-économique des EF. Celles de type I, qui ont une importante activité pastorale, utilisent davantage la traction équine alors que celles de type IV, qui disposent d'effectifs animaux un peu moins élevés, privilégient la traction bovine. Les EF de type III développent l'élevage de petits ruminants, notamment les caprins, et utilisent la force de traction asine. L'effectif des petits ruminants est globalement supérieur à celui observé par Piraux (34) au milieu des années 1990 pour toutes les catégories d'exploitation. La réalisation d'une analyse plus approfondie des différents agro-écosystèmes et des trajectoires des EF aurait sans doute permis de mieux comprendre l'influence de la fertilité des sols et de la variabilité climatique sur la stratégie des EF, d'une part, et des conditions d'accès et d'accumulation des moyens de production sur leur diversité actuelle, d'autre part.

Les systèmes de production

Les formes d'association entre les cultures et l'élevage sont très variables, en fonction du type d'EF. Les systèmes de production exclusivement (ou presque) agricole se rencontrent au niveau des petites exploitations (types II). L'absence d'animaux au niveau de ces exploitations et la faiblesse de leur capacité d'investissement ne permettent aucune forme de fertilisation (organique ou minérale). Par ailleurs, le caractère manuel de leur agriculture et le ratio de leur surface cultivée par actif (Tableau 2) se traduisent par un déficit important de main d'œuvre dont les conséquences sont l'étalement de leur calendrier agricole, surtout en année de pluviométrie erratique (21, 35) et de très faibles productions.

En effet, les rendements agricoles obtenus par ces EF sont nettement plus faibles et leurs productions ne permettent pas de couvrir leurs besoins alimentaires. En saison sèche, ces EF pratiquent les cultures maraîchères, notamment dans les villages de Diaglè et Bambougar, pour diversifier et accroître leurs revenus agricoles. La culture du *Jatropha* relève sans doute des mêmes motivations mais les résultats obtenus sont en général très décevants. La non-satisfaction des attentes de ces EF par la culture du *Jatropha* explique le désengagement progressif de celles-ci et le manque d'entretien de la culture.

Les systèmes de production agropastoraux sont basés sur l'élevage des équins, des bovins de trait et des asins. Ils se rencontrent au niveau des exploitations de type I, III et IV. Au niveau de ces exploitations, les synergies développées entre les cultures et l'élevage portent principalement sur l'utilisation de la force animale dans les travaux des champs et, dans une moindre mesure, l'utilisation des déjections animales pour la fumure des champs de mil et de maïs et la valorisation des fanes de légumineuses ou d'autres résidus de culture via la vaine pâture. L'utilisation de la traction équine, essentiellement par les EF de type I, permet une exécution plus rapide du semis et des sarclages que la traction asine, dominant au niveau des exploitations de type III. L'usage du bovin de trait, pour le travail du sol à la charrue, est spécifique aux EF de type IV et à la culture du maïs et du sésame sur sols lourds. L'effectif de bovidés utilisés en traction animale dans les champs est en diminution au même titre que le cheptel bovin dans la zone (2). L'élevage des bovins, orienté vers un objectif de reproduction, est au centre des systèmes d'élevage des ruminants domestiques bien qu'il ne soit pas bien intégré aux activités de production agricole à l'échelle de l'exploitation. En effet, la proportion élevée de vaches dans le cheptel bovin (plus de 70%), la faiblesse des pratiques d'embouche, la prévalence de types d'élevage extensifs (divagant, transhumant), les

faibles niveaux de fumure organique des champs et la faible utilisation du bovin de trait (7% des exploitations) observées lors de l'étude sont autant d'illustrations de la faible intégration de l'élevage bovin avec les cultures. Le cheptel bovin des EF de type I est conduit en dehors du village, sous la contrainte des restrictions d'accès à l'espace rural en période de culture. Ainsi, il ne contribue pas pleinement à l'amélioration des synergies entre les cultures et l'élevage. La présence des bovins de traits dans les EF améliore davantage la disponibilité du fumier. Les doses de fumure organique appliquées par les EF de type IV sont généralement supérieures à celles de type I. Toutefois, elles restent faibles et inférieures aux doses de fumure organique recommandées en Afrique subsaharienne (4, 19, 20). L'intensification des cultures, même modérée, à travers l'application de fumure organique sur le mil ou la fertilisation minérale de l'arachide permettent d'augmenter leurs performances agricoles.

La majorité des EF de type III ont opté pour une intensification modérée de la culture de l'arachide, à travers l'application de densités de semis élevées et de fertilisation minérale. Ces EF agropastorales adaptent leurs investissements humain et en intrants en fonction de leur situation socio-économique et de l'importance de la culture pour leur subsistance. Ceci peut se traduire par un délaissement des champs de mil au profit de l'arachide. Ce choix résulterait de la conjoncture de plusieurs facteurs dont le déficit de main d'œuvre au niveau de l'EF, la mauvaise répartition des pluies et l'impossibilité de disposer localement de l'équipement de traction animale pour le sarclage.

Les EF de type III correspondent aux exploitations à moyens de production intermédiaires décrites par Demande (11) dans le village de Dantakhouné qui grâce à ce type d'intensification étaient globalement plus performantes en termes de rémunération de leur main d'œuvre que les exploitations de plus grande taille.

En outre, la caractérisation de ces systèmes de production fait ressortir une marginalisation de certaines spéculations culturales dont le sorgho. Le recul de cette culture pourrait s'expliquer par la diminution des précipitations, le potentiel allélopathique du sorgho sur la culture subséquente (2) et les considérations sociologiques qui accordent une importance moindre au sorgho comparé au mil. Ces effets allélopathiques du sorgho dont l'importance est difficile à mesurer en situation réelle de production et très variable en fonction des conditions climatiques et des types de sol et les considérations sociologiques de la culture mériteraient d'être approfondis par des enquêtes et observations *in situ*.

Les perspectives d'évolution

Les résultats de cette typologie constituent une base de dialogue avec les producteurs du bassin arachidier prêts à tester des innovations susceptibles d'améliorer la situation de leur exploitation (6). Nous reprenons ci-dessous quelques pistes d'amélioration que nous inspiront les résultats du diagnostic réalisé. La priorité que nous accordons aux innovations permettant une meilleure intégration des productions végétales et animales se base sur les expériences acquises dans la région qui mettent en évidence leur grand intérêt notamment pour améliorer le potentiel de production des sols (2, 17, 27, 29, 30, 34, 46). Une des clés d'un changement réussi passe par l'amélioration de la disponibilité en fourrage afin d'intensifier les principaux systèmes d'élevage puis, indirectement, les systèmes de culture.

Ceci concerne tout particulièrement les exploitations des types I, III et IV. Les innovations à envisager pour atteindre cet objectif peuvent être plus ou moins complexes à mettre en œuvre.

La première piste consiste à mieux valoriser des résidus de culture. Cela implique des interventions au niveau de la récolte, du stockage et de la distribution ciblée à des lots d'animaux prioritaires (vaches en lactation, animaux embouchés, animaux de trait). L'association d'une légumineuse fourragère (ou mixte), tel le niébé à double usages déjà testés localement (44), avec le mil, le maïs ou dans un système de culture multi-étager impliquant des arbres fruitiers (anacardier, manguiers) et/ou fourragers (*Leuceana*, *Moringa*, etc.) constitue une deuxième option pour sécuriser l'affouragement des animaux. Ces innovations, dont la pertinence a été validée en zone semi-aride du Nigéria (32), permettraient d'élever un plus grand nombre d'animaux et d'améliorer les performances zootechniques de reproduction et de croissance, notamment grâce à la pratique de l'embouche, tout en limitant les problèmes liés au surpâturage (14).

L'intensification des systèmes d'élevage se traduit généralement par une augmentation des apports en fumure organique grâce à une augmentation de la production de fumier par UBT (4, 20, 27). Ceci permet d'améliorer la fertilité du sol par ses effets bénéfiques sur la disponibilité en éléments nutritifs, l'économie en eau et le maintien d'une bonne structure (37). L'apport de fumier permet également d'améliorer l'efficacité des engrais minéraux, tout particulièrement pour la culture de l'arachide (20, 22, 26).

Le développement de systèmes de culture en semis direct dans un couvert végétal permanent d'une plante fourragère (SCV) constitue une autre alternative pour augmenter la disponibilité en fourrage des exploitations. Ce type de système

permet en outre d'améliorer l'économie en eau et la gestion de la fertilité des sols tout en les protégeant contre l'érosion et en facilitant le contrôle des adventices (7, 32, 33). La concrétisation de ces bénéfices implique cependant la mise en œuvre de changements majeurs dans le fonctionnement de l'ensemble des systèmes agraires (15); tout particulièrement en ce qui concerne l'adaptation des règles de gestion de l'espace.

La limitation du droit de vaine pâture dans certaines parties des terroirs et l'acceptation de l'installation de clôtures pour protéger les parcelles cultivées selon les nouvelles modalités proposées constituent les fondements de leur succès (16).

L'amélioration des techniques actuelles de mise en place et d'entretien des haies vives de *Jatropha* pourrait contribuer à leur faire jouer un rôle plus défensif vis-à-vis des animaux divagants (28). Cependant, l'ampleur des efforts nécessaires pour atteindre cet objectif et le faible prix offert pour les graines de *Jatropha* limitent fortement les perspectives de succès de cette option. Les plantes n'étant pas épineuses, il est nécessaire de les installer, si possible en quinconce, à une faible distance les unes des autres et de les tailler à plusieurs reprises pour obtenir une haie qui empêche le passage des petits ruminants.

Pour cela, l'application des recommandations de l'Institut Sénégalais de Recherche Agronomique concernant les meilleures modalités de mise en place de haies vives défensives avec d'autres espèces épineuses bien adaptées aux conditions de la région telles *Acacia mellifera* (Vahl) Benth. et *Ziziphus mauritiana* Lam nous semble plus judicieuse (38). La promotion de l'élevage des chèvres dont le coût d'acquisition est faible et qui sont à la fois très prolifiques et moins exigeantes au point de vue alimentaire constitue une alternative à privilégier pour les exploitations les moins nanties.

Conclusion

Le travail réalisé a permis de distinguer, sur base de leurs moyens de production, quatre grands types d'EF qui recoupent les classifications antérieures établies à l'échelle de l'ensemble du bassin arachidier.

Celle-ci distinguaient trois catégories d'exploitations: les mieux dotées en terres et en capital fixe, correspondant aux types I et IV, les exploitations avec un niveau de ressources intermédiaires, correspondant au type III, et les exploitations les plus pauvres dont la survie est menacée, correspondant au type II de notre étude.

L'élevage joue un rôle relativement important dans les exploitations qui disposent de niveaux élevés et intermédiaires de moyens de production mais il existe actuellement très peu de synergies entre celui-ci et les productions végétales.

Les proportions des différents types d'exploitations sont différentes par rapport aux résultats des typologies antérieures: celles qui disposent du plus de ressources sont proportionnellement plus nombreuses. Ceci pourrait signifier qu'elles ont été plus enclines à adopter la culture du *Jatropha* que les exploitations les plus pauvres. Les performances de production sont généralement faibles et varient en fonction des village: celles qui réalisent les meilleures performances sont autonomes en équipement agricole pour exécuter les opérations culturales et intensifient parfois leurs cultures.

La culture du *Jatropha*, généralement mal entretenue, donne de très faibles rendements. On observe chez la majorité des exploitations enquêtées une désaffection vis-à-vis du *Jatropha* du fait de sa faible rentabilité et des contraintes liées à sa production. L'amélioration durable des performances des exploitations agricoles de la zone d'étude passe par l'élaboration et l'adoption d'innovations adaptées à leur situation. Dans cette perspective, la typologie réalisée permettra d'identifier les innovations à tester, de cibler les catégories d'EF pour chaque innovation et de répartir les agriculteurs prêts à les tester. Ces investigations réalisées de manière participative devraient permettre de co-concevoir des systèmes de production innovants qui tiennent compte des caractéristiques propres et des expériences déjà menées dans le bassin arachidier. Le succès de cette démarche devrait impliquer l'adoption de changements des règles traditionnelles de gestion de l'espace et des ressources naturelles. Ceci pourrait être obtenu grâce à l'emploi de nouveaux outils participatifs de sensibilisation des acteurs par des équipes de recherche pluridisciplinaires.

Remerciements

Les auteurs remercient l'Académie de Recherche pour l'Enseignement Supérieur (ARES), ex Commission Universitaire pour le Développement (CUD), du Royaume de Belgique qui a financé cette étude.

Références bibliographiques

1. Aune J.B. & Bationo A., 2008, Agricultural intensification in the Sahel - The ladder approach. *Agric. Syst.*, **98**, 119-125.
2. Badiane A.N., Khouma M., Sène M., 2000, (Eds), *Gestion et transformation de la matière organique - Synthèse des travaux de recherche menés au Sénégal depuis 1945*. Edition ISRA, 131 p.
3. Bidogeza J.C., Berentsen P.B.M., De Graaff J. & Oude Lansink A.G.J.M., 2007, *Multivariate typology of farm households based on socio-economic characteristics explaining adoption of new technology in Rwanda*. AAEA Conference Proceedings, 275-281.
4. Blanchard M., Coulibaly K., Bognini S., Dugué P., Vall E., 2014, Diversité de la qualité des engrais organiques produits par les paysans d'Afrique de l'Ouest: quelles conséquences sur les recommandations de fumure? *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **18**, 4, 512-523.
5. Buldgen A., Piraux M. & Compère R., 1995, *Réhabilitation des terres et synergie agriculture-élevage au sein de systèmes de production modernisés en région sahélo-soudanienne sénégalaise. L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait?* Colloque et congrès «Sciences et changements planétaire / Sécheresse». (Eds) John Libbey Eurotext, Paris, pp 389-401.
6. Camara A., 2007, *Diagnostic fourrager pour une amélioration des productions animales dans le bassin arachidier du Sénégal: cas de l'Arrondissement de Niakhar*. Mémoire de fin d'étude de DEA, EISMV-UCAD, (2007) N°1.34 p.
7. Capillon A. & Ségué L., 2002, *Ecosystèmes cultivés et stockage du carbone: Cas des systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale*. Comptes Rendus des Séances de l'Académie d'Agriculture de France, **88**, 5, 63-70.
8. Chia E., 2004, Principes, méthodes de la recherche en partenariat : une proposition pour la traction animale. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, **57**, 3-4, 233-240.
9. Coly I., Diop B. & Akpo L.E., 2013, Transformation locale des résidus de récolte en fumier de ferme dans le terroir de la Néma au Saloum (Sénégal). *J. Appl. Biosci.*, **70**, 5640-5651.
10. Corbeels M., de Graaff J., Ndah T.H., Penot E., Baudron F., Naudin K., Andrieu N., Ghirah G., Schuler J., Nyagumbo I., Rusinamhodzi L., Traore K., Mzoba H.D. & Adolwa I.S., 2014, Understanding the impact and adoption of conservation agriculture in Africa: A multi-scale analysis. *Agric., Ecosystems Environ.*, **187**, 155-170.
11. Demande N., 2011, *Diagnostic du fonctionnement des principaux systèmes de production agricoles du village de Dantakhouné dans le département de Foundiougne, au Sénégal*. Mémoire de fin d'étude de Master Bioingénieur en Sciences Agronomiques, Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège (Belgique). 84 p.
12. Dièye P. N. & Guèye M., 1998. *Les systèmes agriculture-élevage au Sénégal: Importance, caractéristiques et contraintes*. Report from the Workshop on Crop-Livestock in the Dry Savannas of West and Central Africa held at IITA, Ibadan, 127-152.
13. Dione M., Diop O., Dièye P.N., Ba D.N. & Ndao B., 2008, *Caractérisation et typologie des exploitations agricoles familiales du Sénégal-Bassin arachidier* (Tome 3). ISRA, **8**, 3, 30 p.
14. Djamen Nana P., Andrieu N., Zerbo I., Ouédraogo Y. & Le Gal P.-Y., 2015, Agriculture de conservation et performances des exploitations agricoles en Afrique de l'ouest. *Cah. Agric.*, **24**, 2, 113-122.
15. Dugué P., Djamen Nana P., Faure G. & Le Gal P.-Y., 2015, Dynamiques d'adoption de l'agriculture de conservation dans les exploitations familiales: de la technique aux processus d'innovation. *Cah. Agric.*, **24**, 60-68.
16. Dugué P. & Olina Bassala J.P., 2015, Processus d'innovation et recomposition des territoires agricoles: le cas du semis sous couvert végétal au nord du Cameroun. *Cah. Agric.*, **24**, 93-101.
17. Dugué P. & Dongmo Ngoutsop A.L., 2004. Traction animale et association agriculture élevage dans les savanes d'Afrique de l'Ouest et du Centre. D'un modèle techniciste à une démarche d'intégration raisonnée à différentes échelles. *Rev. Élevage Méd. Vétérinaire Pays Trop.*, **57**, 3-4, 157-165.
18. Feller C., Chopart J.L. & Dancette F., 1987, Effet de divers modes de restitution de pailles de mil sur le niveau et la nature du stock organique dans deux sols sableux tropicaux (Sénégal). *Cah. ORSTOM*, **24**, 3, 237-252.
19. Fernandes P., Olivier R. & Diatta S., 2000, Changes in organic matter of a ferrallitic tropical soil degraded by cropping systems: the case of Southern Senegal. *Arid Soil Res. Rehabilitation*, **14**, 137-150.
20. Ganry F. & Badiane A., 1998, La valorisation agricole des fumiers et des composts en Afrique soudano-sahélienne Diagnostic et perspectives. *Agric. Développement*, **18**, 73-80.
21. Guèye G., Sall M., Dièye P.N., Louhounghou C.E.R. & Sy I., 2008, *Caractérisation et typologie des exploitations agricoles familiales du Sénégal - Sénégal Oriental et Haute Casamance* (Tome 2). ISRA, **8**, 4, 37 p.
22. Groot J.J.R., Koné D. & De Willigen P., 1998. *Utilisation des engrais chimiques pour l'intensification durable de l'agriculture. L'intensification agricole au Sahel*. Eds. Khartala, Eds Breman H. & Sissoko K. pp 35-49.
23. Goussard J.J. & Labrousse R., 2008, Des écosystèmes entre conservation, production et gestion dans la durée. Devèze J. C., éd. Défis agricoles africains. Eds. Karthala, pp 73-98.
24. Hauswirth D., Pham T.S., Wery J., Tittonell P., Jourdain D. & Affholder F., 2015, Apport des typologies d'exploitations aux démarches de conception en agriculture de conservation: une étude de cas dans le nord du Vietnam. *Cah. Agric.*, **24**, 2, 102-112
25. Jouve P., 1986. Quelques principes de construction de typologies d'exploitations agricoles suivant différentes situations agraires. *Cah. Rech. Développement*, **11**, 48-56.
26. Koulibaly B., Dakuo D., Ouattara A., Traoré O., Lompo F., Zombré P.N. & YaoKouamé A., 2015, Effets de l'association du compost et de la fumure minérale sur la productivité d'un système de culture à base de cotonnier et de maïs au Burkina Faso. *Tropicultura*, **33**, 2, 125-134.
27. Landais E. et Lhoste P., 1993. Système d'élevage et transfert de fertilité dans la zone de savane africaine. 2- Les systèmes de gestion de la fumure animale et leur insertion dans les relations entre l'élevage et l'agriculture. *Cah. Agric.*, **2**, 9-25.

28. Levassieur V., Olivier A., Niang A., 2009, Protection des cultures à l'aide de la haie morte et de la haie vive dans la région de Ségou, au Mali. *Tropicultura*, 27, 2, 115-118.
29. Lhoste P., 2004, Les relations agriculture-élevage. *OCL*, 11, 4-5, 253-255.
30. Lhoste P., 1987, *L'association agriculture-élevage, évolution du système agropastoral au Sine Saloum (Sénégal)*. Maison-Alfort, IEMVT, Etudes et Synthèses n° 21. 314 p.
31. Nacro S., Ouedraogo S., Traoré K., Sankara E., Kaboré C. & Ouattara B., 2010, Effets comparés des pratiques paysannes et des bonnes pratiques agricoles de gestion de la fertilité des sols sur les propriétés des sols et les rendements des cultures dans la zone sud soudanienne du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4, 4, 1044-1055.
32. Odunze A.C., 2002, Mulching practice in a semi-arid zone of Nigeria for soil erosion control and grain yield of maize. *J. Sustainable Agric.*, 20, 2, 31-40.
33. Onyeonagu C.C. & Asiegbu J.E., 2013, Harvest frequency effect on plant height, grass tiller production, plant cover and percentage dry matter production of some forage grasses and legumes in the derived savannah, Nigeria. *Afr. J. Agric. Res.*, 8, 7, 608-618.
34. Piraux M., 2000, *Intensification et diversification des systèmes de production en situation à risques: cas de la région centrale du bassin arachidier sénégalais*. Dissertation originale présentée en vue de l'obtention du grade de docteur en sciences agronomiques et ingénieries biologiques - Faculté Universitaire des sciences agronomiques de Gembloux (Belgique). 247 p.
35. Piraux M., Buldgen A., Steyaert P. & Dieng A., 1997, Intensification agricole en région sahélo-soudanienne. 1. Itinéraires techniques dans un contexte à risques. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 1, 3, 196-208.
36. Sakho J.M.S., 2009, *L'autonomie alimentaire par la diversification des activités: le cas des ménages agricoles du bassin arachidier au Sénégal*. Thèse de Docteur à l'Université de Montpellier 1. 241 p.
37. Sanogo D., Dia Y.K., Ayul E. & Pontanier R., 2000, *Adoption de la haie vive dans le bassin arachidier du Sénégal. La Jachère en Afrique tropicale*, Eds. Floret C. & Pontanier R. John Libbey Eurotext, Paris. pp 733-740.
38. Scopel E., Douzet J-M., Macena da Silva F-A., Cardoso A., Moreira J.A.A., Findeling A. & Bernoux M., 2005, Impacts des systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale (SCV) sur la dynamique de l'eau, de l'azote minéral et du carbone du sol dans les cerrados brésiliens. *Cah. Agric.*, 14, 1, 71-75.
39. Sossa E.L., Amadji G.L., Vissoh P.V., Hounsou B.M., Agbossou K.E. & Hounhouigan D.J., 2014, Caractérisation des systèmes de culture d'ananas (*Ananas comosus* (L.) Merrill) sur le plateau d'Allada au Sud-Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 8, 3, 1030-1038.
40. Stessens J., 2002, *Analyse technique et économique des systèmes de production agricole au nord de la Côte d'Ivoire*. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences Biologiques Appliquées de la KU Leuven, 286 p.
41. Suzuki R. & Shimodaira H., 2006, PvcLust: an R package for assessing the uncertainty in hierarchical clustering. *Bioinformatics Applications Note*, 22, 12, 1540-1542.
42. Terren M., Cissé C. & Mergeai G., 2013, Analyse des perspectives de rentabilité de la culture extensive de *Jatropha curcas* L. dans la zone agroécologique de transition orientale du Sénégal: cas de la communauté rurale de Dialacoto. *Cah. Agric.*, 22, 568-574.
43. Tiltonell P., Muriuki A., Shepherd K.D., Mugendi D., Kaizzi K.C., Okeyo J., Verchot L., Coe R. & Vanlauwe B., 2010, The diversity of rural livelihoods and their influence on soil fertility in agricultural systems of East Africa - A typology of smallholder farms. *Agric. Syst.*, 103, 83-97.
44. Tiltonell P., Vanlauwe B., Leffelaar P.A., Rowe E.C. & Giller K.E., 2005, Exploring diversity in soil fertility management of smallholder farms in western Kenya - Heterogeneity at region and farm scale. *Agric. Ecosystems Environ.*, 110, 149-165.
45. Toutain B., Klein H.D., Lhoste P. & Duteurtre G., 2009, Histoire et avenir des cultures fourragères en Afrique tropicale. *Fourrages*, 200, 511-523.
46. Van der Linden M., 2011, *Identification des sols et évaluation de leurs contraintes et potentialités pour la culture de *Jatropha curcas* L. en milieu paysan dans l'Ouest du bassin arachidier sénégalais*. Mémoire de fin d'étude de Master Bioingénieur en Sciences et technologie de l'environnement, Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, 92 p.

A. Camara, Sénégalais, DEA, Assistant, Ecole Nationale Supérieure d'agriculture, Thiès, Sénégal.

A. Dieng, Sénégalais, PhD, Professeur Ecole Nationale Supérieure d'agriculture, Thiès, Sénégal.

G. Mergeai, Belge, PhD, Professeur, Université de Liège, Gembloux Agro- Bio Tech, Gembloux, Belgique.

Impact de rations comportant des fourrages de *Pterocarpus lucens*, *Pterocarpus erinaceus* et *Ficus gnaphalocarpa* sur l'embouche ovine au Mali

H. Nantoumé^{1*}, S. Cissé¹, P.S. Sow¹, S. Sidibé¹, A. Kouriba², A. Olivier³, J. Bonneville³ & D. Cinq-Mars³

Keywords: Average daily gain- Intake- Browse/tree forages- Food security- Mali

Résumé

L'objectif de l'étude était de développer des techniques d'embouche ovine qui permettent d'accroître la sécurité alimentaire des petites exploitations agricoles en optimisant la contribution des fourrages ligneux. Les trois fourrages préférés, identifiés lors d'un test de préférence, ont été utilisés pour élaborer des rations d'embouche où ils remplaçaient totalement ou partiellement la fane d'arachide habituellement recommandée. Quarante-neuf béliers Djallonké âgés de 12 à 18 mois ont été vaccinés, déparasités, répartis en 7 lots égaux de poids similaire et alimentés individuellement avec l'une des 7 rations expérimentales: R1: témoin comportant 50% de tourteau de coton (TC) et 50% de fane d'arachide (FA); R2: 50%TC+25%FA+25% *Pterocarpus lucens*; R3: 50%TC+50% *Pterocarpus lucens*; R4: 50%TC+25%FA+25% *Ficus gnaphalocarpa*; R5: 50%TC+50% *Ficus gnaphalocarpa*; R6: 50%TC+25%FA+25% *Pterocarpus erinaceus*; R7: 50%TC+50% *Pterocarpus erinaceus*. Les ingestions ont varié de 796,8 à 1028,3 g/j ce qui représente 3,2 à 3,9 kg par 100 kg de poids corporel. Les gains de poids ont fluctué de 81,3 à 133,7 g/j. L'efficacité économique, calculée à partir du ratio gain de poids sur charges variables, était faible.

Summary

Impact of Rations Containing Fodders from *Pterocarpus lucens*, *Pterocarpus erinaceus* and *Ficus gnaphalocarpa* on Sheep Fattening in Mali

The objective of this study was to develop sheep fattening rations that will increase food security of small sized farms while optimizing the contribution of fodder trees. The preferred species identified during a palatability trial were used to make sheep fattening rations by substituting partially or totally the usually recommended groundnut hay. Forty-nine Djallonké rams 12 to 18 months old were vaccinated, dewormed, divided into 7 groups of similar weight and fed individually with one of the 7 experimental diets for 74 days, after two weeks of adaptation: R1: control; 50% cotton seed meal (TC) and 50% groundnut hay (FA); R2: 50%TC+25%FA+25% *Pterocarpus lucens*; R3: 50%TC +50% *Pterocarpus lucens*; R4: 50%TC+25%FA+25% *Ficus gnaphalocarpa*; R5: 50%TC+50% *Ficus gnaphalocarpa*; R6: 50%TC+25%FA+25% *Pterocarpus erinaceus*; R7: 50%TC+50% *Pterocarpus erinaceus*. Intakes fluctuated from 796.8 to 1028.3 g/j, which is 3.2 to 3.9 kg per 100 kg of body weight. Weight gains varied from 81.3 to 133.7 g/j. Economic efficiency, calculated from the ratio weight gain/variable costs, was low.

¹Institut d'Économie Rurale, Laboratoire de Nutrition Animale, Bamako, Mali.

²Comité National de la Recherche Agricole, Bamako, Mali.

³Université Laval, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Québec, Canada.

*Auteur correspondant: Email: hamidou.nantoume@yahoo.fr

Reçu le 11.08.16 et accepté pour publication le 12.12.17

Introduction

Au Mali, les pâturages constituent la base de l'alimentation des animaux d'élevage. Ces pâturages connaissent au cours des saisons une double fluctuation (qualitative et quantitative) dont la durée et les caractéristiques varient en fonction des zones bioclimatiques.

En zone soudanienne, par exemple, la saison pluvieuse, qui dure de juin à octobre, est caractérisée par des pâturages au fourrage abondant et de bonne qualité. En saison sèche froide (novembre à février), les fourrages restent disponibles en quantité suffisante, mais leur valeur alimentaire devient faible à cause de leur lignification. Pendant la saison sèche chaude (mars à mai), la quantité et la qualité du fourrage disponible dans les pâturages deviennent faibles.

En saison sèche, la plupart des pailles de graminées des pâturages tropicaux et certains résidus de céréales sont pauvres en protéines. Pendant cette période, les ressources fourragères ligneuses occupent une place essentielle dans l'alimentation des ruminants. La plupart des espèces fourragères ligneuses conservent en effet des feuilles vertes pendant une bonne partie ou l'entièreté de la saison sèche (13). De plus, ces feuilles vertes et d'autres organes comme les jeunes rameaux, les inflorescences et les fruits, également prélevés par le bétail, ont des teneurs en nutriments, particulièrement en azote, qui restent élevées durant la saison sèche (29). Cependant, des études ont montré que plusieurs de ces fourrages ligneux renferment des substances anti-nutritionnelles qui affectent la préférence, l'ingestion et la digestibilité et, par conséquent, les performances des animaux qui les ingèrent.

Divers travaux de recherche ont été conduits sur l'embouche des petits ruminants aussi bien en conditions paysannes (18, 32) que dans un contexte contrôlé (4, 20, 21, 23). Des recommandations sur les meilleures rations pour l'embouche ovine ont donc pu être émises, notamment pour le Mali, dans un rapport issu d'une série d'études échelonnées sur cinq ans, ainsi que dans une fiche technique (22). Cependant, les rations permettant une production élevée de viande ne sont pas toujours à la portée des petits exploitants et en particulier des femmes dont le pouvoir d'achat est généralement très faible. L'utilisation de fourrages ligneux, dont le coût est souvent inférieur à des ingrédients comme la fane d'arachide, pourrait aider à contrer ce problème. L'utilisation de ces fourrages dans les rations de production de viande nécessite toutefois un approfondissement des connaissances sur leur accessibilité à certaines périodes de l'année, leur richesse en matières azotées totales et leur teneur en substances anti-nutritionnelles notamment.

L'objectif général de cette étude était d'améliorer la production de viande ovine en utilisant des rations incorporant des fourrages ligneux. Les objectifs spécifiques étaient de:

- Déterminer l'efficacité des rations alimentaires incorporant différents taux de fourrages ligneux sur les performances pondérales des ovins;
- Identifier, parmi celles-ci, les rations d'embouche économiquement rentables.

Matériel et méthodes

Zone d'étude

L'essai a été réalisé de septembre à décembre 2012 au Laboratoire de Nutrition Animale, Centre Régional de Recherche Agronomique (CRRRA) de Sotuba de l'Institut d'Économie Rurale. Le CRRRA de Sotuba est situé à 12°56' de latitude Nord et 7°32' de longitude Ouest, à une altitude de 326 m. Le climat est de type soudano-sahélien avec deux saisons: une pluvieuse de juin à octobre et une sèche de novembre à mai, qui se subdivise en une période froide de novembre à février et une période chaude de mars à juin. Les précipitations varient entre 1.000 et 1.200 mm et les températures moyennes mensuelles oscillent entre 30 °C en août et 37,7 °C en mars.

Animaux

Au total, 49 béliers entiers, de race Djallonké, âgés de 12 à 18 mois (2 pinces d'adultes) et d'un poids moyen de 22±1 kg, achetés à Bamako, ont été utilisés. Ils ont été vaccinés contre la pasteurellose et la peste des petits ruminants. Pour le déparasitage, chaque mouton a reçu 1 ml d'Ivomec-D (ivermectine plus clorsulon) de Merial, ainsi qu'un demi-comprimé d'Albendazole 250 mg Bolus de ZDHF Pharmaceuticals, dont une deuxième dose a été donnée dix jours plus tard. Un suivi sanitaire régulier a aussi été fourni aux animaux par un vétérinaire. Les moutons ont été répartis en lots placés dans différents compartiments d'un même bâtiment. Tous les lots étaient similaires entre eux en ce qui a trait au poids moyen des moutons. Une randomisation totale par tirage au sort a été effectuée pour attribuer les différentes rations entre les lots de moutons. Chaque mouton était attaché à un piquet par une corde nouée autour d'une de ses pattes avant et a eu accès à une mangeoire.

Des fiches individuelles de collecte d'informations journalières ont été utilisées. Le test a duré 74 jours précédés de 14 jours d'adaptation aux conditions environnementales et alimentaires. Les moutons ont été pesés à leur arrivée, puis au début du test et tous les 14 jours, y compris à la fin de l'expérience.

Formulation des rations

La fane d'arachide a été remplacée totalement (50% de fourrages ligneux) ou partiellement (25% de ligneux) dans les rations comportant par ailleurs 50% de tourteau de coton. Ainsi, 3 espèces fourragères x 2 taux d'incorporation x 7 béliers / ration (dont une ration témoin) ont servi pour le présent test.

Les compositions des rations étaient les suivantes:

- R1: témoin, 50% de tourteau de coton (TC) et 50% de fane d'arachide (FA);
- R2: 50%TC+25%FA+25% *Pterocarpus lucens*;
- R3: 50%TC + 50% *Pterocarpus lucens*;
- R4: 50%TC+25% FA+25% *Ficus gnaphalocarpa*;
- R5: 50%TC+50% *Ficus gnaphalocarpa*;
- R6: 50%TC+25%FA+25% *Pterocarpus erinaceus*;
- R7: 50%TC+50% *Pterocarpus erinaceus*.

Distribution d'aliments et abreuvement

La distribution d'aliments et l'abreuvement des moutons ont été effectués quotidiennement.

Les moutons ont eu un libre accès à la pierre à lécher KNZ Universal rouge composée de NaCl (99%), Mg (0,2%), Fe (3.000 ppm), Mn (830 ppm), Zn (810 ppm), Cu (220 ppm), I (50 ppm) et Co (18 ppm). Une prise d'échantillon hebdomadaire de chaque espèce a été effectuée sur les fourrages frais et sur les refus des moutons.

Analyses chimiques

La matière sèche totale de chaque espèce a été déterminée. La teneur en cendre totale a été obtenue par calcination de la matière sèche à 550 °C pendant une nuit. L'azote total a été déterminé à l'aide de la méthode Kjeldahl. La matière grasse a été extraite de l'échantillon dans un extracteur de type Soxhlet par l'hexane. Après minéralisation sur plaque, les quantités de calcium, de potassium et de sodium ont été estimées à l'aide d'un photomètre à flamme.

La teneur du phosphore des échantillons a été obtenue suite à la détermination de sa densité optique par le Spectronic 21. La méthode de Van Soest et la procédure AOCS Ba 6a-05 avec des sacs filtrants F57 ont permis de déterminer la teneur en constituants pariétaux (NDF, Fibre au Détergent Neutre, et ADF, Fibre au Détergent Acide) par Ankom 200/220 *Fiber Analyzer*. Les teneurs en NDF et ADF ont été déterminées successivement sur les mêmes échantillons. La cellulose brute des différents échantillons de fourrages offerts a été déterminée suite à un traitement à l'acide sulfurique et à l'hydroxyde de sodium suivi d'un filtrage des résidus dans des creusets de Gooch contenant du sable.

Une détermination des taux de celluloses brutes par la méthode AOAC (3) (*AOCS Approved Procedure Ba 6a-05*) a ensuite permis la comparaison des échantillons d'aliments offerts et des refus. La détermination des tanins a été effectuée par l'utilisation de la vanilline acidifiée selon la méthode décrite par Richard et Jones (27). Le Genesys 10 S UV-VIS a servi à la lecture de la densité optique des tanins.

Abattage et rendements carcasses

À la fin du test, trois moutons ont été retenus dans chaque lot par tirage au sort pour la détermination des rendements carcasses. Ceux-ci ont été déterminés pour chaque mouton par le rapport du poids de la carcasse sur le poids vif de l'animal avant l'abattage, et exprimés en pourcentage.

Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont porté sur les moyennes des différentes variables. Pour les mesures répétées, elles ont été effectuées par analyse de variance de la procédure Mixed du logiciel SAS (30). Pour les données relatives au rendement carcasse, elles ont été analysées par la procédure GLM du logiciel SAS (30).

Des données ont été collectées pour l'analyse économique de l'essai d'embouche.

Les principales ont été le prix d'achat et le poids des béliers au début et à la fin de l'essai, le prix de vente des animaux sur pied ou de la viande, le prix de tous les intrants utilisés dans l'expérimentation, à savoir les aliments (tourteau, fane d'arachide, fourrages et eau), les produits vétérinaires et les consommables (sachets plastiques, savon, cordes et autres), le coût de la main-d'œuvre employée pour la collecte et la distribution des aliments et autres travaux connexes, le prix du matériel utilisé et son amortissement, les soins vétérinaires et les frais de gardiennage. L'approche budget a été adoptée pour l'analyse des données économiques. Le budget a inclus pour chaque ration les charges variables et fixes, les coûts de production, les produits, les gains de poids et l'indicateur de performance économique ou l'efficacité économique. Les charges variables comprenaient les coûts de l'alimentation, des produits et soins vétérinaires et des consommables.

Les charges fixes ont pris en compte les coûts des équipements et de leurs amortissements, ainsi que les coûts de gardiennage. L'efficacité économique pour chaque ration alimentaire a été déterminée par le ratio gain de poids sur charges variables.

Les coûts de production (charge et produit) ont fait l'objet d'une analyse de variance en utilisant le dispositif de la randomisation totale et les mesures répétées du logiciel SAS (30).

Résultats

Composition chimique et valeur alimentaire des rations

La teneur en MS des fourrages ligneux était beaucoup plus faible que celle de la fane d'arachide et du tourteau de coton (Tableau 1). Le tourteau de coton avait une teneur élevée en protéines brutes (teneur N*6,25) et en lipides, mais une faible concentration en calcium comparé aux autres ingrédients utilisés dans cet essai (Tableau 1). Le *Ficus gnaphalocarpa* avait une teneur élevée en cendres, mais un faible taux de phosphore, tout comme la fane d'arachide.

Ingestion d'aliments, gain de poids et indice de consommation

Les GMQ (Tableau 2) n'étaient significativement différents, ni en fonction des rations ($P=0,0525$) ni en fonction des périodes ($P=0,2945$). Les gains pondéraux obtenus vont de 81,3 g/j avec la ration contenant 50% de *P. erinaceus* à 133,7 g/j pour celle à 50% de *F. gnaphalocarpa*.

Une interaction significative a été observée entre les périodes et les rations pour la consommation volontaire de matière sèche (CVMS) ($P=0,0246$) (Tableau 2).

Des différences significatives ont été observées entre les indices de consommation en fonction des périodes ($P=0,0342$). Les plus bas indices de consommation ont été observés lors des deux premières périodes. Ils n'étaient toutefois pas différents de ceux des troisième et cinquième périodes, mais seulement de celui de la quatrième période, qui était parmi les plus élevés du test. Il n'existe toutefois pas de différences significatives entre les indices de consommation (Tableau 2) en fonction des différentes rations ($P=0,6389$). Ils ont été en moyenne de 7,6 pour la ration témoin et 12,5 pour celle à 50% de *P. erinaceus*.

Rendements carcasses des ovins Djallonké en fonction des rations

Des différences significatives ($P=0,0112$) dans le rendement des carcasses chaudes en fonction des rations ont été observées. Elles sont rapportées à la figure 1. Le rendement carcasse des ovins alimentés avec les rations à 25% de *Pterocarpus lucens* et 50% de *Pterocarpus erinaceus* ont été inférieurs à ceux des rations à 25% de *Ficus gnaphalocarpa* et 25% de *Pterocarpus erinaceus*, ainsi qu'au témoin, mais semblables à tous les autres.

Analyse de l'efficacité économique des rations

Aucune analyse de la rentabilité n'a été réalisée compte tenu du contexte expérimental (essai en station) qui a fait en sorte que les achats et les ventes des moutons par l'Institut d'Économie Rurale n'ont pas été faits en véritable situation de marché compétitif.

Les résultats de l'essai montrent toutefois dans l'ensemble que toutes les rations étudiées ont généré des gains de poids. Les gains de poids réalisés varient de 6,66 à 9,93 kg selon les rations (Tableau 3). Une analyse de la dominance a été effectuée pour identifier les rations les plus performantes, c'est-à-dire celles qui génèrent le meilleur gain de poids à un coût moindre. Une ration est dite dominée si elle génère un gain faible pour un coût élevé.

Les rations les plus performantes en gain de poids par bélier sont respectivement R5, R3 et R4 (Tableau 3). En termes de bénéfices nets dégagés, les plus élevés sont obtenus avec les rations R4, R3, R7 et R5. L'efficacité économique calculée à partir du ratio gain de poids sur charges variables indique un ratio faible pour toutes les rations (ratio < 1).

Tableau 1
Composition chimique (base MS) des ingrédients des rations d'embouche.

Paramètres	<i>Pterocarpus lucens</i>	<i>Ficus gnaphalocarpa</i>	<i>Pterocarpus erinaceus</i>	Tourteau de coton	Fane d'arachide
Matière sèche (%)	41,76	29,58	34,82	97,60	92,50
Protéines brutes (%)	15,98	13,94	17,17	31,57	17,09
Matière grasse (%)	2,36	1,77	2,96	10,68	2,18
Cendres (%)	4,59	16,53	5,69	5,53	7,95
Matière organique (%)	95,41	83,47	94,31	94,47	92,05
Cellulose brute (%)	30,25	23,63	39,47	19,57	31,95
Énergie brute (kcal)	4548	3337	4520	4770	3987
Calcium (%)	0,71	1,81	0,94	0,08	0,82
Phosphore (%)	0,81	0,19	0,82	0,70	0,07
Sodium (%)	0,75	1,15	0,83	0,82	0,69
Potassium (%)	1,34	1,42	1,53	1,08	1,55
NDF (%)	47,41	29,87	59,25	35,95	33,08
ADF (%)	37,23	19,11	39,69	26,66	28,36
Tanins (g/kg)	4,27	8,86	1,40	0,81	0,00

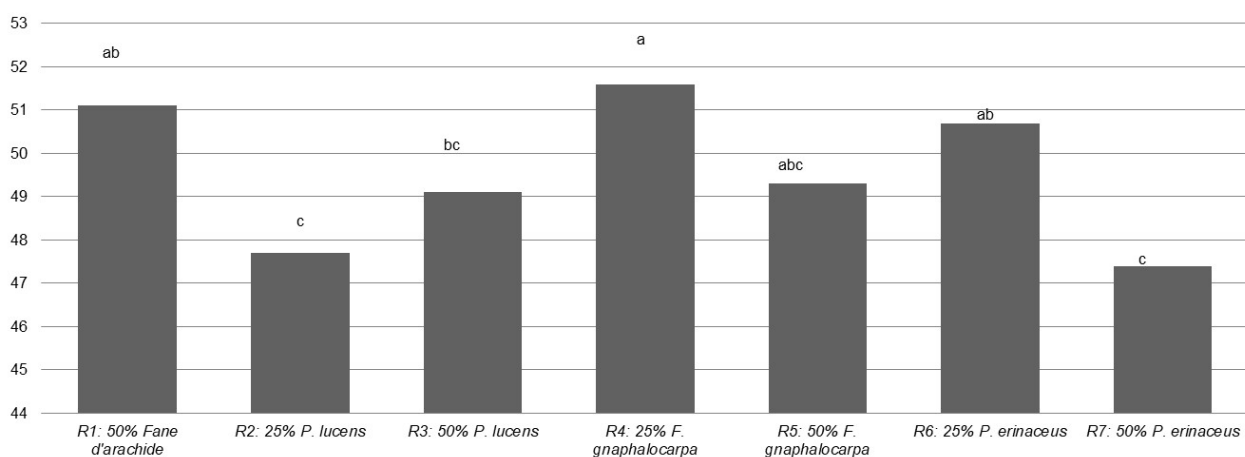
Tableau 2
Performances pondérales et consommations volontaires de matière sèche des ovins de la race Djallonké alimentés avec les différentes rations à l'étude.

Périodes	Rations							Valeurs P			SEM
	R1. 50% FA témoin	R2. 25% <i>P. lucens</i>	R3. 50% <i>P. lucens</i>	R4. 25% <i>F. gnaphalocarpa</i>	R5. 50% <i>F. gnaphalocarpa</i>	R6. 25% <i>P. erinaceus</i>	R7. 50% <i>P. erinaceus</i>	Ration	Période	Ration * période	
Gain moyen quotidien (GMQ) g/j								0,0525	0,2945	0,124	0,062
GMQ/ration	109,7	105,2	115	114,1	133,7	99,1	81,3				
GMQ Moyen	108,3										
Consommation volontaire de matière sèche (CVMS) g/j								0,0005	<0,0001	0,0246	0,061
P 1	718,6 ^{cb}	809,0 ^{cb}	802,4 ^{bcB}	918,0 ^{abA}	958,3 ^{ac}	915,7 ^{abA}	844,1 ^{abcA}				
P 2	802,2 ^{ca}	900,2 ^{bcA}	842,7 ^{bcAB}	957,4 ^{ba}	1109,1 ^{aA}	957,3 ^{abcAB}	995,5 ^{ba}				
P 3	815,0 ^{caB}	896,9 ^{bcA}	865,4 ^{abcAB}	938,3 ^{abcA}	1037,9 ^{ab}	887,9 ^{abcAB}	977,3 ^{abA}				
P 4	810,7 ^{caB}	883,3 ^{ba}	910,1 ^{abcA}	912,9 ^{abcA}	1000,1 ^{ac}	857,9 ^{bcB}	1006,2 ^{aA}				
P 5	837,6 ^{da}	898,0 ^{cdA}	917,1 ^{cdA}	945,4 ^{bcA}	1036,3 ^{ab}	897,0 ^{cdA}	1024,3 ^{abA}				
Moy/tête	796,8	877,5	867,5	936,2	1028,3	903,1	969,5				
Moy.(% PV)	3,2	3,4	3,3	3,6	3,9	3,6	3,7				
Indice de consommation ou conversion alimentaire (I.C. = CVMS/GMQ)								0,639	0,0342	0,174	0,064
Moy.	7,6	9,5	8,8	9,8	9,5	11,8	12,5				

^{abc}, les moyennes d'une même ligne auxquelles ont été attribuées des lettres minuscules différentes en exposant sont différentes à $p < 0,05$ (procédure Mixed de SAS).

^{ABC}, les moyennes d'une même colonne auxquelles ont été attribuées des lettres majuscules différentes en exposant sont différentes à $p < 0,05$ (procédure Mixed de SAS),

SE= Moyenne de l'erreur standard. FA: fane d'Arachide. Moy.= Moyenne numérique, %PV= % poids vif.



^{abc}, les rendements moyens auxquels ont été attribués des lettres sont identiques à $p < 0,05$ (procédure GLM de SAS).

Figure 1: Les rendements carcasses des ovins Djankollé en fonction des rations.

Tableau 3
Analyse économique de l'essai d'embouche ovine en station à
Sotuba.

Désignation	Rations alimentaires						
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Nombre béliers, début essai	7	7	7	7	7	7	7
Nombre béliers, fin essai*	7	7	6	6	7	7	5
Poids bélier à l'achat, kg	21,08	21,64	21,5	22	21,79	22,57	23,6
Prix bélier à l'achat, FCFA	40400	40400	40400	40400	40400	40400	40400
Poids bélier à la vente, kg	29	30	31,67	30,33	31	28	29,33
Poids carcasse/bélier, kg	14,83	14,3	15,57	15,63	15,3	14,17	13,9
Prix kg viande, FCFA	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300
Produits							
Vente carcasse, FCFA	34109	32890	35811	35949	35190	32591	31970
Vente têtes béliers, FCFA	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Vente boyaux, FCFA	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500
Vente de la peau, FCFA	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Total Produits, FCFA	44609	43390	46311	46449	45690	43091	42470
Charges variables							
Coût alimentation, FCFA	14374	19493	20502	12601	24585	19461	21840
Coûts produits vétérinaires, FCFA	878	878	878	878	878	878	878
Coût soins vétérinaires, FCFA	1217	1605	988	1097	1011	1288	1040
Charges variables totales, FCFA	16469	21975	22368	14575	26474	21627	23757
Coût main d'œuvre, FCFA	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333
Amortissement matériels, FCFA	3490	3490	2991	2991	3490	3490	2493
Total charges fixes, FCFA	6823	6823	6324	6324	6823	6823	5826
Charges totales, FCFA	19959	25465	25359	17566	29964	25117	26250
Bénéfice brut, FCFA	36609	35390	39454	39592	37690	35091	36756
Bénéfice net, FCFA	33119	31900	36463	36601	34200	31601	34263
Gain de poids/bélier, kg	8	7,71	8,58	8,43	9,93	7,79	6,6
Gain de poids/ration, kg	56	53,97	51,48	50,58	69,51	54,53	33
Ratio efficacité: (GP/CV)*100	0,34	0,25	0,23	0,35	0,26	0,25	0,14
* morts d'animaux décelées							
Charges totales= charges variables + charges fixes							
Bénéfice brut= produit - charges variables							
Bénéfice net= marge brute – charges fixes							
(GP/CV)*100= gain de poids/charges variables * 100							

Discussion

Composition chimique et valeur alimentaire des rations

Bien qu'elle constitue la base de l'évaluation de la valeur nutritive, la détermination de la composition chimique des aliments n'est pas suffisante pour évaluer leur qualité. Même si elle permet de donner une idée sur les nutriments que contient un aliment, le plus important est la partie digérée laquelle, après absorption, reste disponible à l'animal pour la satisfaction de ses besoins d'entretien et de production.

La teneur en cendres du *Ficus gnaphalocarpa*, à 16,5%; était deux à trois fois plus élevée que celle des autres ingrédients des rations. Il est peu probable que cette situation soit attribuable à une contamination, puisque d'autres études rapportent des teneurs en cendres qui sont du même ordre de grandeur que ce qui est rapporté dans la présente étude.

En effet, Shenkute *et al.* (31) rapportent des teneurs de 18,9%, alors que Nantoumé *et al.* (24) ont obtenu 14,5% de cendres pour la même espèce.

Par ailleurs, les fourrages ligneux sont réputés contenir des teneurs élevées en substances anti-nutritionnelles qui entravent la digestibilité et par conséquent l'ingestion et les performances des animaux qui en absorbent de grandes quantités. Dans la présente étude, ni la consommation moyenne totale toutes périodes confondues, ni les GMQ, ni les indices de consommations n'ont été significativement affectés par les rations. Sur cette base, les niveaux de substances anti-nutritionnelles comme les tanins (Tableau 1) n'ont pas semblé suffisamment élevés pour affecter ces paramètres.

La teneur en protéines brutes des fourrages ligneux étudiés, qui a varié de 14 à 17%, était similaire à celle de la fane d'arachide. Les concentrations en protéines brutes étaient différentes en fonction des ingrédients des rations. En effet, le tourteau de coton contenait environ deux fois plus de protéines, soit près de 32%, que les autres ingrédients des rations, dont la teneur en protéines variait entre 14 et 17%. L'objectif de cette étude n'était toutefois pas de comparer des rations iso-protéiniques, mais de tester des rations expérimentales à base de ligneux fourragers pour déterminer dans quelle mesure ces ligneux peuvent ou non contribuer à améliorer certains aspects de la sécurité alimentaire.

Les différences de concentration en matières grasses des rations sont dues aux différences de teneur en gras des aliments qui les ont constituées (28).

Les concentrations en minéraux (Ca, Na et K) étaient elles aussi différentes pour chacun des ingrédients alimentaires composant les différentes rations du test, et présentaient des interactions significatives.

Baumont *et al.* (6), de même que Gueguen *et al.* (12), ont eux aussi constaté des différences de concentrations minérales dans divers aliments. Selon eux, les aliments ou la ration alimentaire des animaux déterminent la disponibilité pour absorption des éléments minéraux. La teneur des minéraux tels que P, Ca, Na et K a changé avec le temps dans les aliments offerts aux ovins. Ces différences peuvent être dues au stade de développement au cours duquel les feuilles des ligneux ont été récoltées ou à la différence de qualité des sols ayant supporté les différents ligneux collectés (7). Néanmoins, il est possible que l'impact zootechnique de la concentration minérale des différents ligneux de la présente étude ait été minimisé par la complémentation minérale offerte aux moutons sous forme de pierre à lécher (5). L'interaction constatée indique que les concentrations des ligneux en minéraux n'allaient pas dans le même sens en fonction des périodes. Au fur et à mesure du déroulement de l'expérience, certains ligneux voyaient leur teneur en minéraux augmenter ou rester stable, alors que d'autres voyaient leur teneur baisser. Ces changements pourraient être dus au fait que le présent test n'a pas pris en considération le stade de végétation des arbres et leurs provenances, qui peuvent être d'importantes sources de fluctuation des concentrations en nutriments. Il est possible que cette variation dans le temps puisse expliquer partiellement la différence de CVMS observée entre les périodes ainsi que les interactions (ration x période) observées pour ce paramètre.

Consommation de matière sèche

Les ingestions totales de MS, exprimées en pourcentage de poids vif, ont varié de 3,2 à 3,9 kg par 100 kg de poids vif. Ce niveau d'ingestion est similaire ou légèrement supérieur à ceux rapportés par Nantoumé *et al.* (20), Dehoux et Hounsouvé (10), Ballo *et al.* (5) et Bacayoko (4), qui oscillent entre 2,6 et 3,5 kg par 100 kg de poids vif pour diverses rations d'engraissement. Ce niveau est cependant inférieur à celui rapporté par Thys (33), qui était de 5,2 kg MS par 100 kg de poids vif pour des moutons nourris exclusivement de coques de graines de coton et d'un aliment composé à 95% de tourteau de coton.

La CVMS des ovins obtenue avec la ration témoin dans chacune des périodes était constamment parmi les plus basses du test, même si, en moyenne, pour toutes périodes confondues, les CVMS ne sont pas différentes significativement.

Or, en raison des teneurs moins élevées en ADF (27,5%) et en tanins (0,405 g/kg MS) de cette ration, on aurait pu s'attendre à une ingestion accrue par les moutons (13, 14).

Au cours du présent test, les ovins ont possiblement rencontré des difficultés pour ingérer les parties les plus lignifiées de la fane d'arachide. Cet aliment a en effet été servi tel qu'il est vendu sur les marchés sous forme de tiges feuillues séchées, contrairement aux ligneux qui ont été offerts uniquement sous forme de feuilles. Les résultats d'analyse des refus de la fane d'arachide (données non présentées) confirment un taux plus élevé de cellulose dans ces refus (33,3%) que dans les échantillons du même aliment offert aux ovins (24%).

Ainsi, l'écart dans le pourcentage de cellulose brute entre la fane d'arachide servie et la fane d'arachide refusée était de 9,3%, contre un écart de 0% (24,5% servie et 24,5% refusée) pour le tourteau de coton, -0,4% (35,6% servie contre 35,2% refusée) pour le *P. erinaceus*, 0% (29,6% servie contre 29,6% refusée) pour le *P. lucens* et 1,1% (16,9% servie contre 18,0% refusée) pour le *F. gnaphalocarpa*, soit des valeurs sensiblement identiques.

Les CVMS des différentes rations ont en général connu une augmentation graduelle au cours du test. Mais cette augmentation correspond à une diminution de l'indice de consommation. Cette tendance a été constatée dans chacun des groupes d'animaux soumis aux différentes rations. Ainsi, lors de la première période, la CVMS de la ration témoin a été de 719 g/j, correspondant à une consommation de 3,2 g/kg de poids vif accumulé. Cette CVMS a connu une augmentation au cours du test, pour atteindre 838 g/j en fin de test, période durant laquelle cette consommation, rapportée au poids vif, est la plus basse; soit 2,9 g/kg de poids vif. Les accroissements des ingestions peuvent être dus à un effet d'adaptation ou à l'augmentation du poids des animaux et donc à celle de leurs besoins alimentaires (14).

Une interaction significative a été observée entre les périodes et les rations pour la CVMS. Cette interaction semble surtout s'expliquer par les résultats obtenus pour la ration à 50% de *Ficus gnaphalocarpa*. Une diminution de sa CVMS (1.000 g/j) a en effet été remarquée à la quatrième période du test. Cette CVMS était alors moins importante que celles de toutes les autres périodes, à l'exception de celle de la première période qui lui était similaire (958 g/j). Cette interaction entre les périodes pour la CVMS de cette ration pourrait s'expliquer par les fluctuations de son taux de matière sèche.

En effet, le *Ficus gnaphalocarpa* contient du latex et est donc sujet à une exsudation (6) entraînant une déshydratation rapide de ses feuilles. Or, le taux moyen de matière sèche des feuilles fraîches de *Ficus gnaphalocarpa* offertes durant la quatrième période était de 33,7%. Ce taux était le plus faible pour ce ligneux durant le test. Celui de la première période, à 34,3%, était faible lui aussi. À l'opposé, le taux de MS le plus élevé était celui de la seconde période (39,9%).

Or, c'est aussi au cours de cette période que la CVMS la plus importante a été mesurée, soit 1.109 g/j. Ces résultats suggèrent donc qu'une teneur plus faible en matière sèche de *Ficus gnaphalocarpa* diminue la CVMS. Cette diminution de consommation alimentaire pourrait s'expliquer par l'abondance de latex dans les feuilles fraîches. Il est connu que l'immersion dans le rumen des constituants alimentaires qui s'hydratent moins lors de la mastication, comme le latex, est plus lente, entraînant un encombrement plus important du rumen et limitant ainsi la prise alimentaire (16). Cinq-Mars (9) a aussi rapporté dans une revue de la documentation scientifique chez des ovins une diminution de la consommation alimentaire d'ensilages avec l'accroissement de l'humidité.

Les CVMS obtenues, qui vont de 813 à 1.337 g/j, sont assez proches de celles signalées par Kiema *et al.* (16), soit de 804 à 1.112 g/j avec des béliers de race sahélienne âgés de 8 à 10 mois en milieu paysan. Les CVMS obtenus par Nantoumé *et al.* (24) sont également assez proches des résultats présents. Lors de leur test, les moutons Maures, alimentés avec le tourteau de coton (61%) et la paille de sorgho (39%), ont consommé 1.138 g/j, alors que ceux recevant la ration composée de paille de brousse (40%) et de tourteau de coton (60%) ont consommé 1228 g/j. Il est généralement admis que la quantité d'aliments quotidiennement consommée par un agneau représente approximativement 3,1% de son poids corporel, selon Boujenane (7); ou 2,5 kg par 100 kg de poids vif (17). La CVMS calculée des ovins Djallonké du présent test aurait donc dû être de 0,93 kg/j en appliquant cette norme. Cela est assez proche de la moyenne de 0,91 kg/j effectivement ingérée par les ovins.

Gain de poids et indice de consommation

Les gains de poids obtenus au cours des essais d'engraissement sont très variables et dépendent de plusieurs facteurs dont les principaux sont la race, l'âge, la ration et la durée de l'engraissement. Les GMQ obtenus au cours de cette étude ont été en moyenne de près de 108 g/j (81 à 134 g), similaires à ce que l'on rapporte dans plusieurs études (1, 4, 5). Bourzat *et al.* (8) ont rapporté des GMQ de 73 à 133 g avec des moutons Mossi et Peul au Burkina Faso. Dehoux et Hounsou-vé (10) rapportent un GMQ de 106 à 118 g pour des moutons Djallonké et Foulani âgés de 14 à 20 mois en 5 semaines d'engraissement avec une ration composée de céréales (mil et maïs), de graines de coton et de fourrage frais. Kamissoko *et al.* (14) ont rapporté des GMQ de 91 à 107 g avec des moutons Djallonké nourris avec des rations contenant 20 ou 0% de fane d'arachide (FA), 60% d'aliment bétail HUICOMA et 20 ou 40% d'un mélange de fourrage de *Ficus gnaphalocarpa* et de graines de *Piliostigma reticulatum*.

Un GMQ de 122,4 g a été obtenu par Thys (33) suite à une embouche au cours de laquelle les béliers étaient nourris avec des coques de graine de coton et un aliment composé de 95% de tourteau de coton. Les animaux complémentés ont réalisé des GMQ de 128,7 g; 168,2 g et 207,3 g pour les moutons âgés de 12,5-14,5; 5-8, et 3-5 mois respectivement, et 231,7 g pour ceux nourris au concentré (2), soit des GMQ supérieurs à ceux de la présente expérience. Les tendances ($P=0,0525$) observées dans les GMQ peuvent difficilement être attribuées aux teneurs en protéines des rations.

En effet, celles-ci se situaient entre 23 et 24% pour les différentes rations et étaient donc similaires entre elles tout en étant largement au-dessus des besoins nutritionnels pour des animaux ayant ce gain de poids (25).

Par ailleurs, les fourrages ligneux sont réputés contenir des teneurs élevées en substances anti-nutritionnelles qui entravent la digestibilité et par conséquent l'ingestion et les performances des animaux qui en absorbent de grandes quantités. Dans la présente étude, les rations R3 et R5 sont celles qui contenaient le plus de tanins, si on se fie à leur dosage (Tableau 1). Pourtant les analyses statistiques démontrent que ce sont ces deux traitements qui ont eu tendance ($P=0,0525$) à avoir des GMQ supérieurs aux autres (Tableau 2). La consommation de matière sèche n'a pas non plus été affectée à la baisse, comparativement aux autres traitements. Il est donc possible d'avancer que les niveaux de substances anti-nutritionnelles comme les tanins (Tableau 1) n'ont pas semblé suffisamment élevés pour affecter ces paramètres. Bien qu'aucun comptage d'œufs de parasites n'ait été effectué et que les animaux à l'étude aient été vermifugés, il est possible que les parasites présents chez les moutons du projet aient été résistants au vermifuge employé, car de plus en plus de cas de résistance aux parasites sont rapportées. À cet égard, Engstrom *et al.* (11) rapportent que certains tanins ont un effet antiparasitaire démontré. Il est possible que la plus forte teneur en tanins de ces rations ait permis d'éliminer une partie des parasites internes chez les ovins de cette étude. D'autres études sont nécessaires pour vérifier cette hypothèse. Comparées sur la base de l'indice de consommation, les rations ont montré des différences pour ce paramètre, mais celles-ci n'étaient pas significatives ($P>0,05$). Les indices de consommation des races ovines des climats tempérés sont meilleurs que ceux du présent test. En effet, Boujenane (7) a signalé au Maroc des indices de consommation de 5,7 pour des agneaux de race pure et 5,4 pour des agneaux croisés. La tendance des résultats du présent test, soit de 7,6 à 12,5; est cependant similaire à celle de Kamissoko *et al.* (14) avec des moutons de même race.

Ces auteurs ont en effet obtenu un indice de consommation de 8,6 avec une ration contenant 40% de fane d'arachide et 60% d'aliment à bétail HUICOMA, et un indice de 9,1 avec une ration contenant 40% de *Ficus gnaphalocarpa* et 60% d'aliment à bétail HUICOMA. Les résultats du présent test ne sont pas très différents également de ceux de Pitala *et al.* (26), qui ont signalé des IC de 10 à 12 suite à leurs essais sur les moutons Djallonké. Ils sont proches aussi des IC obtenus par Nantoumé *et al.* (24) dans leur essai d'alimentation des moutons Maures, soit 9,18 à 12,2, ainsi que de l'IC moyen de 12,3 obtenu par Alkoiret *et al.* (1). Il en est de même des résultats de Kiema *et al.* (16), dont les IC varient de 9,6 à 11,3; en fonction des rations. Cependant, l'indice de 20,7% obtenu avec leur ration témoin était plus élevé que ceux du présent test. Elle comportait toutefois un fort taux d'éléments grossiers, avec 20% de fane de niébé, 40% de tourteau de coton, 30% de tiges de sorgho et de petit mil et 10% de paille naturelle.

Dans la présente étude, et après transformation logarithmique pour obtenir une homogénéité de la variance, les IC se sont légèrement détériorés en cours d'expérience à en juger par des différences significatives entre les périodes (Tableau II). Puisque les CVMS ont augmenté en cours d'étude pour un même GMQ, il était prévisible d'observer ce phénomène.

Rendements carcasses

Les rendements carcasses des différentes rations de la présente étude semblaient inversement proportionnels aux concentrations en NDF des ingestions de matière sèche des ovins. En effet, il est connu que la diminution de cet élément dans un aliment entraîne un encombrement moindre au niveau du rumen et donc une augmentation du rendement carcasse à l'abattage (19).

Les mâles entiers Djallonké produiraient en moyenne des poids moyens carcasse de 12,9 kg selon Sangaré (29), alors qu'ils étaient de 13,9 à 15,6 kg dans la présente expérience. Selon le même auteur, le poids moyen carcasse augmente avec l'âge et la durée de la période d'alimentation intensive. Les poids carcasse maxima atteints sont de 16 kg chez le mouton Djallonké (15). Les mâles entiers de race sahélienne ont un rendement moyen carcasse significativement plus élevé que les Djallonké. Le rendement moyen carcasse des mâles entiers de plus de 18 mois est de 52% contre 48% chez les jeunes de 3 à 8 mois. Les plus fortes valeurs individuelles rapportées sont de 52,2% (34) pour les Djallonké.

Bien que l'efficacité économique calculée à partir du ratio gain de poids sur charges variables reste faible, les meilleures rations, sur la base des bénéfices nets, ont été R4 (25% *F. gnaphalocarpa*), R3 (50% *P. lucens*), R7 (50% *P. erinaceus*) et R5 (50% *F. gnaphalocarpa*).

Conclusion

En ce qui a trait aux performances de croissance, incluant le GMQ, la CVMS et l'IC, les résultats de la présente étude sur les espèces ligneuses testées ont permis d'obtenir des performances équivalentes à celles obtenues chez des moutons alimentés de rations traditionnelles constituée de 50% de tourteau de coton et 50% de fane d'arachide. La substitution partielle ou totale de la fane d'arachide par les fourrages ligneux testés a permis d'obtenir des résultats similaires. La majorité des rations a permis également d'obtenir des rendements carcasses similaires à ceux des ovins nourris par la ration témoin.

On peut donc conclure qu'il est possible d'incorporer jusqu'à 50% de *Ficus gnaphalocarpa*, *Pterocarpus lucens* et *Pterocarpus erinaceus* dans des rations pour moutons sans affecter leurs performances zootechniques. Toute expansion de l'utilisation de fourrages ligneux devra toutefois s'accompagner d'initiatives visant à assurer le renouvellement et la durabilité de cette ressource.

Remerciements

Ces travaux ont été réalisés grâce à une subvention du Centre de recherches pour le développement international, établi à Ottawa, au Canada (www.crdi.ca), et à l'aide financière du gouvernement du Canada par l'entremise d'Affaires étrangères, Commerce et Développement Canada (www.international.gc.ca).

Nos remerciements d'adressent également à tous ceux qui ont contribué à la réussite de cette étude, spécialement à N. Bolduc, de l'Université Laval, aux agents de terrain du CECI et de KILABO, ainsi qu'aux agropasteurs partenaires et à leurs familles.

Références bibliographiques

- Alkoiret T.I., Soulemanne A.A., Gbangboche A.B. & Attakpa E.Y., 2007, Performances d'embouche des ovins Djallonké complémentés avec les coques de graine de coton au Bénin. Fattening performance of Djallonké sheep supplemented with cotton seed husks in Benin. *Livest. Res. Rural Dev.* 19 p. <http://www.lrrd.org/lrrd19/10/alko19141.htm>
- Amegee Y., 1984, The Vogan sheep (cross breed Djallonké x Sahelian) in Togo. III. Feedlot performance and carcass characteristics. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.* 37, 97-106.
- AOAC (American Organization of Agricultural Chemists) 2005 *Official Methods of Analysis* (18th Ed). AOAC, Arlington, VA.
- Bacayoko A., 1989, *Contribution à l'étude des fourrages pauvres au Mali: Recherche de leurs contributions optimales de valorisation par les ruminants*. Thèse de Docteur Ingénieur, ISFRA, Mali.
- Ballo A., Nantoumé H., Kouriba A., Kodio A. & Touré S.A., 2003, Performances bouchère et économique de l'embouche ovine avec des rations à base du foin de bourgou (*Echinochloa stagnina*) ou de la paille de sorgho (*Sorghum vulgare*). *Cah. Économ. Rurale*, 19-27.
- Baumont R., Aufrère J. & Meschy F., 2009, La valeur alimentaire des fourrages: rôles des pratiques de culture, de récolte et de conservation. *Fourrages*, 198, 153-173.
- Boujenane I., 2008, Techniques d'engraissement des agneaux. *Rev. MAPM/DERD*, 171, 4 p.
- Bourzat D., Bonkoungou E., Richard D. & Sanfo R., 1987, Essai d'intensification de la production animale en zone soudano-sahélienne: Alimentation intensive de jeunes ovins dans le nord du Burkina. Animal production intensification trials in Sahelian and Sudanese area: intensive feeding of young sheep in North of Burkina. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 40, 151-156.
- Cinq-Mars D., 2002, *L'importance des fourrages dans l'entreprise ovine: impact zootechnique*. Agri Réseau, Industrie ovine, Québec, Canada. 26 p.
- Dehoux J. & Hounsou-Ve G., 1991, Essai préliminaire d'embouche intensive de béliers Fulani et Djallonké à base de céréales (mil et maïs) et de graine de coton, au nord-est du Bénin. *Tropicultura*, 9, 4, 151-154.
- Engstrom M.T., Karonen M., Ahern J.R., Baert N., Payré B. & Salminen J.-P., 2016 Chemical structure of plant hydrolysable tannins reveal their in vitro activity against egg hatching and motility of *Haemonchus contortus* nematodes. *J. Agric. Food Chem.*, 64, 840-851.
- Gueguen L., Lamand M. & Meschy F., 1988, *Alimentation des bovins, ovins et caprins: Nutrition minérale*. Institut National de Recherche Agronomique, Paris, France, 95-111.
- Hiernaux P.H.Y., Cissé M.I., Diarra L. & De Leeuw P.N., 1994, Fluctuations saisonnières de la feuillaison des arbres et des buissons sahéliens. Conséquences pour la quantification des ressources fourragères. Seasonal fluctuations in foliation of some trees and shrubs in the Sahel. Consequences for the assessment of fodder resources. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 47, 117-125.
- Kamissoko S., Nantoumé H., Sangaré M. & Sanogo O., 2006, Valorisation des ligneux pour l'alimentation des petits ruminants en zone Mali Sud. *Cah. Econom. Rurale*, 4, 19-28.
- Kiema A., Nianogo A.J., Ouédraogo T. & Somda J., 2008, Valorisation des ressources alimentaires locales dans l'embouche ovine paysanne: performances technico-économiques et options de diffusion. *Cah. Agric.*, 17, 23-27.

16. Kiema A., Nianogo A.J., Somda J. & Ouédraogo T., 2008, Valorisation de *Cassia obtusifolia* L. dans l'alimentation des ovins d'embouche en région sahélienne du Burkina Faso. *Tropicultura*, **26**, 2, 98-103.
17. Kouonmenioc J., Lacoste A. & Guérin H., 1992, *Étude de l'influence de quatre fourrages ligneux sur l'évolution pondérale des ovins de la race naine de l'Afrique de l'Ouest*. pp. 97-110. In: *The complementarity of feed resources for animal production in Africa*. Stares J.E.S., Said A.N. & Kategile J.A. (ed.). CIPEA-AFRN, ILCA, Addis-Ababa.
18. Kolff H.E. & Wilson R.T., 1983, Livestock production in central Mali: the "Mouton de Case" system of smallholder sheep fattening. *Agric. Syst.*, **16**, 217-230.
19. Kragten S.A., 2008, *Détermination de la teneur en fibres dans les aliments pour animaux à ALP*. Station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux, Département Fédéral de l'Économie (D.F.E.), Confédération Suisse. 7 p.
20. Nantoumé H., Diarra C.H.T., Traoré D., Kouriba A. & Maïga H., 2005, Performances de l'engraissement des moutons Maures avec des rations à base de tourteau de coton dans la région de Kayes au Mali. *Cah. Économ. Rurale*, **1**, 28-36.
21. Nantoumé H., Diarra C.H.T. & Traoré D., 2006, Performance et rentabilité économique de l'incorporation du mil dans des rations d'engraissement des moutons Maures. *Livest. Res. Rural Dev.*, **18**, 1.
22. Nantoumé H., Ballo A. & Kouriba A., 2007, *Techniques d'embouche ovine*. Fiches techniques, Institut d'économie rurale, Bamako, Mali, 21 p.
23. Nantoumé H., Diarra C.H.T. & Traoré D., 2009, Performance and economic profit of upgrading poor roughages with cottonseed meal in fattening Maure sheep in Mali. *Livest. Res. Rural Dev.*, 21. <http://www.lrrd.org/lrrd21/12/nant21207.htm>
24. Nantoumé H., Sidibé S., Cissé S., Cinq-Mars D., Kouriba A., Sanogo A., Olivier A. & Bonneville J., 2014, Les préférences alimentaires des ovins: appétence des principales espèces de ligneux fourragers dans la commune de Zan Coulibaly. *Livest. Res. Rural Dev.*, 26.
25. NRC, 2007, *Nutrient Requirements of Small Ruminants. Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. National Academy Press, Washington, DC.
26. Pitala W., Yaokorin Y., Bonfoh B., Boly H. & Gbeassor M., 2012, Évaluation de la réponse du mouton Djallonké à l'embouche herbagère à Kolokopé au Togo. *Livest. Res. Rural Dev.*, **24**. <http://www.lrrd.org/lrrd24/1/pita24005.htm>
27. Richard B.B. & Jones W., 1978, Analysis of condensed tannins using acidified vanillin. *J. Sci; Food Agric.*, **29**, 788-794.
28. Rivière R., 1978, *Manuels et précis d'élevage : Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical*. Institut d'élevage et de médecine vétérinaire de pays tropicaux (2^e édition). Jouve, Paris, 527 p.
29. Sangaré M., 2005, *Synthèse des résultats acquis sur l'élevage des petits ruminants dans les systèmes de production animale d'Afrique de l'Ouest*. Procordel URPAN, CIRDES, Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 176 p.
30. SAS, 2006, *SAS enterprise Guide 4.3*. Cary, USA.
31. Shenkute B., Hassen A., Assafa T., Amen N. & Ebro A., 2012, Identification and nutritive value of potential fodder trees and shrubs in the mid rift valley of Ethiopia. *J. Anim. Plant Sci.*, **22**, 1126-1132.
32. Tangara T., 1989, *Suivi de l'embouche ovine paysanne en zone semi-aride de Banamba. Rapport, commission technique spécialisée des productions animales*. INRZFH, Bamako, Mali.
33. Thys E., 1989, L'utilisation du tourteau de coton et de coques de coton à haute dose dans l'alimentation de béliers de l'Extrême Nord Cameroun. Observations préliminaires. *Tropicultura*, **7**, 4, 132-136.
34. Vérité R. & Peyraud J.L., 1988, *Alimentation des bovins ovins et caprins: Nutrition azotée*. Institut National de Recherche Agronomique, Paris, France. pp 75-93.

H. Nantoumé, Malien, PhD, Directeur de Recherche, Institut d'Économie Rurale, Laboratoire de Nutrition Animale, Bamako, Mali.

S. Cissé, Malien, MSc, Chercheur, Institut d'Économie Rurale, Laboratoire de Nutrition Animale, Bamako, Mali.

P.S. Sow, Malienne, MSc, Chercheuse, Institut d'Économie Rurale, Programme de Systèmes de Productions et Gestion des Ressources Naturelles, Bamako, Mali.

S. Sidibé, Malien, PhD, Maître de Recherche, Institut d'Économie Rurale, Laboratoire de Nutrition Animale de l'Institut d'Économie Rurale, Bamako, Mali.

A. Kouriba, Malien, Doctorat, Directeur de Recherche, Secrétaire Exécutif du Comité National de la Recherche Agricole, Bamako, Mali.

A. Olivier, Canadien, PhD, Professeur, Université Laval, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Département de phytologie, Québec, Canada.

J. Bonneville, Canadien, MSc, Professionnel de recherche, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Département de phytologie, Québec, Canada.

D. Cinq-Mars, Canadien, PhD, Professeur, Université Laval, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Département des sciences animales, Québec, Canada.

Diversité des tiques de bovins et variation saisonnière des infestations dans la région maritime au Togo

E. Mollong^{1*}, Y. Nuto¹, R. Rawa & K. Amevoin¹

Keywords: Cattle- Ticks- Collect Abundance- Infestation level- Togo

Résumé

Les tiques constituent une contrainte majeure pour l'émergence des unités de production du bétail en Afrique de l'Ouest, particulièrement au Togo. Dans une perspective de réduire le niveau d'infestation du bétail par les tiques en dessous des seuils économiques de nuisibilité, la diversité et la charge parasitaire de ces nuisibles ont été évaluées grâce à une collecte effectuée de juillet 2013 à juin 2014 dans 9 localités de la Région Maritime au Togo. Au total, 18.378 tiques adultes ont été collectées sur les bovins. Ces tiques appartiennent à 5 genres et 17 espèces dont les plus abondantes et fréquentes sont: *Amblyomma variegatum* (Fabricius, 1794) (38,30%), *Rhipicephalus* (Boophilus) *microplus* (31,84%), *Rhipicephalus* (Boophilus) *decoloratus* (17,43%). Les différentes localités prospectées ont été similaires sur le plan de la diversité spécifique des tiques. Le niveau d'infestation des bovins par les 3 espèces de tiques les plus abondantes a été plus élevé à Kamina avec une moyenne de $22,02 \pm 15,88$ tiques/bovin/mois ($F= 5,836$; $df= 107$; $P<0,000$). Ces résultats constituent une base pour l'identification du cortège parasitaire du bétail par les tiques et l'évaluation de l'importance économique associée aux tiques de bovins au Togo.

Summary

Diversity of Cattle Ticks and Seasonal Variation of Infestations in the Maritime Region of Togo

Ticks are a major constraint for the development of livestock production in West Africa, particularly in Togo. With a view to reducing the level of tick infestation below economic thresholds of harm, the diversity and parasite load of these pests was assessed by collecting them from July 2013 to June 2014 in 9 localities in the Maritime Region in Togo. A total of 18,378 adult ticks were collected from cattle. These ticks belong to 5 genera and 17 species of which the most abundant and frequent are: *Amblyomma variegatum* (Fabricius, 1794) (38.30%), *Rhipicephalus* (Boophilus) *microplus* (31.84%), *Rhipicephalus* (Boophilus) *decoloratus* (17.43%). The different localities surveyed were similar in terms of specific diversity of ticks. The level of infestation of cattle by the 3 most abundant tick species was higher in Kamina with a mean of 22.02 ± 15.88 ticks/bovine/month ($F= 5.836$; $df= 107$; $P<0.000$). These results are core data for the identification of parasitic pests associated with bovine ticks and the assessment of the economic importance of bovine ticks in Togo.

¹Université de Lomé, Département de Zoologie et Biologie Animale, Faculté des Sciences, Lomé, Togo.

*Auteur correspondant: Email: nutoyaovi@gmail.com

Reçu le 20.11.17 et accepté pour publication le 19.12.17

Introduction

L'élevage et l'exploitation du cheptel dans les régions tropicales et subtropicales de l'Afrique sont en plein essor ces dernières décennies (4, 6). La viande et les produits dérivés de cet élevage procurent des revenus aux éleveurs de même qu'une autosuffisance alimentaire en protéines et divers nutriments tels que les acides gras, les sels minéraux et les vitamines. Malheureusement, cette production animale est menacée car les élevages domestiques, notamment les effectifs bovins sont sujets aux attaques des tiques (23, 24). Les infestations des tiques augmentent la mortalité des agneaux qui atteint 6,12% chez les non sevrés et 20% chez les sevrés (25). Les lésions des mamelles et leurs destructions affectent la production de lait chez les vaches, surtout allaitantes et une forte baisse de la croissance des veaux (33, 34). Ainsi, la fixation de ces arthropodes hématophages sur l'hôte entraîne des impacts directs tels que les irritations, les lésions cutanées, les spoliations sanguines et les paralysies (15), mais aussi, des effets indirects du fait qu'ils sont des réservoirs et vecteurs des agents pathogènes (7, 36). Ces impacts directs et indirects entraînent des pertes économiques s'évaluant à environ 14 milliards de dollars par an dans le monde (12, 13). En Afrique de l'Ouest par exemple, les pertes de poids atteignent 15 à 20 kg par bovin en saison des pluies (33), ce qui représente des pertes de 40.000 à 50.000 FCFA par bovin.

Bien que des travaux sur la diversité des tiques ont été menés dans la sous-région (21, 22, 37), le Togo depuis les travaux de Bowessidjaou (14) sur les tiques du Togo, n'a plus connu de travaux majeurs sur la diversité des tiques à part les études éparses de Hounzangbe-Adote *et al.* (25) sur l'impact des tiques sur la croissance des agneaux Djallonké et les études de Kulo *et al.* (26) sur la répartition des tiques (*Ixodidae*) dans le pâturage de la Station Agronomique de l'Université de Lomé. En outre, les projets sous-régionaux TickRisk (2011-2013) et WECATIC (2011-2014) dans les pays limitrophes du Togo ont signalé la présence de nouvelles espèces introduites dans la sous région (2, 28, 29).

Il devient donc évident que le Togo ne peut échapper aux contraintes liées aux tiques vu qu'il dispose d'un marché de bovins sous-régional à Adétikopé dans la Région Maritime qui attire non seulement les transhumants locaux et des pays voisins à cause de ses pâturages et points d'eau naturels et artificiels, mais aussi de la demande en produits carnés de sa population en forte croissance (19).

Cette région devient le réceptacle et une zone endémique des problèmes des tiques et maladies à tiques dont les programmes de lutte nécessitent des études bioécologiques préalables.

Ainsi, la présente étude a été réalisée pour évaluer la diversité spécifique, la dynamique saisonnière, l'abondance et le niveau des infestations des bovins dans les localités ciblées de la Région Maritime.

Matériel et méthodes

Localisation

La région Maritime est située au sud du Togo avec une superficie de 6.395 km² soit 11,30% de la superficie du dit pays. Elle est localisée entre 6°00' et 6°50' de latitude Nord et 0°25' et 2°00' de longitude Est et a pour chef lieu Lomé. Relativement petite, elle est incluse dans la zone écologique V du Togo et limitée au Nord par la zone écologique III, au Sud par l'Océan Atlantique, à l'Ouest par le Ghana et à l'Est par le Bénin. Elle compte plus de 42% de la population togolaise selon la Direction Générale de la Statistique et de la Comptabilité Nationale (19).

Le choix de cette région s'explique par le fait que ses élevages bovins évoluent dans un contexte traditionnel. De plus, elle jouit d'un climat guinéen qui entretient de verts pâturages toute l'année avec un important système de mares, d'étangs et de forêts galeries qui attirent les transhumants qui viennent écouler leurs bétails au marché de bovins sous-régional d'Adétikopé.

Les animaux de cette région se trouvent donc exposés à plusieurs contraintes pathologiques parasitaires introduites par les transhumants puisqu'elle devient le réceptacle. Les espèces de tiques ont été collectées dans neuf localités de la région :

- sur l'axe routier Lomé-Kpalimé, on a Kékékopé (site 1: 06°26'54.2''N; 000°51'56.8''E et 102 m) se situe au Nord-Ouest de Lomé à 56 km et Bagbé (site 2: 06°18'47.2''N; 001°01'11.8''E et 63 m) situé à environ 20 Km au Nord de Lomé;
- sur la route nationale N°1, Kamina (site 3: 06°42'33.9''N; 001°07'12.9''E et 158 m), Fulanikopé (site 4: 06°30'09.6''N; 001°08'22.3''E et 105 m) et Adétikopé (site 5: 06°18'84.9''N; 001°12'42.1''E et 45 m) se situent au Nord de Lomé respectivement à environ 65 km, 45 km et 20 km;
- sur l'axe routier Lomé-Vogan se trouve Kpomé-Apéyéme (Site 6: 06°17'05.1''N; 001°22'33.7''E et 11 m) à environ 36 km à l'Est de Lomé;
- Tabligbo (site 7: 06°38'27.7''N; 001°27'63.4''E et 57 m) se localise à l'extrême Nord-Est à 77 km;
- suivant l'axe Lomé-Aného, Agokpamé (site 8: 06°15'00.9''N; 001°38'22.9''E et 10 m) et Azimé-Dossou (site 9: 06°18'15.5''N; 001°44'43.5''E et 17 m) se situent respectivement à l'extrême Sud-est de Lomé à 50 km et à 70 km.

Notons que Adétikopé, Fulanikopé et Kamina se situent dans l'axe N°1 de la transhumance et constituent avec Tabligbo, les aires de pâture et de parcage des certains transhumants avant d'écouler leur bétail au marché d'Adétikopé.

En outre, durant les travaux de terrain, les bovins de Kékékopé se sont déplacés à Adékpui (06°30'06.6''N; 000°48'25.6''E et 127 m) et ceux de Tabligbo à Mangotikopé (06°44'01.1''N;

001°19'37,9"E et 89 m) et à N'Dewone-Kondji (06°40'35,0"N; 001°33'07,3"E et 55 m) à cause de l'occupation de leur site de parcage par les eaux pluviales. De ce fait ils ont été suivis dans ces sites pour la collecte.

Les coordonnées géographiques des sites choisis ont été localisés grâce à un appareil GPS (Global Positioning System) de type GARMIN Tex 20 au cours de nos sorties de terrains et projetées sur un fond de carte de la Région Maritime du Togo à l'aide de logiciel Archie GIS 3.2® pour matérialiser la figure 1.

La végétation de la zone écologique V et de nos sites de collectes est composée en majorité de savanes à l'Est et de rares forêts au Centre et à l'Ouest. La savane est arbustive avec quelques baobabs, des cultures et des espèces introduites comme *Cocos nucifera* L. (Arecaceae) et *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae) alors que les restes de forêts galeries sont à *Cola gigantea*, *Cynometra megalophylla*, *Phoenix reclinata*, *Pterocarpus santalinoïdes*. La végétation faite de fourrées (îlots) est constituée généralement de *Millittia thonningii*, *Vitex doniana*, *Drypetes floribunda*, *Zanthoxylum zanthoxyloïdes*, *Lonchocarpus sericeus*, *Byrsocarpus coccineus*, *Mallotus oppositifolius*, *Grewia carpinifolia*, *Chrysobalanus arbutularis*, *Flacourtia flavescens*, *Antiaris africana* (espèce vénérée). Quelques rares mangroves pauvres en *Rhizophora racemosa*, *Drepanocarpus lunatus* et certaines formations herbeuses composées de *Paspalum vaginatum*, *Fimbristylis ferruginea* et de la fougère à *Acrostichum aureum* ont été observées aux bords des lagunes et à l'extrême sud-est. La zone d'étude est caractérisée par un tapis de graminées à *Sporobolus virginicus*, *Paspalum vaginatum*, *Heteropogon contortus* et *Panicum maximum* qui s'étale entre les îlots où pâturent les bovins et autres ruminants.

Conditions climatiques sur les différents sites de prospection

La zone écologique V est caractérisée par deux saisons de pluies (avril-juillet et septembre-octobre) et deux saisons sèches (août et novembre-mars). Le total mensuel des précipitations s'accroît d'avril à juin pendant la grande saison des pluies où le maximum est de 250 à 300 mm. La fin de la grande saison pluvieuse est souvent marquée par des pluies fines, soudaines et intermittentes. Les précipitations baissent à moins de 40 mm de mi-juillet à mi-septembre, engendrant ainsi une petite saison sèche centrée sur le mois d'août. La petite saison des pluies (mi-septembre à mi-novembre) présente un maximum pluviométrique moins important en octobre à 110 mm que celui de juin et est suivi de la grande saison sèche. En général, la zone d'étude jouit d'un climat de type guinéen avec des précipitations moyennes annuelles faibles et irrégulières à la côte avoisinant 800 mm alors qu'elles sont plus abondantes vers l'intérieur de la région et avoisinent 1.000 mm. Les températures moyennes mensuelles varient entre 26 °C et 30 °C au cours de l'année. L'humidité relative fluctue entre 74 et 95% et l'insolation est de 6 h/jr. Les données climatiques obtenues dans la région entre janvier 2000 et décembre 2016 ont été fournies par la Direction Générale de la Météorologie Nationale de l'aéroport de Lomé. Ces données ont permis de tracer le diagramme ombro thermique représenté par la figure 2.

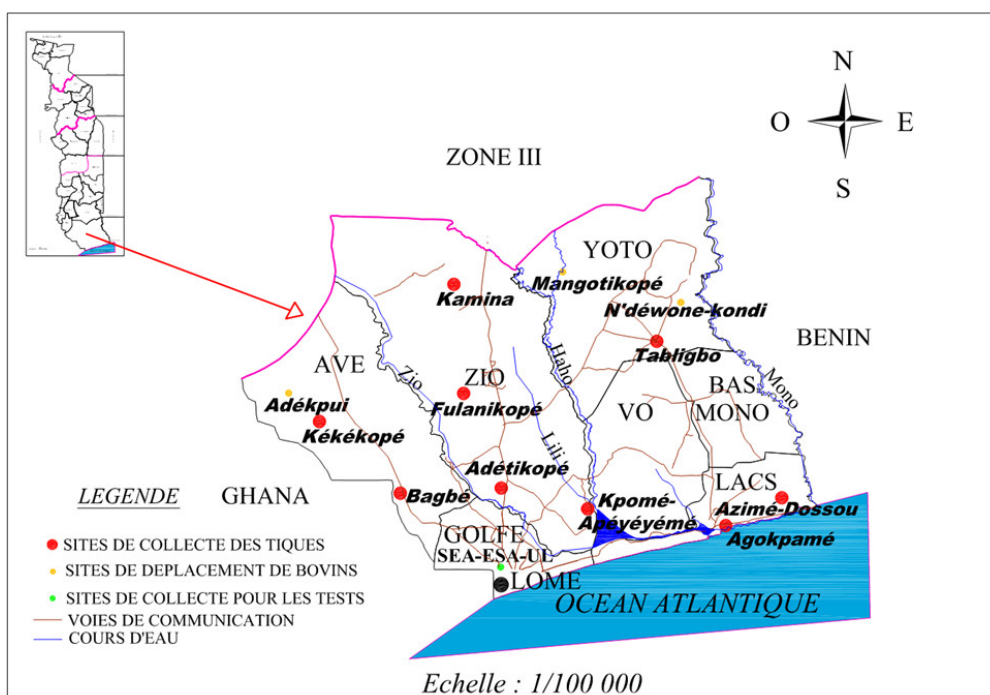


Figure 1: Zone d'étude et sites d'échantillonnage des tiques.

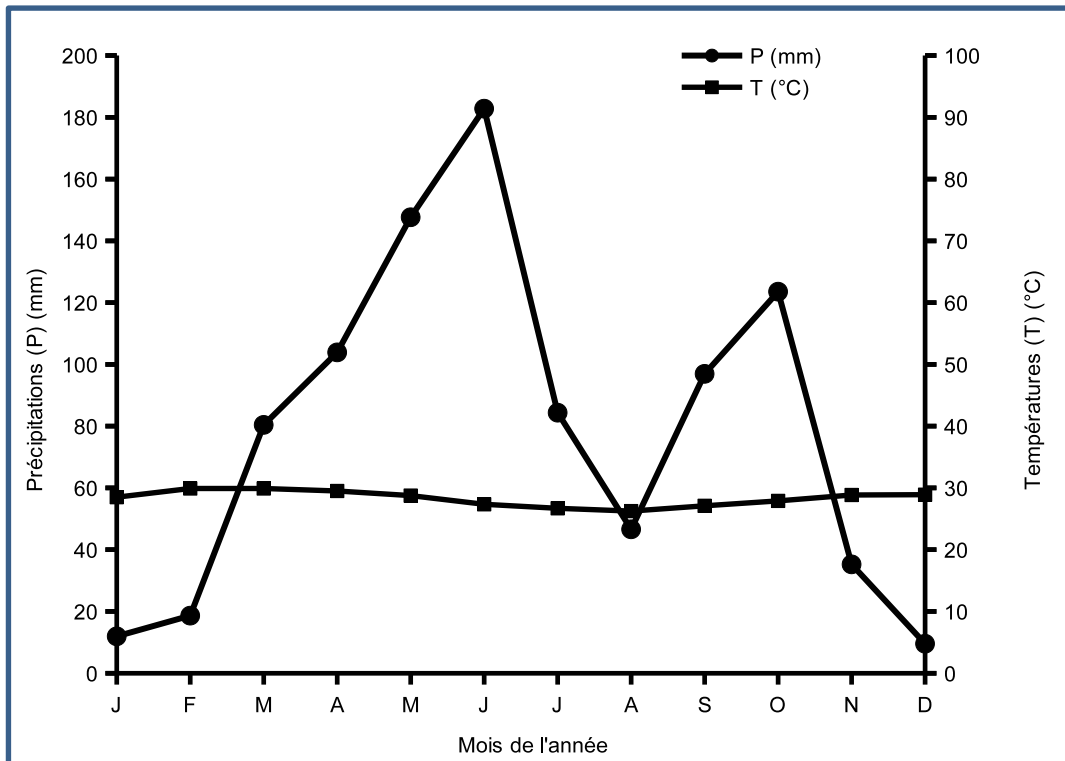


Figure 2: Diagramme ombrothermique de la Région Maritime à partir des moyennes (2000-2016). Source: Direction Générale de la Météorologie Nationale (Station de Lomé-Aéroport).

Echantillon des bovins

Quatre-vingt-dix bovins mâles et femelles de 2 à 10 ans, soit 10 bovins par localité, ont été suivis de juillet 2013 à juin 2014. Chaque troupeau est constitué de 25 à 50 bovins de races confondues appartenant aux taurins (*Bos taurus*) race à courtes cornes de l'Afrique de l'ouest, des zébus sahéliens (*Bos indicus*) et de leurs hybrides. Pendant toute la durée de l'étude, l'échantillon a été le même car les 10 animaux choisis ont été marqués par troupeau et détiqués à chaque visite. Les pâturages exploités ont été fréquentés par des troupeaux transhumants locaux et des pays voisins de même que les petits ruminants.

Collecte des tiques

Les tiques ont été collectées une fois par mois pendant douze mois et avant un traitement acaricide ou au moins deux semaines après un traitement acaricide éventuel. La collecte a été faite à la main sur les bovins par deux personnes et a consisté en un simple arrachage après contention de l'animal par les éleveurs. Pour ce faire, l'animal a été maîtrisé et maintenu debout ou couché au sol pour éviter des mouvements empêchant un détiquage rapide et minutieux. Pour éviter que le rostre de la tique ne se rompe dans la plaie de fixation, elle a été tenue le plus près possible de la peau. L'échantillonnage des tiques sur chaque bovin a été fait pendant 10 minutes sans tenir compte des régions du corps de l'animal.

Les tiques collectées ont été conservées dans des flacons contenant de l'alcool 70° ou du formol à 10% et fermés hermétiquement. Les flacons ont été étiquetés avec les mentions suivantes: localité, date de récolte et coordonnées géographiques. Durant toute la période d'échantillonnage, seules les tiques adultes ont été collectées puis examinées et identifiées.

Identification des tiques

Les caractéristiques morpho-anatomiques ont permis d'identifier les tiques en utilisant les clés d'identification des *Ixodidae* selon Walker *et al.* (37). L'identification a été faite sous une loupe binoculaire (LEICA EZ 4) au Laboratoire d'Entomologie Appliquée de l'Université de Lomé. Après identification, tous les échantillons ont été ensuite envoyés à l'Unité d'Acarologie de l'Université de Dakar où les spécimens déjà identifiés ont été réexaminés (pour confirmation) et ceux qui ne l'étaient pas encore l'ont été par des spécialistes).

Calcul des paramètres étudiés

Abondance

L'abondance d'une espèce de tique parasite (A_i) correspond au rapport du nombre total d'individus de cette dernière (n_i) sur le nombre total des individus (N) de toutes les espèces de tiques confondues collectées (Equation I).

$$A_i = \frac{n_i}{N} \quad \text{I}$$

Elle a permis de déterminer parmi les espèces de tique, la plus importante numériquement durant toute la période d'échantillonnage.

Fréquence

La fréquence (F_i) d'une espèce de tique parasite correspond la présence effective de cette espèce dans une localité ou durant une période. Elle s'exprime en pourcentage et est le rapport du nombre de présence effective d'une espèce (n_i) par le nombre de relevés (N) (Equation II).

$$F_i = \frac{n_i}{N} \times 100 \quad \text{II}$$

Elle a permis de déterminer parmi les espèces de tique, celles qui ont été présentes dans toutes les localités durant toute la période d'échantillonnage.

Diversité Bêta (β)

Elle mesure la différence ou la similarité qui existe entre les localités ou les échantillons sur le plan de la diversité spécifique (30). La composition spécifique des différents sites de prélèvements a été comparée grâce au coefficient de Sorensen (C_s). Seules les données liées à la présence et à l'absence des différentes espèces ont été utilisées. Ainsi, le calcul du coefficient de similarité a été fait suivant la formule de Magurran (30) (Equation III).

$$C_s = \frac{2j}{(a+b)} \quad \text{III}$$

a = richesse spécifique dans la première localité d'étude;

b = richesse spécifique dans la deuxième localité d'étude;

j = espèce(s) commune(s) aux deux localités. Le coefficient de Sorensen équivaut à 1 s'il y a similarité complète entre les localités comparées et à 0 si ces dernières n'ont aucune espèce commune. Ainsi, il y a similarité entre les localités comparées lorsque ce coefficient est supérieur ou égal à 0,5

Indicateurs épidémiologiques

Trois indicateurs épidémiologiques ont été estimés selon Laamri *et al.* (27).

Prévalence d'infestation

La prévalence d'infestation (P_i) est le rapport en pourcentage du nombre d'hôtes infestés (N) par une espèce de tique sur le nombre d'hôtes examinés (H) (Equation IV).

$$P_i(\%) = \frac{N}{H} \times 100 \quad \text{IV}$$

Elle exprime le pourcentage de bovins infestés par une espèce de tique par rapport aux autres espèces de tiques

Intensité parasitaire moyenne d'une espèce de tique

L'intensité parasitaire moyenne (I_p) correspond au rapport du nombre total d'individus d'une espèce de tique parasite (n_i) dans un échantillon d'hôtes sur le nombre d'hôtes infestés (N) dans l'échantillon (Equation V).

$$I_p = \frac{n_i}{N} \quad \text{V}$$

L'intensité parasitaire correspond à la pression exercée par une espèce de tique c'est-à-dire le nombre d'individu de l'espèce de tique parasite par tête de bovin infesté.

Abondance d'infestation

L'abondance d'infestation d'une espèce de tique parasite (A_i) correspond au rapport du nombre total d'individus de cette dernière (n_i) sur le nombre d'hôtes examinés (H) (Equation VI).

$$A_i = \frac{n_i}{H} \quad \text{VI}$$

Elle a permis de déterminer parmi les espèces de tique, la plus importante numériquement par tête de bovin durant toute la période d'échantillonnage.

Analyse des données

Les données ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) au seuil de 5% avec le logiciel STATISTICA version 5. 5. Les moyennes ont été discriminées au test de Student-Newman-Keuls, lorsque l'analyse de variance révèle des différences statistiquement significatives.

Résultats

Diversité spécifique des tiques sur les différents sites prospectés dans la Région Maritime

Sur 18.378 tiques adultes qui ont été collectées sur 90 bœufs de juillet 2013 à juin 2014, cinq genres ont été identifiés. Les genres *Rhipicephalus* (*Boophilus*) et *Amblyomma* sont les plus représentés avec respectivement 54,50% (10.015 individus) et 38,30% (7.039 individus) de tous les individus de tiques collectées soit 92,80% (17.054 individus) durant la période des prospections et dans toute la zone d'étude. Toutefois, les genres *Rhipicephalus*, *Hyalomma* et *Haemaphysalis* avec respectivement 5,36% (985 individus); 1,42% (261 individus) et 0,42% (78 individus) ont enregistré des effectifs faibles.

Le tableau 1 montre que le genre *Rhipicephalus* a été le plus important avec 7 espèces, suivi des genres *Rhipicephalus* (*Boophilus*) et *Hyalomma* avec 4 espèces chacun et les genres *Amblyomma* et *Haemaphysalis* n'ont été représentés chacun que par 1 espèce, pour un total de 17 espèces répertoriées dans toute la zone d'étude.

Ainsi, A Kékékopé (Site 1), un total de 670 individus a été collecté et 11 espèces ont été identifiées pour les 5 genres. Parmi ces espèces, l'abondance d'*Am. variegatum* a été 76,26% (510 individus) suivi de *Rh. (B.) microplus* 15,07% (101 individus). Seules les 2 espèces ont été très fréquentes de 100% et 83,33%; montrant qu'elles ont été relativement les plus abondantes et fréquentes tous les mois de l'année dans cette localité.

A Bagbé (Site 2), sur 2.148 tiques collectées, 5 genres et 12 espèces ont été répertoriées. *Rh. (B.) microplus* avec 49,58% (1.065 individus) a été l'espèce la plus abondante. *Am. variegatum* est arrivée en 2^e position avec 42,32% (909 individus). Une fois encore, *Am. variegatum* et *Rh. (B.) microplus* ont été très fréquentes à 100% de même que *Rh. (B.) annulatus* 91,67% bien qu'elle ne soit pas abondante.

Dans la localité de Kamina (Site 3), 3.038 tiques ont été collectées et 17 espèces appartenant au 5 genres ont été enregistrés. *Rh. (B.) microplus* avec 45,46% (1.381 individus) et *Rh. (B.) decoloratus* avec 30,68% (932 individus) ont été les plus abondantes. Quant *Am. variegatum* et *Rh. (B.) annulatus*, elles ont enregistré respectivement 10,86% (330 individus) et 5,2% (158 individus) surclassant le reste des espèces. Ces 4 espèces ont été très fréquentes toute l'année 100%. En outre, une autre espèce, *Rh. sanguineus* s'est révélée également très fréquente 83,33%.

Fulanikopé (Site 4), a enregistré un effectif total de 2 376 tiques et également 17 espèces pour les 5 genres. Avec des taux de 41,33% (982 individus) pour *Rh. (B.) microplus*, 29,55% (702 individus) pour *Rh. (B.) decoloratus*, 13,51% (321 individus) pour

Am. variegatum et 9,18% (218 individus) pour *Rh. (B.) annulatus*, ces espèces ont été les plus abondantes. La fréquence a été de 100% pour *Am. variegatum*, *Rh. (B.) annulatus* et *Rh. (B.) microplus* et 83,33% pour *Rh. (B.) decoloratus*.

Avec 2.811 tiques collectées, Adétikopé (Site 5) a eu un répertoire de 17 espèces sur les 5 genres. *Am. variegatum* 35,61% (1.001 individus), *Rh. (B.) microplus* 30,7% (863 individus) et *Rh. (B.) decoloratus* 25,15% (707 individus) ont été les plus abondantes parmi toutes les espèces et fréquentes respectivement 100% pour les deux premières et 91,67% pour la 3^e. De même, les espèces *Rh. (B.) annulatus* et *Ha. l. leachii* ont montré une fréquence très élevée respectivement de 100% et 83,33%.

Les collectes à Kpomé-Apéyémé (Site 6) ont révélé sur 735 tiques, 4 genres pour 7 espèces. Egalement, les espèces les plus abondantes ont été *Am. variegatum* 51,84% (381 individus), *Rh. (B.) microplus* 33,2% (244 individus) et *Rh. (B.) decoloratus* 11,3% (83 individus) et ont totalisé des fréquences respectives de 100%; 91,67% et 75%.

Tabligbo (Site 7) a enregistré 2.650 tiques comme effectif total, avec 5 genres et 17 espèces. Tout comme Kamina, Foulanikopé et Adétikopé, *Am. variegatum* 39,17% (1.038 individus), *Rh. (B.) microplus* 27,02% (716 individus) et *Rh. (B.) decoloratus* 24,64% (653 individus) sont de loin, les espèces les plus abondantes. Ces trois espèces ont été trouvées toute l'année dans cette localité, soit une fréquence de 100%. En outre, bien que *Rh. senegalensis* et *Hy. truncatum* ne soit pas abondante, elles ont été très fréquentes respectivement de 100% et 83,33%.

A Agokpamé (Site 8), 2.114 tiques ont été collectées. Pour les 5 genres, 13 espèces ont été répertoriées et *Am. variegatum* avec 66,93% (1.415 individus) a été l'espèce la plus abondante suivi par *Rh. (B.) microplus* 9,22% (195 individus). Les espèces telles que *Rh. (B.) annulatus*, *Rh. sanguineus* et *Rh. senegalensis* ont atteint les 5%. La fréquence d'*Am. variegatum*, *Rh. sanguineus*, *Rh. senegalensis* et *Rh. sulcatus* a été 100%, alors que celle de *Rh. (B.) annulatus* et *Rh. (B.) microplus* a été 91,67%. En fin, Azimé-Dossou (Site 9) avec 1.834 tiques collectées, 5 genres ont été enregistré et 12 espèces. Comme précédemment, l'abondante d'*Am. variegatum* 61,83% (1.134 individus) et *Rh. (B.) microplus* 16,58% (304 individus) a été nette vis-à-vis des autres espèces. Néanmoins, *Rh. (B.) annulatus* a atteint 9,38% (172 individus). *Am. variegatum* et *Rh. senegalensis* ont été très fréquentes 100%. Quant aux espèces *Rh. (B.) annulatus*, *Rh. (B.) decoloratus* et *Rh. (B.) microplus* leurs fréquences respectives ont été 91,67%; 83,33% et 83,33%.

Suivant ces résultats observés, nous pouvons conclure que les bovins de la Région Maritime du Togo présente une richesse spécifique relativement diversifiée en tiques.

Cependant, 3 espèces: *Am. variegatum* 38,3% (7.039 individus), *Rh. (B.) decoloratus* 17,43% (3.204 individus) et *Rh. (B.) microplus* 31,84% (5.851 individus) se sont révélées caractéristiques de la zone d'étude de part leurs abondances comprise et leurs fréquences respectivement de 100%; 81,48% et 94,44%.

Diversité Bêta (β)

Le tableau 1 montre que la diversité spécifique des tiques diffère en fonction des localités où les prospections ont été faites. Suivant ces résultats observés, dans les 9 localités, 8 localités ont enregistré 5 genres et seule Kpomé-Apéyémé a enregistré 4 genres.

On constate que toutes ces 17 espèces ont été retrouvées dans 4 localités qui sont: Kamina, Foulanikopé, Adétikopé et Tabligbo; 13 à Agokpamé; 12 à Bagbé et Azimé-Dossou; 11 à Kékékopé et 7 à Kpomé-Apéyémé.

Parmi toutes ces espèces, cinq (*Am. variegatum*, *Rh. (B.) decoloratus*, *Rh. (B.) microplus*, *Rh. sanguineus*, *Rh. senegalensis*) ont été présentes dans les 9 localités; alors que cinq autres (*Rh. (B.) annulatus*, *Hy. truncatum*, *Rh. guilhoni*, *Rh. lunulatus* et *Rh. sulcatus*) ont été retrouvées dans 8 localités faisant ainsi un total de 10 espèces. Egalement, trois autres espèces (*Rh. (B.) geigyii*, *Ha. l. leachii* et *Hy. rufipes*) ont été rencontrées dans sept localités.

Ainsi, au moins 13 espèces de tiques ont été répertoriées dans sept des neuf localités de la zone d'étude. En outre, Kamina, Fulanikopé, Adétikopé et Tabligbo qui ont enregistré les 17 espèces, ont été les seules localités où on a trouvé les espèces *Hy. impeltatum*, *Hy. impressum*, *Rh. evertsi* et *Rh. muhsamae*. Cependant, *Rh. muhsamae* a été trouvée aussi à Agokpamé. Parmi toutes ces espèces, *Am. variegatum*, *Rh. (B.) decoloratus* et *Rh. (B.) microplus* ont été caractéristiques de la zone d'étude.

Le calcul du coefficient de similarité de Sorensen étant compris entre 0,583 et 1 (Tableau 2), il y a similarité du point de vue diversité spécifique des tiques de bovins entre les 9 localités d'étude de la Région Maritime. D'ailleurs, 13 espèces de tiques ont été recensées dans sept des neuf localités de la zone d'étude. Cette valeur est partagée entre plusieurs localités à l'exemple de Kpomé-Apéyémé, localité ayant enregistré 7 espèces et Kamina, Foulanikopé, Adétikopé et Tabligbo, localités à homogénéité parfaite ayant enregistré les 17 espèces.

Prévalence, abondance et intensité parasitaire moyennes des espèces de tiques parasites de bovins

Sur 90 bovins suivi par mois durant toute l'année, soit un cumule 1.080 animaux, entre 9 et 921 on été infestés par les différentes espèces (Tableau 3).

Rh. evertsi a été l'espèce qui a moins infesté les bovins, alors que *Am. variegatum*, *Rh. (B.) decoloratus* et *Rh. (B.) microplus* ont infesté respectivement à 903; 517 et 921 bovins.

Rh. (B.) microplus a été l'espèce la plus prévalente avec une moyenne de 85,27% des bovins infestés, suivi de *Am. variegatum* 83,61% et *Rh. (B.) decoloratus* 47,87%. Ainsi, au moins 48% des 90 bovins détiqués mensuellement ont été infestés par ces trois espèces de tiques. Seule *Rh. (B.) annulatus* a pu atteindre 22%, les autres espèces ont enregistré des prévalences inférieures à 17%.

Trois espèces ont eu une abondance d'infestation mensuelle notable. Il s'agit d'*Am. variegatum* avec 6,52 tiques/bovin, vient ensuite *Rh. (B.) microplus* 5,42 tiques/bovin et *Rh. (B.) decoloratus* 2,97 tiques/bovin. L'abondance respective de ces trois espèces surclasse donc les autres espèces de tiques qui n'avoisinent pas 1 tique/bovin.

Concernant l'intensité parasitaire moyenne, l'activité des trois espèces a été remarquable par rapport aux autres espèces de tiques. L'intensité exercée par *Am. variegatum* a été de 7,80 tiques/bovin, celle de *Rh. (B.) microplus* 6,35 tiques/bovin et pour *Rh. (B.) decoloratus* 6,20 tiques/bovin. Néanmoins, cette intensité a varié entre 1 et 2,6 tiques/bovins pour le reste des espèces.

L'abondance d'infestation et l'intensité parasitaire moyenne spécifique montrent que les espèces *Am. variegatum*, *Rh. (B.) microplus* et *Rh. (B.) decoloratus* sont la cause de l'abondance mensuelle tiques de bovins dans la zone d'étude.

Les fluctuations des trois espèces les plus abondantes et fréquentes montrent qu'elles sont plus actives pendant les saisons de pluies de Septembre à octobre et avril à juin puisqu'on observe une augmentation des infestations qui varient entre $3,4 \pm 3,82$ à $13,24 \pm 7,50$ tiques/bovin respectivement pour *Rh. (B.) decoloratus* et *Am. variegatum*.

En saisons sèches, de juillet à août on observe une légère baisse des infestations alors que de novembre à mars ces infestations sont très faibles et varient entre $0,27 \pm 0,42$ et $8,58 \pm 6,37$ tiques/bovin respectivement pour *Rh. (B.) decoloratus* et *Am. variegatum* (Figure 3).

En effet, l'intensité parasitaire moyenne des trois espèces a varié entre $5,17 \pm 2,17$ à $22,02 \pm 15,88$ tiques/bovin ($F = 5,836$; $df = 107$; $P < 0,000$) respectivement à Kékékopé et à Kamina.

D'une façon générale, les espèces *Am. variegatum* et *Rh. (B.) microplus* ont plus infesté les bovins que l'espèce *Rh. (B.) decoloratus* qui a presque disparu de janvier à mars.

Tableau 1
Effectifs, abondances et fréquence des différentes espèces de tiques dans la Région Maritime.

Espèces	Kékékopé		Bagbé		Kamina		Fulanikopé		Adétikopé	
	Eff (%)	F (% ± SD)	Eff (%)	F (% ± SD)	Eff (%)	F (% ± SD)	Eff (%)	F (% ± SD)	Eff (%)	F (% ± SD)
<i>A. variegatum</i>	510 (76,12)	100,00 ± 0,00	909 (42,32)	100,00 ± 0,00	330 (10,86)	100,00 ± 0,00	321 (13,51)	100,00 ± 0,00	1 001 (35,61)	100,00 ± 0,00
<i>Rh (B.) annulatus</i>	26 (3,88)	50,00 ± 0,52	98 (4,56)	91,67 ± 0,28	158 (5,20)	100,00 ± 0,00	218 (9,18)	100,00 ± 0,00	74 (2,63)	100,00 ± 0,00
<i>Rh (B.) decoloratus</i>	15 (2,24)	58,33 ± 0,51	54 (2,51)	66,67 ± 0,49	932 (30,68)	100,00 ± 0,00	702 (29,55)	83,33 ± 0,38	707 (25,15)	91,67 ± 0,28
<i>Rh (B.) geigy</i>	5 (0,75)	33,33 ± 0,49	9 (0,42)	33,33 ± 0,49	6 (0,20)	41,67 ± 0,51	20 (0,84)	50,00 ± 0,52	23 (0,82)	41,67 ± 0,51
<i>Rh (B.) microplus</i>	101 (15,07)	83,33 ± 0,38	1 065 (49,58)	100,00 ± 0,00	1 381 (45,46)	100,00 ± 0,00	982 (41,33)	100,00 ± 0,00	863 (30,7)	100,00 ± 0,00
<i>Hae. l. leachii</i>	2 (0,30)	16,67 ± 0,38	-	-	19 (0,63)	58,33 ± 0,51	11 (0,46)	50,00 ± 0,52	33 (1,17)	83,33 ± 0,38
<i>Hya. impeltatum</i>	-	-	-	-	5 (0,16)	33,33 ± 0,49	1 (0,04)	8,33 ± 0,28	2 (0,07)	16,67 ± 0,38
<i>Hya. mpressum*</i>	-	-	-	-	3 (0,10)	16,67 ± 0,38	2 (0,08)	16,67 ± 0,38	5 (0,18)	25,00 ± 0,45
<i>Hya. rufipes</i>	-	-	1 (0,05)	8,33 ± 0,28	16 (0,53)	66,67 ± 0,49	5 (0,21)	25,00 ± 0,45	9 (0,32)	33,33 ± 0,49
<i>Hya. truncatum</i>	1 (0,15)	8,33 ± 0,28	1 (0,05)	8,33 ± 0,28	34 (1,12)	75,00 ± 0,45	27 (1,14)	66,67 ± 0,49	51 (1,81)	75,00 ± 0,45
<i>Rh. evertsi</i>	-	-	-	-	3 (0,10)	25,00 ± 0,45	5 (0,21)	25,00 ± 0,45	1 (0,04)	8,33 ± 0,28
<i>Rh. guilhoni</i>	-	-	2 (0,09)	16,67 ± 0,38	7 (0,23)	33,33 ± 0,49	9 (0,38)	41,67 ± 0,51	5 (0,18)	25,00 ± 0,45
<i>Rh. lunulatus</i>	2 (0,30)	16,60 ± 0,38	1 (0,05)	8,33 ± 0,28	13 (0,43)	50,00 ± 0,52	9 (0,38)	16,67 ± 0,38	8 (0,28)	33,33 ± 0,49
<i>Rh. muhsamae*</i>	-	-	-	-	8 (0,26)	41,67 ± 0,51	5 (0,21)	25,00 ± 0,45	2 (0,07)	8,33 ± 0,28
<i>Rh. sanguineus</i>	1 (0,15)	8,33 ± 0,28	2 (0,09)	16,67 ± 0,38	57 (1,88)	83,33 ± 0,28	3 (0,13)	16,67 ± 0,45	9 (0,32)	33,33 ± 0,49
<i>Rh. senegalensis</i>	5 (0,75)	25,00 ± 0,45	3 (0,14)	16,67 ± 0,38	40 (1,32)	66,67 ± 0,49	37 (1,55)	66,67 ± 0,49	11 (0,39)	41,67 ± 0,51
<i>Rh. sulcatus</i>	2 (0,30)	16,60 ± 0,45	3 (0,14)	25,00 ± 0,45	26 (0,86)	58,33 ± 0,51	19 (0,80)	75,00 ± 0,45	7 (0,25)	41,67 ± 0,51
Effectif total	670		2 148		3 038		2 376		2 811	
Total espèce	11		12		17		17		17	

Espèces	Kpomé-Apéyéme		Tabligbo		Agokpamé		Azimé-Dossou	
	Eff (%)	F (% ± SD)	Eff (%)	F (% ± SD)	Eff (%)	F (% ± SD)	Eff (%)	F (% ± SD)
<i>A. variegatum</i>	381 (51,84)	100,00 ± 0,00	1 038 (39,17)	100,00 ± 0,00	1 415 (66,93)	100,00 ± 0,00	1 134 (61,83)	100,00 ± 0,00
<i>Rh (B.) annulatus</i>	-	-	8 (0,30)	41,67 ± 0,51	123 (5,82)	91,67 ± 0,28	172 (9,38)	91,67 ± 0,28
<i>Rh (B.) decoloratus</i>	83 (11,30)	75,00 ± 0,45	653 (24,64)	100,00 ± 0,00	22 (1,04)	75,00 ± 0,45	36 (1,96)	83,33 ± 0,38
<i>Rh (B.) geigy</i>	-	-	15 (0,57)	41,67 ± 0,51	-	-	3 (0,16)	16,67 ± 0,38
<i>Rh (B.) microplus</i>	244 (33,20)	91,67 ± 0,28	716 (27,02)	100,00 ± 0,00	195 (9,22)	91,67 ± 0,28	304 (16,58)	83,33 ± 0,38
<i>Hae. l. leachii</i>	7 (0,95)	33,33 ± 0,49	5 (0,19)	33,33 ± 0,49	1 (0,05)	8,33 ± 0,28	-	-
<i>Hya. impeltatum</i>	-	-	2 (0,08)	16,67 ± 0,38	-	-	-	-
<i>Hya. mpressum*</i>	-	-	6 (0,00)	33,33 ± 0,49	-	-	-	-
<i>Hya. rufipes</i>	-	-	21 (0,80)	58,33 ± 0,51	2 (0,09)	16,67 ± 0,38	7 (0,38)	33,33 ± 0,49
<i>Hya. truncatum</i>	-	-	39 (1,47)	83,33 ± 0,38	12 (0,57)	58,33 ± 0,51	9 (0,49)	41,67 ± 0,51
<i>Rh. evertsi</i>	-	-	2 (0,08)	16,67 ± 0,38	-	-	-	-
<i>Rh. guilhoni</i>	2 (0,27)	16,67 ± 0,38	8 (0,30)	50,00 ± 0,52	7 (0,33)	41,67 ± 0,51	8 (0,44)	41,67 ± 0,51
<i>Rh. lunulatus</i>	-	-	11 (0,42)	41,67 ± 0,51	17 (0,80)	41,67 ± 0,51	21 (1,15)	50,00 ± 0,52
<i>Rh. muhsamae*</i>	-	-	7 (0,26)	33,33 ± 0,49	2 (0,09)	16,67 ± 0,38	-	-
<i>Rh. sanguineus</i>	11 (1,50)	25,00 ± 0,45	35 (1,32)	75,00 ± 0,45	122 (5,77)	100,00 ± 0,00	27 (1,47)	41,67 ± 0,51
<i>Rh. senegalensis</i>	7 (0,95)	33,33 ± 0,49	64 (2,42)	100,00 ± 0,00	113 (5,35)	100,00 ± 0,00	78 (4,25)	100,00 ± 0,00
<i>Rh. sulcatus</i>	-	-	20 (0,75)	66,67 ± 0,49	83 (3,93)	100,00 ± 0,00	35 (1,91)	75,00 ± 0,45
Effectif total	735		2 650		2 114		1 834	
Total espèce	7		17		13		12	

Espèces	Total	
	Eff (%)	F (% ± SD)
<i>A. variegatum</i>	7 039 (38,30)	100,00 ± 0,00
<i>Rh (B.) annulatus</i>	877 (4,77)	74,07 ± 33,43
<i>Rh (B.) decoloratus</i>	3 204 (17,43)	81,48 ± 13,48
<i>Rh (B.) geigy</i>	81 (0,45)	28,70 ± 17,61
<i>Rh (B.) microplus</i>	5 851 (31,84)	94,44 ± 6,80
<i>Hae. l. leachii</i>	78 (0,42)	31,48 ± 26,86
<i>Hya. impeltatum</i>	10 (0,05)	8,33 ± 11,11
<i>Hya. mpressum*</i>	16 (0,09)	10,19 ± 12,28
<i>Hya. rufipes</i>	61 (0,33)	26,85 ± 22,49
<i>Hya. truncatum</i>	174 (0,95)	46,30 ± 30,95
<i>Rh. evertsi</i>	11 (0,06)	8,33 ± 10,39
<i>Rh. guilhoni</i>	48 (0,26)	29,63 ± 15,27
<i>Rh. lunulatus</i>	82 (0,50)	28,70 ± 17,61
<i>Rh. muhsamae*</i>	24 (0,13)	13,89 ± 15,21
<i>Rh. sanguineus</i>	267 (1,45)	44,44 ± 41,42
<i>Rh. senegalensis</i>	358 (1,95)	61,11 ± 31,67
<i>Rh. sulcatus</i>	195 (1,06)	50,93 ± 30,54
Effectif total	18 376	
Total espèce		

x* = Espèces nouvellement introduites; Eff = Effectif total des espèces par localité; (%) = Abondance totale des espèces par localité; F = Fréquence cumulée des espèces par localité

Tableau 2
Similarité entre les différentes localités de collectes.

Localité d'étude	Kékékopé	Bagbé	Kamina	Fulanikopé	Adétikopé	Kpomé- Apéyéomé	Tabligbo	Agokpamé	Azimé- Dossou
Kékékopé	-								
Bagbé	0,870	-							
Kamina	0,786	0,828	-						
Fulanikopé	0,786	0,828	1,000	-					
Adétikopé	0,786	0,828	1,000	1,000	-				
Kpomé- Apéyéomé	0,777	0,632	0,583	0,583	0,583	-			
Tabligbo	0,786	0,828	1,000	1,000	1,000	0,583	-		
Agokpamé	0,833	0,880	0,867	0,867	0,867	0,700	0,867	-	
Azimé-Dossou	0,870	1,000	0,828	0,828	0,828	0,632	0,828	0,880	-

Tableau 3
Données des indicateurs épidémiologiques des différentes espèces de tiques.

Espèces parasites	Nombre d'hôtes infestés /an/ espèce	Prévalance d'infestation (%)	Abondance d'infestation moyenne (tiques ± SD)	Intensité parasitaire moyenne (tiques ± SD)
<i>A. variegatum</i>	903	83,61	6,52 ± 3,36a	7,51 ± 2,37a
<i>Rh. (B.) annulatus</i>	238	22,04	0,81 ± 0,64d	3,54 ± 1,91b
<i>Rh. (B.) decoloratus</i>	517	47,87	2,97 ± 3,17c	6,69 ± 4,52a
<i>Rh. (B.) geigy</i>	48	4,44	0,08 ± 0,07d	1,07 ± 0,74cd
<i>Rh. (B.) microplus</i>	921	85,27	5,42 ± 3,79b	6,35 ± 1,73a
<i>Hae. l. leachii</i>	49	4,53	0,07 ± 0,09d	1,46 ± 0,59bcd
<i>Hya. impeltatum</i>	10	0,92	0,01 ± 0,01d	0,50 ± 0,52d
<i>Hya. impressum</i>	12	1,11	0,01 ± 0,01d	0,72 ± 0,71cd
<i>Hya. rufipes</i>	36	3,33	0,06 ± 0,06d	1,34 ± 0,82cd
<i>Hya. truncatum</i>	94	8,70	0,16 ± 0,15d	1,95 ± 0,57bcd
<i>Rh. evertsi</i>	9	0,83	0,01 ± 0,01d	0,50 ± 0,67 d
<i>Rh. guilhoni</i>	35	3,24	0,04 ± 0,02d	1,00 ± 0,53cd
<i>Rh. lunulatus</i>	44	4,07	0,08 ± 0,06d	1,71 ± 2,86bcd
<i>Rh. muhsamae</i>	16	1,48	0,02 ± 0,02d	0,88 ± 0,72cd
<i>Rh. sanguineus</i>	115	10,64	0,25 ± 0,32d	2,90 ± 1,57bc
<i>Rh. senegalensis</i>	178	16,48	0,33 ± 0,32d	2,13 ± 1,12bcd
<i>Rh. sulcatus</i>	104	9,62	0,18 ± 0,21d	2,27 ± 1,51bcd
Test statistique			F = 42,058 df = 16 P < 0,000	F = 20,097 df = 16 P < 0,000

*Les moyennes portant la même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes (ANOVA suivi du test de Student-Newman-Keuls, P < 0,05), n = 204.

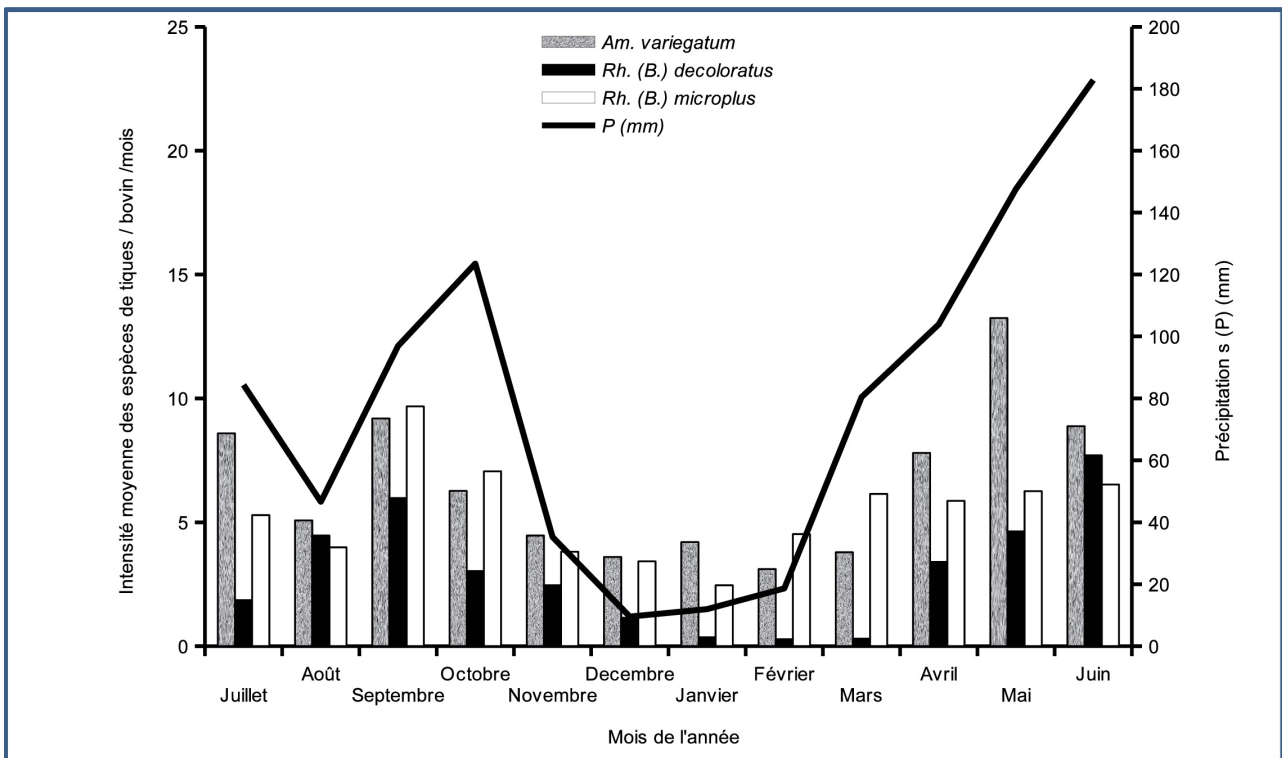


Figure 3: Fluctuation saisonnière des infestations d'*Am. variegatum*, *Rh. (B.) decoloratus* et *Rh. (B.) microplus* dans la Région Maritime.

Discussion

Des 18.378 tiques adultes et 17 espèces identifiées, 14 espèces ont été déjà signalées sur tout le territoire togolais (14) et 16 espèces dans la sous-région ouest africaine (21, 22, 37, 38). Il s'agit des espèces: *Am. variegatum*, *Rh. (B.) annulatus*, *Rh. (B.) decoloratus*, *Rh. (B.) geigy*, *Ha. I. leachii*, *Hy. impressum*, *Hy. impeltatum*, *Hy. rufipes*, *Hy. truncatum*, *Rh. evertsi*, *Rh. guilhoni*, *Rh. lunulatus*, *Rh. muhsamae*, *Rh. sanguineus*, *Rh. senegalensis*, *Rh. sulcatus* et de *Rh. (B.) microplus* la nouvelle tique invasive de l'Afrique de l'Ouest (2, 28, 29).

Am. variegatum, qui a été introduit dans les Antilles françaises, est originaire du Sénégal (5, 31).

Bowessidjaou (14) avait signalé que son introduction au Togo était certainement liée au développement de l'élevage bovin. Elle est responsable de la cowdriose et la dermatophilose. Sa forte prévalence serait un fort signal de la présence endémique de la cowdriose.

L'identification de *Rh. (B.) microplus* dans toute la zone d'étude est un fort signe de son expansion en Afrique de l'Ouest (2, 28, 29). Cette tique originaire de l'Asie du Sud, notamment de l'Inde (20), a été introduite accidentellement dans une grande partie du Sud et l'Est de l'Afrique à partir de bétails commerciaux infestés et s'est répandue à Madagascar. Plusieurs auteurs (16, 17, 18, 28, 29) ont montré qu'elle s'adapte et prolifère dans les

conditions climatiques ouest africaines entre le 6^e et 9^e parallèle de latitude nord. Adakal *et al.* (2) l'ont signalé 1^{ère} fois au Togo à Kolokopé à la hauteur du 8^e parallèle de latitude Nord-est. La présence de cette espèce en Afrique de l'Ouest interpelle les services vétérinaires du fait qu'elle soit plus dangereuse que *Rh. (B.) decoloratus* la tique autochtone.

En effet, elle transmet en plus de *Babesia bigemina* l'un des protozoaires le moins pathogène, la *Babesia bovis* très virulente contrairement à *Rh. (B.) decoloratus* qui ne transmet que *Ba. bigemina* (36). En outre, d'autres auteurs (11, 35) ont montré que *Rh. (B.) microplus* s'adaptait et se développait dans les mêmes conditions que *Rh. (B.) decoloratus* qu'elle pouvait déplacer, alors qu'Abbas *et al.* (1) notent que dans beaucoup de pays *Rh. (B.) microplus* est devenue résistante à toutes les classes d'acaricides chimiques utilisées dans la lutte contre les tiques. Son association avec *Am. variegatum* peut se révéler donc préjudiciable aux éleveurs.

Ha. I. leachii a été collectée sur les bovins bien que Morel (32) a noté que les carnivores sauvages constituaient les hôtes de cette tique. Bowessidjaou (14) l'ayant collecté sur le chien et les graminées de pâture fréquenté par des bovins transhumants, rapportait qu'une partie de son cycle s'accomplirait sur le bœuf. Sa présence sur les bovins d'élevages locaux devient évidente surtout que ces bovins

locaux sont accompagnés des chiens de garde qui sont des hôtes habituels de *Ha. l. leachii* et pouvant être infestés par elle (9). Il en est de même pour *Rh. sanguineus* la tique spécifique du chien collectée sur les bovins qui cohabitent également avec des moutons et des chèvres, des chiens et des chats, la volaille domestique et exploitent les mêmes pâtures et jachères que les transhumants. Malgré une spécificité parasitaire de certaines espèces de tiques, des contraintes écologiques, socio-économiques et de disponibilité des hôtes pourraient donner lieu à des accidents lors de la recherche de l'hôte (22, 27, 39) ou à des adaptations comportementales.

La présence d'espèces xérophiles telles que: *Hy. impressum* et *Hy. impeltatum*, appartenant aux régions arides et tropicales sèches sur les bovins montre qu'ils ont fréquenté les zones de transhumance. Il en est de même pour les espèces *Rh. evertsi*, *Rh. guilhoni* et *Rh. lunulatus* collectées sur moutons et chèvres géantes au Togo (14) et considérées comme des espèces des régions sèches et arides, sans oublier *Rh. muhsamae* une autre espèce introduite. Leurs présences indiquent probablement que l'Afrique Occidentale Humide et Côtière devient de plus en plus sèche avec le changement climatique; ce qui favorise la dispersion et le maintien de ces tiques à travers la transhumance dans la Région Maritime.

La diversité spécifique des tiques à Kamina, Foulanikopé, Adétikopé et Tabligbo est probablement due à leur situation géographique dans l'axe de la Nationale N°1 qui est également le premier axe transhumant national et sous-régional conduisant au marché de bétail d'Adétikopé. Les aires de pâturage de ces localités forment la transition avec la zone écologique III et constituent les lieux de parcage des transhumants qui exploitent aussi les réserves d'Eto, de Lili, de Davié, de Gamé et de Togodo Nord et Sud avant de se diriger vers le marché au bétail d'Adétikopé. Bien que ces bovins transhumants soient destinés aux abats, l'introduction des taureaux infestés pour améliorer les élevages locaux sur place pourrait entretenir ces tiques et leur prolifération dans notre zone d'étude. Cette diversité spécifique de tiques de bovins est très élevée comparée à celle de Bowessidjaou, Farougou *et al.* (14, 22) ont répertorié 4 genres et 8 espèces. Cette différence semble liée à la taille de l'échantillon, l'étendu et la localisation géographique de la zone.

L'abondance et la présence d'*Am. variegatum*, *Rh. (B.) decoloratus* et de *Rh. (B.) microplus* est probablement liée à leur spécificité parasitaire pour les bovins, mais aussi au type de cycle parasitaire et la capacité reproductrice (10, 11, 34).

En effet, Bowessidjaou (14) avait réussi l'élevage d'*Am. variegatum* dans des conditions similaires à celle de la zone d'étude, en notant que dans ces conditions deux générations annuelles étaient envisageables au sud du Togo où règne un climat de type tropical guinéen pour *Am. variegatum*, alors que

Boka *et al.* (10) qui ont réussi l'élevage de *Rh. (B.) decoloratus* et *Rh. (B.) microplus* ont montré qu'on pouvait obtenir 4 à 5 générations annuelles respectivement pour chacune d'elle dans ces conditions. Ceci explique la présence de ces espèces toute l'année avec des baisses d'effectif en saisons défavorables. Une étude en ce sens précisera ces observations. D'autres auteurs (21, 22) ont fait les mêmes observations pour *Am. variegatum* sur bovins et ovins avec des taux respectifs de 69% et 89,70%. Au contraire, Awa *et al.* (3) ont trouvé 62,20% pour *Rh. (B.) decoloratus* et 28,40% pour *Am. variegatum* alors que Biguezoton *et al.* (8) observent 68% pour *Rh. (B.) microplus* quand les autres espèces ne dépassent pas 9%. Bien que certains auteurs (8, 10, 11, 35) aient observé la réduction de l'abondance des autres espèces du genre *Rhipicephalus (B.)* en présence de *Rh. (B.) microplus* la nouvelle tique invasive en Afrique de l'Ouest (2) comme nos résultats, l'étude de la biologie de ces espèces pourrait donc expliquer ces observations et l'influence qu'elle peut exercer sur les autres espèces. Les conditions climatiques favorables expliqueraient la présence et le maintien de plusieurs générations de tiques toute l'année. Ces conditions climatiques meilleures en saisons pluvieuses justifient l'abondance des collectes des espèces *Am. variegatum*, *Rh. (B.) decoloratus* et *Rh. (B.) microplus*, mais aussi les richesses spécifiques de 16 espèces en saison de pluies contre 13 espèces aux saisons sèches. Bien que ces trois espèces aient de fortes prévalences, leurs intensités parasitaires ont été faibles, montrant qu'elles ont été distribuées de manière homogène sur les bovins d'où il n'y a pas eu de phénomène d'agrégation. Le rendement des élevages étant étroitement lié aux infestations des tiques et aux agents pathogènes qu'elles véhiculent (5, 40), il en résulte que les quatre localités ayant enregistré les grandes collectes et richesses spécifiques soient plus infestées et exposées à la transmission des agents pathogènes sachant que les différentes espèces de tiques ne transmettent pas les mêmes pathogènes (7, 36). Des études sur la recherche des pathogènes dans les différentes localités de notre zone d'étude contribueraient à préciser la différence liée au parasitisme dans la Région Maritime.

Conclusion

Cette étude a montré que l'abondance et la richesse spécifique des tiques s'observent plus en saisons pluvieuses qu'en saisons sèches avec *Am. variegatum*, *Rh. (B.) decoloratus*, et *Rh. (B.) microplus*, trois espèces les plus abondantes et fréquentes. Très diversifiée avec 17 espèces de tiques de bovins, les localités de la Région Maritime sont similaires et l'introduction de nouvelles espèces telles que *Rh. (B.) microplus*, *Hy. impressum* et *Rh.*

muhsamae augmente les risques de diverses zoonoses. Aussi, le changement climatique, la cohabitation des hôtes des tiques exploitant les mêmes parcours et jachères seraient à l'origine des charges parasitaires élevées des bovins avec la présence d'espèces opportunistes telles que: *Ha. I. leachii* et *Rh. sanguineus*, mais aussi des espèces *Rh. evertsi*, *Rh. guilhoni*, *Rh. lunulatus*, *Rh. muhsamae* et *Rh. sulcatus* qui auraient une spécificité pour les ovins. L'association des espèces *Am. variegatum* responsable de la cowdriose et dermatophilose, et de *Rh. (B.) microplus* vectrice de *Babesia bovis* et qui est devenu résistante dans beaucoup de pays à toutes les classes d'acaricides chimiques, mérite une attention particulière de la part des responsables des systèmes d'élevages et des structures vétérinaires et médicales.

Remerciements

Tous nos remerciements au Dr. B.A. Ndiaye, Laboratoire de Zoologie des Invertébrés terrestres à l'université Dakar au Sénégal pour avoir facilité l'identification des tiques et au Dr. M. Gomina de l'Université de Lomé au Togo, pour son attention particulière, ses remarques et ses apports dans la rédaction de cet article.

Références bibliographiques

1. Abbas R.Z., Zaman M.A., Colwell D.D., Gilleard J. & Iqbal Z., 2014, Acaricide resistance in cattle ticks and approaches to its management: The state of play. *Vet. Parasitol.*, **203**, 6-20.
2. Adakal H., Biguezoton A., Zoungrana S., Courtin F., De Clercq E.M. & Madder M., 2013, Alarming spread of the Asian cattle tick *Rhipicephalus microplus* in West Africa: another three countries are affected: Burkina Faso, Mali and Togo. *Exp. Appl. Acarol.*, **61**, 383-386.
3. Awa D.N., Adakal H., Luogboua N.D.D., Wachonga K.H., Leinyuya I. & M.D. Achukwi, 2015, Cattle Ticks in Cameroon: Is *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* absent in Cameroon and the Central African region? *Ticks Tick-borne Dis.*, **6**, 117-122.
4. Bakyono D. & Ouédraogo T., 2007, *Analyse de la filière bétail- viande au Burkina Faso*. Ministère des Ressources Animales; Ouagadougou, Burkina Faso, 14 p.
5. Barré N., 1989, *Biologie et écologie de la tique Amblyomma variegatum (Acarina: Ixodina) en Guadeloupe (Antilles Françaises)*. Thèse de doctorat: Sciences, Maisons-Alfort: CIRAD-IEMVT, 268 p.
6. BCEAO., 2004, Données statistiques sur le Togo (www.bceao.int).
7. Berggoetz M., Schmid M., Ston D., Smith V., Chevillon C. & Pretorius A.M., 2014, Protozoan and bacterial pathogens in tick salivary glands in wild and domestic animal environments in South Africa. *Ticks Tick-borne Dis.*, **5**, 176-185.
8. Biguezoton A., Chevillon C., Adehan S., Adakal H., Zoungrana S. & Farougou S., 2016, Community structure, seasonal variations and interactions between native and invasive cattle tick species in Benin and Burkina Faso. *Parasites Vectors*, **9**, 43, 1-16.
9. Bisusa M.A., Ombeni B.E., Chishibanji B.W. & Masunga M.B., 2014, Identifying ticks (Acarina-Ixodidae) Parasites of Cattle in South Kivu, Democratic Republic of Congo. *Int. J. Innovation Appl. Stud.*, **8**, 1496-1503.
10. Boka O.M., Achi L., Adakal H., Azokou A., Yao P., Yapi Y.G., Kone M., Dagnogo K. & Kaboret Y.Y., 2017, Review of cattle ticks (Acari, Ixodida) in Ivory Coast and geographic distribution of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, an emerging tick in West Africa. *Exp. Appl. Acarol.*, **71**, 4, 355-369.
11. Boka O.M., Madder M., Achi Y.L., Kaboret Y.Y. & Berkvens D., 2014, Modélisation du remplacement de *Rhipicephalus (Boophilus) decoloratus* par *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, une tique émergente en Côte d'Ivoire. *Eur. Sc. J.*, **10**, 30, 120-132.
12. Bourdeau P., 1993, Les tiques d'importance vétérinaire et médicale. 1^{ère} partie, principales caractéristiques morphologiques et biologiques et leurs conséquences. *Point Vét.*, **25**, 13-26.
13. Bourdeau P., 1993, Les tiques d'importance vétérinaire et médicale. 2^e partie, principales espèces de tiques dures (Ixodidae et Amblyommidae). *Point Vét.*, **25**, 27-41.
14. Bowessidjaou E.J., 1991, *Tiques (Acarina: Ixodoidea) du Togo*. Thèse de doctorat, Université Neuchâtel, Faculté des Sciences, Institut de Zoologie, 151 p.
15. Chartier C., Itard J., Morel P.C. & Troncy P.M., 2000, *Précis de Parasitologie vétérinaire tropicale*. (Eds) Tec et Doc - Lavoisier, Editions médicales internationales - Lavoisier (EM Inter) Collection: Universités francophones, 774 p.
16. De Clercq E.M., Later S., Estrada-Peña A., Madder M., Adehan S. & Vanwambeke S.O., 2015, Species distribution modelling for *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) in Benin, West Africa: Comparing datasets and modelling algorithms. *Preventive Vet. Med.*, **118**, 8-21.
17. De Clercq E.M., Estrada-Peña A., Adehan S., Madder M. & Vanwambeke S.O., 2013, An update on distribution models for *Rhipicephalus microplus* in West Africa. *Geospatial Health*, **8**, 1, 301-308.

18. De Clercq E.M., Vanwambeke S.O., Sungirai M., Adehan S., Lokossou R. & Madder M., 2012, Geographic distribution of the invasive cattle tick *Rhipicephalus microplus*, a country-wide survey in Benin. *Exp. Appl. Acarol.*, **58**, 441-452.
19. DGSCN, 2010. *Recensement Général de la Population et de l'Habitat*. République Togolaise: Novembre 2010.
20. Estrada-Peña A., Bouattour A., Camicas J. L., Guglielmone A., Horak I., Jongejan F., Latif A., Pegram R. & Walker A. R., 2006, The known distribution and ecological preferences of the tick subgenus *Boophilus* (Acari: Ixodidae) in Africa and Latin America. *Exp. Appl. Acarol.*, **38**, 219- 235.
21. Farougou S., Kpodekon M., Adakal H., Sagbo P. & Boko C., 2007, Abondance saisonnière des tiques (Acari: Ixodidae) parasites des ovins dans la région méridionale du Bénin. *Ann. Méd. Vét.*, **158**, 12, 627-632.
22. Farougou S., Kpodekon M., Tchabore D.M., Youssao A.K.I. et Boko C., 2006, Abondance saisonnière des tiques (Acari: Ixodidae) parasites des bovins dans la zone soudanienne du Bénin: cas des départements de l'Atacora et de la Donga. *Ann. Méd. Vét.*, **150**, 145-152.
23. Ghosh S., Azhahianambia P. and Yadav M. P., 2007, Upcoming and future strategies of tick control: a review. *J. Vect. Born. Dis.*, **44**, 79-89.
24. Hoogstraal H., Aeschlimann A., 1982, Tick-host specificity. *Bull. Soc. Entomol.*, **55**, 5-32.
25. Hounzangbe-Adote M.M.S., Linton E., Koutinhoun G.B., Losson B. & Moutairou K., 2001, Impact des tiques sur la croissance des agneaux Djallonké. *Ann. Méd. Vét.*, **145**, 210-216.
26. Kulo A.E, Assogba K., Talaki E. & Poutouli W., 2012, Répartition spatiale des tiques (Ixodidae) sur un pâturage cultivé à la Station Expérimentale Agronomique de l'Ecole Supérieure d'Agronomie - Campus Universitaire de Lomé au Togo. *Livestock Research Rural Dev.*, **24**, Article #113. <http://www.lrrd.org/lrrd24/7/abal24113.htm>
27. Laamri M., El Kharrim K., Mrifag R., Boukal M. & Belghyti D., 2012, Dynamique des populations de tiques parasites des bovins de la région du Gharb au Maroc. *Rev. Elevage Méd. Vet. Pays Tropicaux*, **65**, 3-4, 57-62.
28. Madder M., Thys E., Achi L., Touré A. & De Deken R., 2011, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*: a most successful invasive tick species in West-Africa. *Exp. Appl. Acarol.*, **53**, 139-145.
29. Madder M., Thys E., Geysen D., Baudoux C. & Horak I., 2007, *Boophilus microplus* ticks found in West Africa. *Exp. Appl. Acarol.*, **43**, 233-234.
30. Magurran A.E., 1988, *Ecological diversity and its measurement*, Croom Helm, London, UK, 179 p.
31. Maillard J.C. & Maillard N., 1998, Historique du peuplement bovin et de l'introduction de la tique «*Amblyomma variegatum*» dans les îles françaises des Antilles: synthèse bibliographique, *Ethnozootecnie*, **61**, 19-35.
32. Morel P. C., 1978. Les tiques d'animaux sauvages en Haute-volta (Acariens : Ixodidae). *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, **31**, 1, 69-78.
33. Stachurski F., 2007, *Le pédiluve acaricide. Fiches techniques du CIRDES*; Fiches n°1, Ouagadougou, Burkina Faso, 8 p.
34. Stachurski F., Barré N. & Camus E., 1988, Incidence d'une infestation naturelle par la tique *Amblyomma variegatum* sur la croissance des bovins et des caprins créoles. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, **41**, 395-405.
35. Tonnesen M.H., Penzhorn B.L., Bryson N.R., Stoltz W.H. & Masibigiri T., 2004, Displacement of *Boophilus decoloratus* by *Boophilus microplus* in the Soutpansberg region, Limpopo Province, South Africa. *Exp. Appl. Acarol.*, **32**, 199-208.
36. Walker A.R., 2014, Ticks and associated diseases: a retrospective review. *Med. Vet. Entomol.*, **28**, 1, 1-5.
37. Walker A.R., Bouattour J.L., Camicas A., Estrada Pena I.G., Horak A.A., Latif R.G., Pegram R.G. & Preston P.M., 2007, *Tick of domestic animals in Africa: A Guide to identification of species*. Bioscience Reports, International Consortium on Ticks and Tick Borne Diseases: Edinburgh, Scotland, U.K., 221 p.
38. Walker A.R., Koney E.B.M., 1999, Distribution of ticks (Acari: Ixodida) infesting domestic ruminants in Ghana. *Bull. Entomol. Res.*, **89**, 473-479.
39. Yousfi-Monod R. & Aeschlimann A., 1986, Recherches sur les tiques (Acarina, Ixodidae) parasites des bovidés dans l'Ouest algérien-Inventaire systématique et dynamique saisonnière. *An. Parasitol. Hum. Comp.*, **61**, 341-358.
40. Zinsstag J., N'depo A., Komoin-oka C. et Knopf L., 2004, La productivité du bétail N'Dama/parasitisme. *Rev. Sempervira*, **11**, 64-83.

E. Mollong, Togolais, Docteur, Université de Lomé, Faculté des Sciences, Département de Zoologie et Biologie Animale, Lomé, Togo.

Y. Nuto, Togolais, PhD, Enseignant chercheur, Université de Lomé, Faculté des Sciences, Département de Zoologie et Biologie Animale, Lomé, Togo.

R. Bawa, Togolaise, Docteur, Université de Lomé, Faculté des Sciences, Département de Zoologie et Biologie Animale, Lomé, Togo.

K. Amevon, Togolais, Professeur, Université de Lomé, Faculté des Sciences, Département de Zoologie et Biologie Animale, Lomé, Togo.

Etude de quelques paramètres de reproduction de *Thunnus obesus* (Lowe, 1839) débarqué au port d'Abidjan en Côte d'Ivoire

N.C. Diaha^{1*}, Y.C. Doffou¹ & B.G. Goore²

Keywords: *Thunnus obesus*- Reproduction period- Gonadotropic relationship- Hepato-somatic relationship- Condition factor- East Atlantic Ocean- Côte d'Ivoire

Résumé

Quelques paramètres de biologie de la reproduction de *Thunnus obesus* (Lowe, 1839) de l'océan Atlantique Est ont été étudiés dans le but de mettre en évidence les variations qui pourraient exister au niveau des paramètres de reproduction. A cet effet, 176 spécimens, ont été échantillonnés de janvier à octobre 2016 sur des bateaux industriels. Les différents individus ont été mesurés et les gonades extraites pour analyses de laboratoire. Le «sex ratio» indique un équilibre entre mâles et femelles (1:1,04; $\chi^2=0,09$; $p<0,05$). Tous les stades macroscopiques de maturité sexuelle ont pu être identifiés chez la femelle contrairement au mâle où les stades 4 et 5 ont été absents. L'analyse du rapport gonado-somatique montre que l'espèce *Thunnus obesus* pourrait se reproduire durant toute l'année avec des pics observés principalement en avril et accessoirement en août.

Summary

Study of Some Reproduction Parameters of *Thunnus obesus* (Lowe, 1839) landed in the Port of Abidjan in Côte d'Ivoire

Some biological reproductive parameters of *Thunnus obesus* (Lowe, 1839) in the Eastern Atlantic Ocean have been studied in order to highlight the variations which could exist in the reproduction parameters. A sampling of 176 specimens was carried out on industrial vessels from January to October 2016. The different individuals were measured and the gonads extracted for laboratory analyzes. The sex-ratio indicated a balance between males and females (1:1.04, $\chi^2 = 0.09$, $p < 0.05$). All macroscopic stages of sexual maturity could be identified in the female unlike in the male where stages 4 and 5 were absent. Gonadosomatic ratio analysis showed that *Thunnus obesus* could breed all the year round with peaks in April and incidentally in August.

¹Centre de Recherches Océanologiques, Abidjan, Côte d'Ivoire

²University Félix-Houphouët-Boigny, UFR Bioscience Département Bioscience, Filière Hydrobiologie, Abidjan, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant: Email: diahaconstance@yahoo.fr / constance.diaha@cro-ci.org

Introduction

Les thons font partie des principaux produits de la mer faisant l'objet d'échanges internationaux (23). Ce sont des poissons très recherchés par les pêcheurs à cause de leur très grande valeur commerciale et également appréciés par les consommateurs pour leur haute valeur nutritive (1). Près de quatre millions de tonnes de ces thons sont pêchés annuellement dans les trois océans: 65% dans l'océan Pacifique, 21% dans l'océan Indien et 14% dans l'océan Atlantique (21).

Parmi ceux-ci, seulement trois espèces dont le listao (*Katsuwonus pelamis*, Linnaeus 1758), l'albacore (*Thunnus albacares*, Bonnaterre 1788) et le patudo (*Thunnus obesus*) sont régulièrement rencontrées dans la majorité des captures des différentes pêcheries en Côte d'Ivoire (9). *Thunnus obesus* particulièrement, tient une place très importante dans le secteur des pêches, eu égard au tonnage débarqué (soit 131 tonnes), mais aussi par sa valeur commerciale extrêmement élevée (2).

Cette espèce fait donc l'objet d'une exploitation intense par de grands senneurs qui opèrent dans le Golfe de Guinée et qui approvisionnent les pays côtiers (6). Cette exploitation massive occasionne des effets négatifs sur l'écologie et par conséquent sur le stock de l'espèce.

Or les données biologiques nécessaires à cette évaluation des stocks en vue d'analyser son évolution sont indisponibles ou archaïques. En effet la connaissance de la biologie de reproduction est essentielle à une bonne gestion des ressources halieutiques (24).

Les travaux antérieurs ont porté sur la synthèse des connaissances acquises sur la pêche et la biologie

des thonidés tropicaux dans l'Atlantique centre est et tout en présentant les statistiques de la pêche thonière hauturière (2, 7). D'autres travaux réalisés dans les différents océans ont porté sur la description de l'espèce dans l'Atlantique et sur l'évaluation des stocks et pêcheries de l'espèce dans les océans Atlantique, Pacifique et Indien (13,17).

Cette étude vise donc à actualiser les données relatives à la biologie de la reproduction de l'espèce *Thunnus obesus* dans l'océan Atlantique Est à travers la connaissance de quelques paramètres du point de vue macroscopique tels que le sex-ratio, les stades de maturité sexuelle, le rapport gonado-somatique, le rapport hépato-somatique et le facteur de condition.

Matériel et méthodes

Zone d'étude

La zone de pêche est le Golfe de Guinée située dans l'océan Atlantique Est. Les pêches se sont déroulées entre la latitude 10°N et longitude 11°E (Figure 1). Les températures enregistrées varient entre 22,5 °C (Température minimale) et 30 °C (Température maximale). Les captures de *Thunnus obesus* ont été réalisées à la senne. Cette pêche est pratiquée par différents thoniers et soumise à l'alternance de différentes techniques de pêche (bancs libres et bancs sous objets flottants).

L'échantillonnage a été effectué chaque mois de janvier à octobre 2016. Lors des débarquements des bateaux industriels, un échantillon est prélevé dans des cuves où est marquée la position géographique de la zone de pêche, puis envoyé au laboratoire du DRAV du CRO pour des manipulations. Pour chaque spécimen, la longueur à la fourche (*LF*) et les poids totaux (*Pt*) à 0,1 kg ont été respectivement mesurés

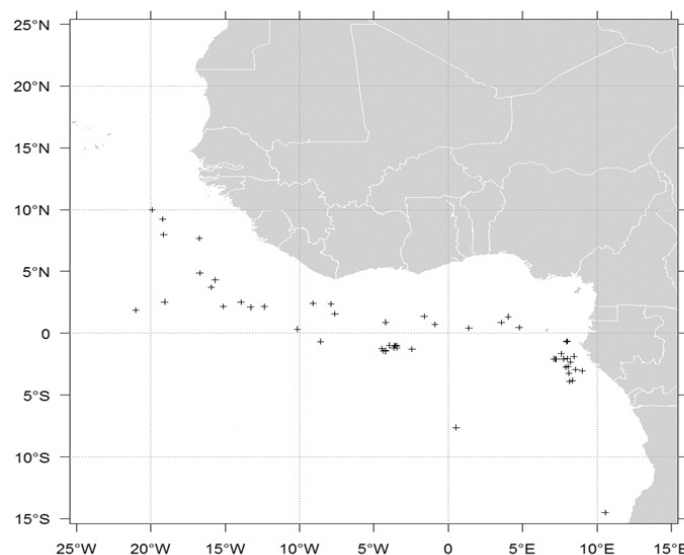


Figure 1: Zone de pêche de *Thunnus obesus* dans l'Océan Atlantique Est par les senneurs de janvier à octobre 2016.

avec un pied à coulisse et une balance électronique de capacité maximale 300 kg et minimale 2 kg. Après dissection, le sexe a été déterminé, les gonades et les foies ont été prélevés et pesés à 0,1 g avec une balance électronique de capacité 4.000 g.

Zone d'étude

Sex-ratio

Le sex-ratio renseigne sur l'équilibre des sexes à l'intérieur d'une population. Elle a été définie comme le rapport du nombre de mâles sur le nombre de femelles (18) (Equation I).

$$SR = \frac{M}{F} \quad I$$

Avec SR: Sex-ratio; M= nombre de mâles; F= nombre de femelles

Stades macroscopiques de maturité sexuelle

Les stades macroscopiques de maturité sexuelle ont été déterminés par observation directe de la structure et de l'aspect de la gonade (couleur, vascularisation, consistance), et ce à l'aide du manuel appliqué aux thonidés (16). Cette échelle comprend 5 stades chez les femelles et 5 stades chez les mâles définis sur le tableau 1.

Rapport gonado-somatique (RGS)

Le rapport gonado-somatique est le rapport entre le poids de la gonade et le poids total du poisson, multiplié par 100. Le rapport gonado-somatique (RGS) permet de déterminer les périodes de ponte au cours du cycle sexuel d'une espèce (3). Il a été établi suivant la formule de Bogis (5) (Equation II).

$$RGS = \frac{P_g}{P_t} \times 100 \quad II$$

Avec P_g : poids des gonades en g; P_t : poids total du poisson en g.

Rapport hépato-somatique (RHS)

Le rapport hépato-somatique est donné par le rapport du poids du foie à celui du poisson, multiplié par 100. Le rapport hépato-somatique (RHS) permet de suivre l'état des réserves énergétiques des poissons. Il est donné par la formule de Bogus (5) (Equation III).

$$RHS = \frac{P_f}{P_t} \times 100 \quad III$$

Avec P_f : poids du foie en g; P_t : poids total du poisson en g.

Facteur de condition K

Le facteur de condition (K) permet de traduire l'embonpoint du poisson par rapport à l'effet des facteurs écologiques et physiologiques. Ce coefficient nous renseigne sur le stockage des réserves nécessaires à la gamétogenèse (11). Il est donné par la formule de Lévêque (20) (Equation IV).

$$K = \frac{P_t}{L_f^3} \times 100 \quad IV$$

Avec P_t : Poids total du poisson en g; L_f : longueur à la fourche en cm.

Tableau 1

Echelle macroscopique de détermination des stades de maturité sexuelle lors de l'examen visuel des gonades des grands pélagiques.

Stades	Critères	
	Mâles	Femelles
I	Indéterminés: Gonades en forme de petits rubans, impossible de déterminer le sexe à l'œil nu	Indéterminés: Gonades en forme de petits rubans, impossible de déterminer le sexe à l'œil nu
1	Immatures: testicules très fins, aplatis et en forme de ruban, mais détermination du sexe possible à l'œil nu	Immatures: gonades allongées et minces, mais détermination du sexe possible à l'œil nu
2	Testicules gonflés, triangulaires dans la coupe transversale, pas de laitance dans le canal central	Maturité précoce: gonades gonflées, mais pas d'ovule visible à l'œil nu
3	En maturation: la laitance s'écoule si l'on presse ou pince les testicules	Maturité tardive: gonades gonflées, ovules visibles à l'œil nu
4	Matures: grands testicules, la laitance, s'écoule facilement des testicules	Matures: ovaires très gonflés, ovules translucides, sortant facilement des follicules ou libres dans la lumière de l'ovaire
5	Ayant frayé: testicules flasques, injectés de sang, surface rouge foncé, peu ou pas de laitance dans le canal central	Ayant frayé: restes d'ovules matures à divers degrés de résorption et reste d'ovules matures de 1,0 mm de diamètre

Résultats

Sex-ratio

Sur un ensemble de 176 spécimens récoltés, 86 mâles aux stades de maturité sexuelle 1 à 3 et 90 femelles aux stades 1 à 5 ont été identifiés. Cet effectif correspond à un sexe ratio (M:F) de 1:1,04. Ce sex-ratio n'est pas significativement différent du sex-ratio théorique 1:1 ($\chi^2= 0,09$; $p<0,05$).

Proportion des stades de maturité sexuelle

La proportion des individus en fonction des stades macroscopiques de maturité sexuelle est représentée par la tableau 2. Chez les mâles, la proportion la plus élevée est observée au stade 1 de la maturité sexuelle avec 76,68% d'individus. Le stade 2 totalise 19,73% d'individus. Enfin, le stade 3 compte 3,48% d'individus. Chez les femelles, les individus de stade 1 représentent la proportion la plus importante avec 55,52%. Par la suite, vient le stade de maturité sexuelle 2 avec 33,31%. Le stade 3 enregistre 2,22% individus. Quant aux stades 4 et 5, ils totalisent chacun 4,44% individus.

Variation mensuelle des stades macroscopiques de maturité sexuelle

Les variations mensuelles des différents stades de maturité sexuelle révèlent que des mâles et femelles à différents stades de maturité sexuelle énumérés dans le tableau 2 sont rencontrés sur toute la période d'étude. Les mâles de stade de maturation sexuelle 1 ont été présent sur toute la durée de l'échantillonnage excepté le mois d'août. Le stade 2 est présent de février à avril, de juin à août et octobre. Quant au stade de maturité 3, il est observé seulement en mai et en octobre. Chez les femelles, le stade 1 est observé sur toute la période d'échantillonnage excepté le mois d'avril et le mois de juillet. Quant au stade 2, il est enregistré sur les mois de février à août et d'octobre excepté le mois de janvier et le mois de septembre. Le stade de maturité 3 est observé pendant les mois de mai et juin. Les individus de stade avancé (stade 4) ont été rencontrés en mai et en octobre. Le stade 5 est observé en mai et en octobre.

Tableau 2

Proportion des stades macroscopiques de maturité sexuelle de *Thunnus obesus* échantillonnés dans l'Océan Atlantique Est, de janvier à octobre 2016.

Mâles	Pourcentage	Femelles	Pourcentage
Stade 1	76,68	Stade 1	55,52
Stade 2	19,73	Stade 2	33,31
Stade 3	3,48	Stade 3	2,22
Stade 4	-----	Stade 4	4,44
Stade 5	-----	Stade 5	4,44

Variation mensuelle du rapport gonado-somatique (RGS)

Les variations mensuelles du RGS chez les femelles comme chez les mâles suivent une évolution similaire (en dents de scie) (Figure 2). Elles font ressortir 2 pics importants en avril et en août correspondant aux valeurs les plus importantes du RGS chez les femelles (0,62 et 0,56) respectivement (0,28 et 0,26) chez les mâles. De même, les valeurs les plus faibles proviennent chez les femelles comme les mâles des mois de janvier et juin avec respectivement (0,20 et 0,39) et (0,03 et 0,08). Cette variation mensuelle révèle que cette espèce se reproduit toute l'année avec une intensité plus importante au mois d'avril.

Variation mensuelle du rapport hépato-somatique (RHS)

Les variations mensuelles du RHS chez les deux sexes (Figure 3) évoluent en dents de scie et sont inversement opposées à celles du RGS. Chez les femelles, les valeurs les plus élevées sont enregistrées aux mois de janvier (valeur maximale, 0,86); mars (0,69); juin (0,60) et août (0,67). Les plus faibles valeurs sont obtenues en février (0,45); avril (0,47) et juillet (0,40). Chez les mâles, les plus fortes valeurs ont été remarquées dans les mois de janvier, juin et août (0,78; 0,63 et 0,54) tandis que les plus faibles sont observées en avril et en juillet (0,37 et 0,44).

Variation mensuelle du facteur de condition (K)

La figure 4 traduit la variation du facteur de condition des individus mâles et femelles. Les valeurs maximales du facteur de condition (*K*) sont notées aux mois de janvier, juin et septembre chez les femelles comme les mâles avec respectivement (2,44%; 2,33%; 2,33%) pour les femelles et (2,46%; 2,30% et 2,26%) pour les mâles. Les valeurs les plus faibles ont été constatées aux mois de mars et de juillet pour les femelles avec respectivement (2,05 et 2,12) et pour les mâles, aux mois d'avril et août avec (2,13) chacun.

Variation des rapports gonado-somatique, hépato-somatique et du facteur de condition en fonction des stades de maturité

Le rapport gonado-somatique augmente progressivement du stade 1 au 3 pour les mâles et pour les femelles, aux stades 1 à 4 avec un pic au stade 4 avant de diminuer jusqu'au stade 5.

Le rapport hépato-somatique baisse progressivement aux stades 1 à 3 pour les mâles mais croît aux stades 1 à 3 avec un pic au stade 3 chez les femelles puis diminue jusqu'au stade 5. Le facteur de condition se présente sous forme parabolique aux stades 1 à 3 chez les mâles (avec des valeurs respectives de 2,25; 2,20 et 2,24) et chez les femelles, aux stades 1 à 5 (pour des valeurs de 2,23; 2,27; 2,19; 2,26 et 2,37). Il varie très peu d'un stade à un autre.

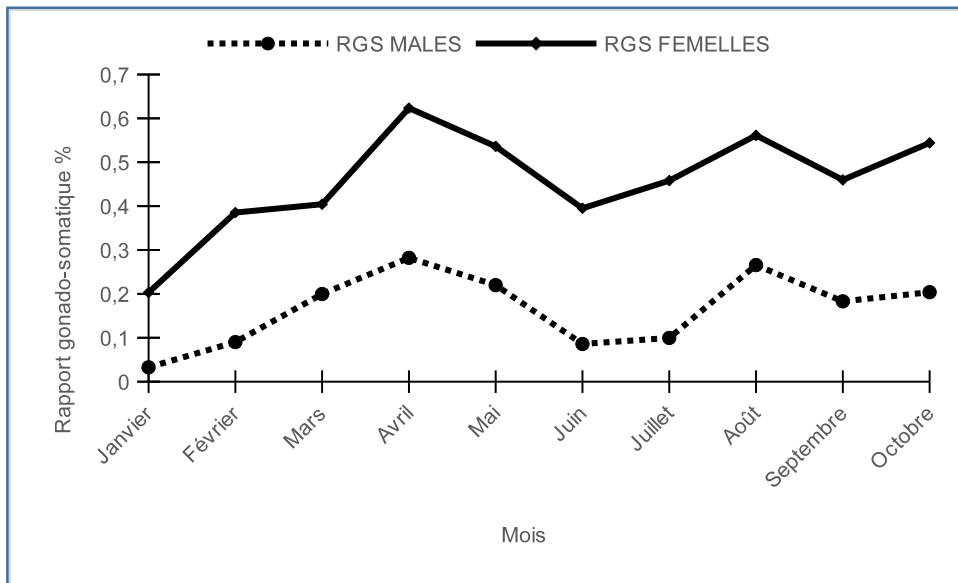


Figure 2: Variation mensuelle du rapport gonado-somatique (RGS) de *Thunnus obesus* dans l'Océan Atlantique Est.

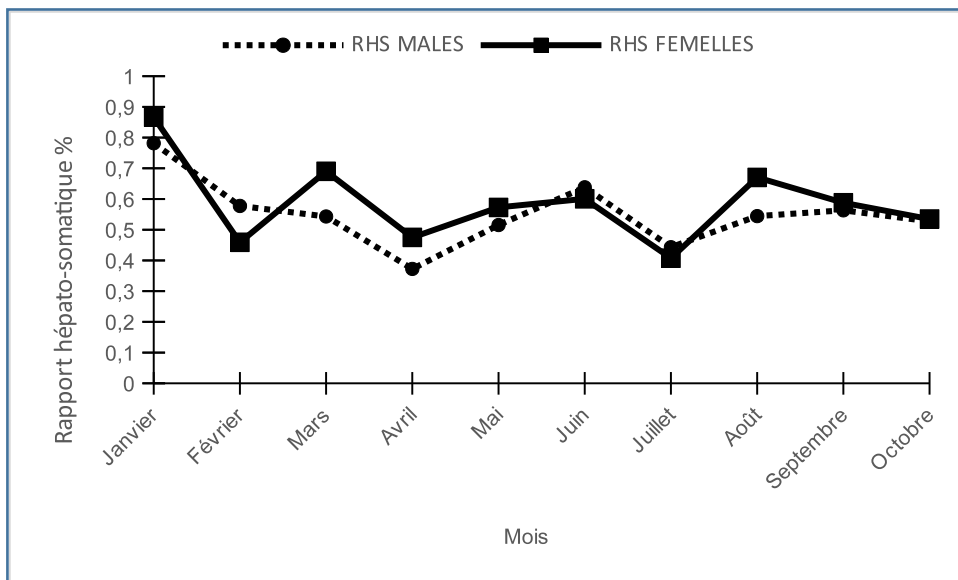


Figure 3: Variation mensuelle du rapport hépato-somatique (RHS) de *Thunnus obesus* dans l'Océan Atlantique Est.

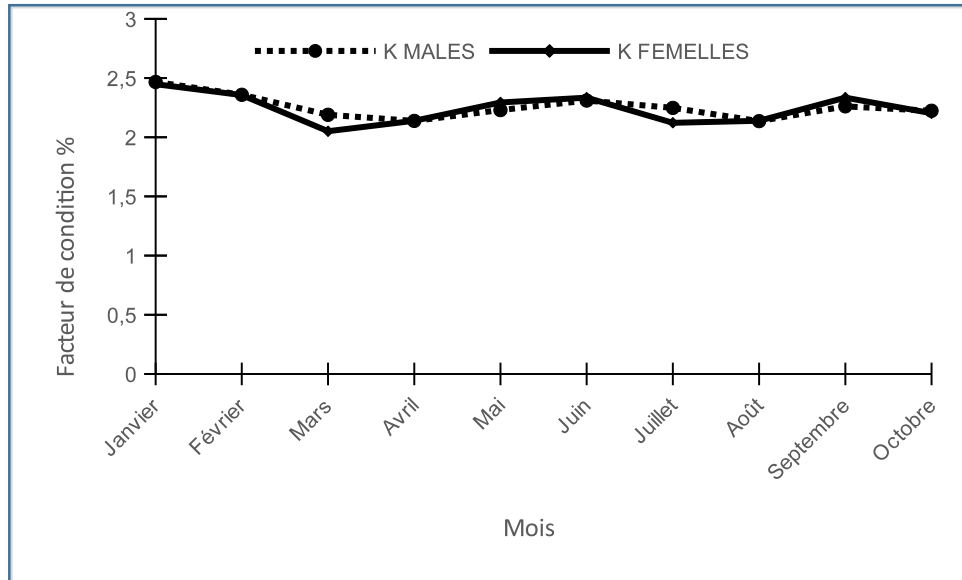


Figure 4: Variation mensuelle du facteur de condition (K) de *Thunnus obesus* dans l'Océan Atlantique Est.

Discussion

Pour l'étude de quelques paramètres de reproduction de *Thunnus obesus*, le sex-ratio global indique un mâle pour une femelle (1:1). Ce qui signifie qu'il y a autant d'individus mâles que de femelles dans la population. Ces résultats sont différents de ceux obtenus pour la période de 1965-1975 sur 31.804 spécimens dans les différentes zones de l'Atlantique sauf l'Atlantique nord-oriental où une dominance des mâles a été observée (14).

Cette différence pourrait être due au temps d'échantillonnage assez court mais aussi à l'état physiologique du poisson qui évolue en relation avec les éléments caractéristiques du milieu tels la température et l'oxygène.

Ces changements climatiques (influence des phénomènes climatiques sur les facteurs environnementaux) permettraient d'avoir un équilibre au niveau de la population.

En effet, ces phénomènes climatiques plus fréquents de nos jours provoqueraient la modification de leur habitat d'où le phénomène d'agrégation très marqué chez les thonidés (8, 22). De même, les dispositifs de concentration de poissons artificiels ajoutés aux naturels représenteraient un piège écologique sous lesquels les thons se retrouvent confinés alors que les conditions environnementales n'y sont pas optimales (15).

L'analyse des stades de maturité de *Thunnus obesus* débarqués au port d'Abidjan révèle que la proportion des individus immatures (mâles 76,68% et femelles 55,52%) est plus élevée que celle des matures.

Cette domination des individus immatures pourrait être due à la constance des engins qui auraient des petites mailles mais aussi à la méthode de pêche. En effet, la modification de la taille des mailles des filets de pêche qui pourrait cibler les petites tailles, leur déplacement en bancs et par âge, le banc mixte que formerait les juvéniles de *Thunnus obesus*, *Thunnus albacares* et de *Katsuwonus pelamis* expliqueraient la forte proportion des immatures dans l'échantillonnage (10, 17).

L'évolution du RGS des individus mâles et femelles présente quatre phases: deux phases ascendantes et deux phases descendantes. Chez les mâles et femelles, les phases ascendantes de janvier-avril et juillet-août représentent la maturation des gonades. Les phases descendantes d'avril-juin et août-septembre représentent respectivement la ponte pour les femelles et l'émission de la laitance pour les mâles. Les femelles présentent deux pics importants qui correspondraient ainsi à la période de reproduction. Cette période de reproduction s'étend principalement d'avril à juin et accessoirement d'août à septembre.

Des études antérieures ont cependant montré que la ponte de *Thunnus obesus* avait lieu toute l'année avec des pics observés de décembre en avril dans le golfe de Guinée (17). Ce qui est en conformité avec nos résultats.

L'observation du RGS couplé aux variations des stades macroscopiques de maturité sexuelle montre une période de maturation progressive des gonades mâles et femelles. Le RGS augmente très rapidement au niveau des différents stades et atteint son maximum au stade 3 chez les mâles et au stade 4 chez les femelles avant de baisser au stade 5. Cette évolution progressive du RGS du stade 5 au stade 4 s'expliquerait par le fait que la maturation se fait très rapidement après la ponte en passant du stade 3 au stade 4 chez cette espèce.

Des études ont montré qu'après le stade 5, les poissons peuvent soit entrer en repos sexuel (stade 1), soit entamer aussitôt une nouvelle maturation (début du stade 3) (12).

Le rapport hépato-somatique s'élève du stade 1 au stade 3 et diminue du stade 4 au stade 5 pour les femelles tandis que celui des mâles diminue du stade 1 au stade 3. Le RHS mensuel mâles et femelles évolue presque dans le même sens. Il présente ainsi deux phases: une phase ascendante qui correspond à l'accumulation des réserves énergétiques et une phase descendante, aux dépenses d'énergie.

On enregistre des pics aux mois de janvier et de mars avant de chuter en février et en avril. Ces mois correspondraient à la période la plus favorable à la ponte d'où la baisse de la valeur du RHS. Cette période se caractérise par une perte de poids au niveau des femelles. Cette baisse pourrait être due au fait qu'il existe une corrélation étroite entre les ovaires et le foie chez les téléostéens (5). Dans la présente étude, cette relation est confirmée par l'existence d'un décalage d'activité entre les gonades et le foie chez *Thunnus obesus*.

Le facteur de condition donne une idée de l'embonpoint d'une espèce considérée, en tenant compte du fait qu'il n'est pas constant pour un spécimen, une espèce ou une population donnée (19). La différence entre les facteurs de condition des populations pourrait être liée à la quantité et / ou à la qualité d'aliments disponibles dans le milieu.

Dans la présente étude, le coefficient de condition *K* reste quasiment stable et identique pour les deux sexes. Ce qui suggère que les poissons s'alimentent activement et stockent les réserves énergétiques au niveau du foie et du muscle (4).

Conclusion

Le présent travail nous a permis d'actualiser les données sur la biologie de la reproduction de *Thunnus obesus*, si utiles et importantes dans l'évaluation du stock de la population. Nos résultats montrent un sexe ratio légèrement à l'avantage des femelles. Toutefois, cette différence n'est pas significative entre les deux sexes. Il ressort aussi de notre étude que l'espèce *Thunnus obesus* de l'océan Atlantique Est présenterait deux périodes probables de ponte qui s'étendraient d'avril à juin et d'août à septembre. Ces résultats permettent en outre d'affirmer qu'il existe un renouvellement aussi rapide que possible au niveau du stock.

Remerciements

Nous remercions le Laboratoire du Département des Ressources Aquatiques Vivantes (DRAV) du Centre de Recherches Océanologiques (CRO) pour la réalisation de cette étude. Nous témoignons notre reconnaissance à toutes les personnes qui ont contribué à la réussite de ce travail.

Références bibliographiques

1. Abdallah H., 2008, *Etudes biologiques et pêche des thons mineurs tunisiens*. Comité permanent pour la recherche et les statistiques (Scrs), 41 p.
2. Amandé M.J., Konan K.J., Diaha N.C. & Tamégnon A., 2014, Statistiques de la pêche thonière ivoirienne durant la période en 2012, *Sci. Pap.*, **70**, 6, 2801-2805.
3. Analbery M., 2004, *Biologie, écologie et pêche de Hemiramphus brasiliensis*. Thèse de doctorat de l'université de Bretagne, pp. 61-123.
4. Atsé B.C., Konan K.J. & Kouassi N.J., 2009, Biologie de la reproduction du Cichlidae *Tylochromis jentinki* dans la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Cybiurn*, **33**, 1, 11-19.
5. Bougis, 1952, Recherches biométriques sur le rouget (*Mullus barbatus* L. et *Mullus surmuletus* L.). *Arch. Zool. Exp. Gen.*, **89**, 59-174.
6. Bruno R., Ménard F., Dewals P., Gaertner D. & N'Goran Y.N., 1999, Le « faux-poisson » d'Abidjan et la pêche sous épaves dans l'Atlantique tropical Est, *circuit de commercialisation et rôle socio-économique et concurrence*. Recueil des résumés, 122 p.
7. Cayre P., Amon Kothias J.B., Stretta J.M. & Diouf T., 1988, *Biologie des thons*. In: Fonteneau, A. & J. Marcille (eds.), *Ressources, pêche et biologie des thonidés tropicaux de l'Atlantique centre-est*. FAO Document Technique sur les pêches, **292**, 157-268 p.
8. Corbineau A., Rouyer T., Cazelles B., Fromentin J.M., Fonteneau A. & Ménard F., 2008, Time series analysis of tuna and swordfish catches and climate variability in the Indian Ocean (1968-2003). *Aquatic Living Resources*, **21**, 3, 277-285.
9. Diaha N.C., N'da K. & Kouassi K.D., 2009, Etude comparée de la pêche des thonidés mineurs par les chaluts doubles et les pirogues dans la zone économique exclusive ivoirienne. *Tropicultura*, **27**, 3, 152-158.
10. Diaha N.C., Amandé M.J., Konan K.J. & Soro Y., 2015., Pêche artisanale des poissons porte épée (*Makaira nigricans*, *Tetrapturus albidus*, *Istiophorus albicans* et *Xiphias gladius*) dans le golfe de guinée: évolution des fréquences de tailles de 2010-2013, *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, **71**, 5, 2232-2238.

11. Fehri-bedoui R., Gharbi H. & Abed A., 2002, Période de reproduction et maturité sexuelle de *Liza aurata* (poisson Mugilidae) des côtes Est et Sud tunisiennes. *Bulletin de Institut Natl. Sc. Tech. Mer*, **29**, 11-15.
12. Fontana A., 1969, *Etude de la maturité sexuelle des sardinelles, Sardinella ebo (valenciennes, 1847) et Sardinella aurita (Cuvier et valenciennes, 1847) de la région de Pointe Noire*. Cah. ORSTOM., *Océanographie*, **7**, 2, 101-114.
13. Fonteneau A., Ariz J., Delgado A., Pallares P. & Pianet R., 2005, A comparison of bigeye (*Thunnus obesus*) stocks and fisheries in the atlantic, indian and pacific oceans. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, **57**, 2, 41-66.
14. Gaikov, 1983., The dynamics of maturation and sex ratio of bigeye tuna (*Thunnus obesus*, Lowe 1839) in the Atlantic Ocean. *Collect. Vol. Sci. Pap, ICCAT*, **18**, 2, 347-354.
15. Hallier J.P. & Gaertner D., 2008, Drifting fish aggregation devices could act as an ecological trap for tropical tuna species. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **353**, 255-264.
16. ICCAT, 2014, ICCAT Manual.international commission for the conservation of atlantic tuna.in: iccat publications (online).updated 2014.<http://www.iccat.int/en/iccatmanual.htm>, isbn (electronic edition): 978-92-990055-0-7.
17. IEO., 2006, Manuel de l'ICCAT. Chp. 2.1.2 BET, 1^{ère} édition (janvier 2010), 25 p.
18. Kartas F. & Quignard J.P., 1984, *La fécondité des poissons téléostéens*. Masson, Collection biologique des milieux marins **5**, 117 p.
19. Koné T., 2000, *Régime alimentaire et reproduction d'un tilapia lagunaire (Sarotherodon melanotheron Rüppell, 1852) dans la rivière Bia et le lac de barrage d'Ayamé (Côte d'Ivoire)*. Thèse de Doctorat. Katholieke Universiteit Leuven (Belgique). 253 p.
20. Lévêque C., Paugy D. & Duponchelle F., 2006, *La reproduction*. In: *Les poissons des eaux continentales africaines: diversité, écologie, utilisations par l'homme*. In: Lévêque C. & Paugy D. (Eds), IRD, Paris, pp. 148-175.
21. Megapesca, 2005, *La filière thonière européenne: bilan économique, perspectives et analyse des impacts de la libéralisation des échanges*. Rapport final, 362 p.
22. Ménard F., Marsac F., Bellier E. & Cazelles B., 2007, Climatic oscillations and tuna catch rates in the Indian Ocean: a wavelet approach to time series analysis. *Fisheries Oceanography*, **16**, 1, 95-104.
23. Ofimer., 2000, *Conseil de direction: Séance du 24 Mai 2000. Le point sur le marché du thon*. Document interne. 6 p.
24. Sylla S., Atsé B.C. & Kouassi N.J., 2009, Régime alimentaire de *Trachinotus teraia* (Carangidae) dans la lagune Ebré (Côte d'Ivoire), *Cybium*, **32**, 1, 81-87.

N.C. Diaha, Ivoirienne, PhD, Chargé de Recherche, Centre de Recherches Océanologiques, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Y.C. Doffou, Ivoirien, Doctorant, Université Félix-Houphouët-Boigny, UFR Bioscience, Département Bioscience, Filière Hydrobiologie, Abidjan, Côte d'Ivoire.

B.G. Goore, Ivoirien, PhD, Enseignant-chercheur, UFR Bioscience, Département Bioscience, Filière Hydrobiologie, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Relation régime alimentaire-stade de maturité sexuelle chez le listao (*Katsuwonus pelamis* Linnaeus, 1758) débarqué au port de pêche d'Abidjan en Côte d'Ivoire

N.C. Diaha^{1*}, M.J. Amande¹ & A.R. Agnissan¹

Keywords: *Katsuwonus pelamis*- Diet- Sexual maturity stage- East Atlantic Ocean- Côte d'Ivoire

Résumé

Une étude sur la variabilité du régime alimentaire selon l'état du développement sexuel a été réalisée dans le but de mettre en exergue la relation qui pourrait exister. Ainsi, a été collecté, au cours de l'année 2016, un échantillon de 170 listaos issus des captures commerciales du port de pêche d'Abidjan en Côte d'Ivoire. Après mensurations, les gonades ont été prélevées pour l'observation des stades et le contenu stomacal analysé en vue de déterminer le régime alimentaire. L'indice d'importance relative (IRI) combinant différents pourcentages a été utilisé pour classer les proies selon les préférences des différents stades. Sur ce total de 170 individus, 85 étaient des femelles, 76 des mâles et 9 étaient de sexe indéterminé. Les items retrouvés dans l'estomac de *Katsuwonus pelamis* ont été les Trichuridés, les Moronidés, les Scombridés, les Clupéidés et les Crustacés. Les femelles du stade I ont eu pour proies préférentielles les Clupéidés et celles du stade II les Trichuridés. Aux stades IV et V, elles ont eu respectivement pour proies préférentielles les Trichuridés et les Moronidés. Les proies préférentielles des mâles des stades I et IV sont constituées de Trichuridés et celles des spécimens des stades II et III ont été les Trichuridés et les Scombridés.

Summary

Relationship Diet-sexual Maturity Stage in Skijack (*Katsuwonus pelamis*, Minnaeus 1758) Landing at the Abidjan Fishing Port in Côte d'Ivoire

A study on the variability of the diet according to the state of sexual development was carried out in order to highlight the relationship that might exist. Thus, a sample of 170 skipjack tuna from the commercial catches of the fishing port of Abidjan in Côte d'Ivoire, was collected during the year 2016. After measurements, the gonads were taken out for the observations of the stages and the stomach content was analyzed in order to determine the diet. The relative importance index (RII) combining different percentages was used to classify the prey according to the preferences of the different stages. Out of the total of 170 individuals, 85 were females, 76 were males and 9 were undetermined. The items found in the stomach of *Katsuwonus pelamis* were Trichuridae, Moronidae, Scombridae, Clupeidae and Crustacea. Females of stage I had as preferential prey the Clupeidae and those of stage II the Trichuridae. However, in stages IV and V, they had respectively as preferential prey Trichuridae and Moronidae. For the males, the preferred prey of Stage I and Stage IV were Trichuridae. For the Stage II and III the preferential prey were Trichuridae and Scombridae.

¹Centre de Recherches Océanologiques, Abidjan, Côte d'Ivoire

*Auteur correspondant: Email: diahaconstance@yahoo.fr / constance.diaha@cro-ci.org

Reçu le 25.12.17 et accepté pour publication le 11.01.18

Introduction

Les thonidés majeurs sont des espèces de poissons qui appartiennent à la famille des scombridés. Trois espèces l'Albacore: *Thunnus albacares*, le patudo: *Thunnus obesus* et le listao: *Katsuwonus pelamis* sont activement exploitées par les thoniers senners qui opèrent dans tout l'Atlantique tropical Est (6). Parmi les 3 espèces de thons majeurs débarqués au port d'Abidjan, le listao constitue les 2/3 des débarquements (19). Cette espèce est non seulement destinée à alimenter des usines de conserves mais est aussi débarquée comme «faux thon» sur le marché local où elle contribue à satisfaire les besoins de la population en protéines animales (17).

Les dernières évaluations menées en Atlantique Est, font état de ce que la pêche du listao aurait subi de nombreux changements dû à l'introduction des Dispositifs de Concentration des Poissons (DCP) qui ont modifié le comportement des bancs et le déplacement des différents individus (14). En outre, cette introduction des DCP a également occasionné une exploitation optimale de l'espèce (11). Or l'effet combiné de ces deux phénomènes pourrait avoir des effets néfastes sur les paramètres de reproduction et la stratégie alimentaire de l'espèce (10). Les études réalisées en Atlantique Est sur son éthologie alimentaire font une description succincte du régime alimentaire (13, 15, 16) et celles menées sur la biologie de reproduction concernent le cycle et les paramètres de reproduction (2, 3, 4). Ces études bien que complètes, n'abordent pas la relation qui pourrait exister entre les deux aspects.

L'objectif de travail est donc de mettre en exergue cette relation chez *K. pelamis* en étudiant le comportement alimentaire suivant le développement sexuel.

Matériel et méthodes

Zone d'étude

Les spécimens de notre étude ont été capturés dans l'Atlantique Est plus précisément dans le golfe de Guinée. La zone de pêche se situe entre 10° latitude Nord et 11° longitude Est. La température des eaux marines de cette zone varie entre 22 et 30 °C. Ces poissons sont pêchés à l'aide de sennes coulissantes par les thoniers.

Echantillonnage

Les listaos échantillonnés sont issus des captures commerciales débarquées au port de pêche d'Abidjan. Une fois au laboratoire, le poids plein et le poids éviscéré (au gramme près) ont été mesurés sur chaque poisson.

Détermination des stades de maturité sexuelle

Après dissection, la gonade a été prélevée, puis sexée. La détermination macroscopique des stades de maturité sexuelle a été faite selon l'échelle établie chez le listao par (3) (Tableau 1).

Après avoir déterminé le sexe et les différents stades de maturité sexuelle, le sexe ratio global et le sexe ratio des différents stades de maturité sexuelle ont été calculés selon l'équation 1.

$$S_r = \frac{N_m}{N_f} \quad (1)$$

Avec N_m = nombre de mâles et N_f = nombre de femelles.

Tableau 1
Stades macroscopiques de maturité sexuelle chez le listao (3).

Stades	Femelles	Mâles
I	Le sexe est identifiable bien que les gonades soient toujours très minces. Gonades roses pâles, translucides, de forme allongée et subcylindrique.	Gonades très minces et aplaties en forme de ruban, l'artère testiculaire est cependant bien visible dans la partie médiane.
II	Les gonades sont toujours de forme subcylindrique et de couleur rose à beige. Une légère vascularisation commence à être visible à leur surface. Aucun ovocyte n'est visible.	L'artère testiculaire est bien visible, les gonades sont plus épaisses (section en forme de croissant), et de couleur blanchâtre.
III	Les ovocytes sont visibles par transparence de la paroi ovarienne. Gonades bien développées, la vascularisation est bien étendue.	Début d'émission: Gonades développées, de couleur blanchâtre; Une légère piqûre dans leur épaisseur suivie d'une pression, fait sortir un peu de liquide spermatique.
IV	préonte ou Ponte: gonades sont à leur taille maximum: ovocytes, très visibles, sont translucides. Une pression sur un ovaire à ce stade fait sortir les ovocytes	Emission: Gonades ont atteint leur taille maximum; des rougeurs peuvent être visibles à leur surface. Une simple pression fait jaillir le liquide Séminal.
V	Post-ponte: L'aspect des gonades peut être variable selon que la ponte a eu lieu récemment (aspect de sacs vides très vascularisés) ou qu'elle remonte à un certain temps.	Post émission: gonades sont flasques et rougeâtres, avec un peu de liquide séminal non évacué si l'émission spermatique a eu lieu très récemment.

Etude du régime alimentaire

Les estomacs ont été également prélevés. Le régime alimentaire a été déterminé par l'analyse du contenu des estomacs. Les estomacs sont dépouillés après incision, leur contenu est lavé et passé à travers une série de tamis de 1.000, 500, 100 µm de diamètre. Les proies contenues dans les estomacs sont regroupées par catégorie (poissons, mollusques, crustacés). Elles sont identifiées, comptées par espèces et pesées à l'aide d'une balance numérique de précision 0,1 g.

Les proies ont été identifiées à partir des clés de Fischer *et al.* (9). A partir des données recueillies, le coefficient de vacuité et l'indice de réplétion ont été calculés pour apprécier respectivement l'intensité trophique du poisson et la plénitude de l'estomac. L'indice d'importance relative (20) a été calculé pour classer les proies en fonction des stades de maturité sexuelles (Equations II, III, IV).

Coefficient de vacuité (CV)

$$C_v = \frac{\text{nombre d'estomacs vides}}{\text{nombre total d'estomacs examinés}} \times 100 \quad (\text{II})$$

Indice de réplétion (IR)

$$IR = \frac{\text{poids du contenu stomacal du poisson (g)}}{\text{poids total du poisson (g)}} \times 100 \quad (\text{III})$$

Indice d'importance relative (IRI)

$$IRI = F\% (C_n\% + C_p\%) \quad (\text{IV})$$

avec C_n : Pourcentage pondéral C_p : Pourcentage numérique et F : pourcentage d'occurrence (Equations V, VI et VII).

$$C_n = \frac{\text{nombre d'individus d'un item (i)}}{\text{nombre total de toutes les proies}} \times 100 \quad (\text{V})$$

$$C_p = \frac{\text{poids d'individus d'un item (i) (g)}}{\text{poids total de toutes les proies (g)}} \times 100 \quad (\text{VI})$$

$$F = \frac{\text{nombre d'estomacs contenant un item (i)}}{\text{nombre total d'estomacs pleins examinés}} \times 100 \quad (\text{VII})$$

L'expression IRI en pourcentage est donnée par la Equation VIII.

$$\%IRI = \frac{IRI}{\sum IRI} \times 100$$

La classification des proies en thèmes d'aliments préférentiels, secondaires et accidentelles a été faite selon la méthode proposée par Rosecchi et Nouaze (21).

La valeur de l'indice de chaque item a été exprimée en pourcentage de la somme de tous les indices puis classée par ordre de rang décroissant. En partant de la proie de rang 1, les indices de chacune des proies ont été additionnés de la première à la $n^{\text{ième}}$ jusqu'à obtenir 50%, ou plus, de l'indice total. Ces proies sont appelées préférentielles. Ce calcul se poursuit jusqu'à obtenir 75% ou plus. Ces dernières sont alors qualifiées de proies secondaires. Enfin, les dernières proies de la liste sont considérées comme accessoires ou accidentelles.

Analyse statistique des données

Les données recueillies ont été traitées à l'aide du logiciel STATISTICA 7.1. Le test Khi^2 a été utilisé pour tester la différence entre le sex-ratio des différents stades de maturité.

Le test de Kruskal-Wallis a permis de comparer les différents coefficients de vacuité en fonction des stades de maturité sexuelle.

Les indices de réplétion des différents stades ont également été comparés à l'aide de ce test.

L'analyse du coefficient de corrélation des rangs de Spearman (r_s) a permis d'indiquer le degré de liaison existant entre les régimes alimentaires des différents stades de maturité sexuelle en comparant leurs différents IRI. Si $r_s = 1$, les régimes sont rigoureusement identiques. Si $r_s = -1$, les régimes sont rigoureusement inverses. Enfin, si $r_s = 0$, les régimes sont indépendants (22).

Résultats

Sexe-ratio et proportion des différents stades de maturité sexuelle

Sur l'ensemble des 170 poissons collectés, 85 femelles et 76 mâles ont été identifiés, les 9 individus restant sont de sexes indéterminés soit respectivement 50%; 44,70% et 5,29%.

Cependant le sexe ratio global de la population n'est pas significativement différent du sexe ratio théorique 1:1 ($X^2= 0,5$; $p<0,05$).

L'analyse macroscopique des gonades a permis d'avoir 5 stades de maturité sexuelle chez les femelles avec des proportions de 11,76% pour le stade I; 38,82% pour le stade II; 7,05% pour le stade III; 4,71 % pour le stade IV et 37,65% pour le stade V. Chez les mâles, à l'exception du stade V, tous les autres stades ont été déterminés avec des proportions suivantes: 31,57% au stade I; 11,78% au stade II; 36,84% au stade III; et 18,75% au stade IV. Le sexe ratio calculé en fonction des stades de maturité sexuelle montre une différence significative entre les stades de maturité. En effet, le stade I et le stade III présentent plus de mâles que de femelles ($X^2= 5,76$; $X^2= 14,23$; $p<0,05$); seulement le stade II présente plus de femelles que de mâles ($X^2= 6,75$, $p<0,05$).

Variation du coefficient de vacuité en fonction des stades de maturité sexuelle

Sur le total de 170 estomacs examinés, 113 étaient vides, ce qui correspond à un pourcentage de vacuité de 66,47%. Chez les femelles, sur un effectif total de 85 estomacs examinés, 55 étaient vides, soit 64,70%. Tous les poissons du stade III, avaient leur estomac vide, soit un pourcentage de 100%, qui correspond à la valeur la plus élevée, suivi de celui des individus du stade V (59,67%) et ceux du stade IV (50%) (Figure 1).

Chez les mâles 76 estomacs ont été examinés et 49 étaient vides, ce qui représente un coefficient de vacuité de 64,47%. Le coefficient le plus élevé (79%) a été observé chez les individus au stade I, suivi de (77%) pour ceux du stade IV et 46,66% chez ceux du stade II (Figure1). Le test de Kruskal-Wallis n'a relevé aucune différence significative entre les coefficients de vacuité des différents stades.

Variation de l'indice de réplétion IR

L'indice de réplétion moyen chez les femelles varie entre 0 et 0,99. La représentation graphique des IR des listao montre que l'indice de réplétion le plus élevé a été observé au stade V et le plus faible a été observé au stade III (Figure 2). De plus le test de Kruskal-Wallis appliqué pour la comparaison des différents indices selon les stades, a révélé une différence significative ($p= 0,013<0,05$) entre le stade III et le stade V.

Chez les mâles, l'indice varie entre 0,45 et 0,9; le plus fort taux correspond aux individus du stade III (Figure 2). Le test de Kruskal-Wallis n'a pas relevé de différence significative ($p= 0,925>0,05$) entre les différents stades. La comparaison des indices de réplétion mâle et femelle à l'aide du test de Kruskal-wallis n'a pas donné de différences significatives.

Profil général du régime alimentaire

L'analyse des contenus des 58 estomacs a donné un total de 7 items qui sont *Sardinella aurita* (Valenciennes 1847), *Sardinella maderensis* (Lowe 1841), *Benthodesmus elongatus* (Clarke, 1879), *Morone saxatilis* (Walbaum, 1792), *Auxis rochei* (Risso, 1810), Céphalopodes et Crustacés.

Le spectre alimentaire a été regroupé en cinq catégories de proies selon les familles: les Clupéidés, les Moronidés, les Trichuridés, les Scombridés et les Crustacés. Les Céphalopodes n'ont pas été considérés à cause de leur faible taux d'occurrence (seulement deux seiches). L'analyse du régime alimentaire avec l'Indice d'Importance Relative (% *IRI*) a montré que les aliments préférentiels des listao étaient constitués de Scombridés et de Trichuridés; les Moronidés représentaient les proies secondaires et les Clupeidés et les Crustacés étaient considérés comme les proies accidentelles.

Variation du régime alimentaire en fonction des stades de maturité sexuelle chez les femelles

L'analyse quantitative basée sur l'*IRI* a montré que les proies préférentielles étaient les Moronidés et les Clupéidés, les proies secondaires étaient les Scombridés et les Trichuridés, les Crustacés représentaient les proies accidentelles.

Chez les individus du stade I les Scombridés et les Moronidés étaient absents. Les proies préférentielles étaient les Clupéidés, les Crustacés et les Trichuridés représentaient les proies accidentelles (Figure 3).

Chez les individus du stade II, seuls les Clupéidés étaient absents de l'alimentation. Les Trichuridés constituaient les proies préférentielles, les Moronidés et les Scombridés les proies secondaires et les Crustacés représentaient les proies accidentelles (Figure 3).

L'alimentation des individus du stade IV était essentiellement composée de Clupéidés qui constituaient les proies préférentielles et de Crustacés qui constituaient les proies accidentelles (Figure 3). Chez les individus du stade V tous les groupes alimentaires étaient représentés. Les proies préférentielles étaient les Moronidés, les proies secondaires étaient les Scombridés; les Trichuridés et les Crustacés constituaient les proies accidentelles (Figure 3). Le test de rang de Spearman ($p<0,05$, $rs=-0,894427$) a relevé des différences significatives entre le régime alimentaire des individus du stade II et celui du stade IV d'une part et entre le stade IV et le stade V d'autre part.

Variation du régime alimentaire en fonction des stades de maturité sexuelle chez les mâles

L'analyse quantitative basée sur l'IRI a montré que les proies préférentielles étaient les Trichuridés et, les Scombridés constituaient les proies secondaires. Les Moronidés, Les Crustacés et les Clupéidés constituaient les proies accidentelles (Figure 3).

Par ordre d'importance relative, les mâles du stade I et du stade IV consommaient préférentiellement les Trichuridés. Alors que les Scombridés représentaient les proies secondaires des mâles du stade I, celles des individus du stade IV étaient les crevettes (Figure 3).

Chez les individus du stade II et III, les Trichuridés et les Scombridés représentaient les proies préférentielles, les Clupéidés les proies secondaires chez les mâles du stade III; tandis que chez les individus du stade II, les Crevettes et les Moronidés représentaient les proies accidentelles (Figure 3). Le test de Spearman ($P < 0,05$, $r_s = 0,46$) a relevé une similitude du régime alimentaire entre les différents stades de maturité sexuelle.

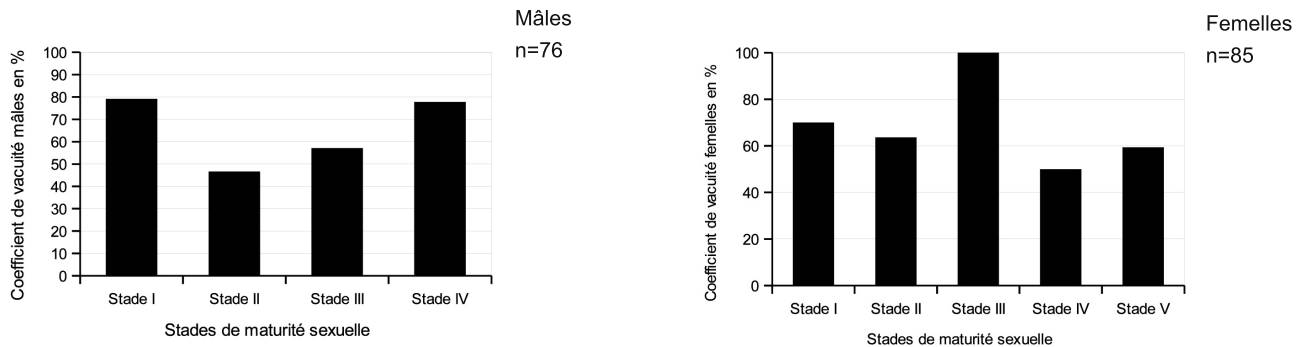


Figure 1: Variation du coefficient de vacuité en fonction des stades de maturité sexuelle chez le listao pêché dans le golfe de Guinée.

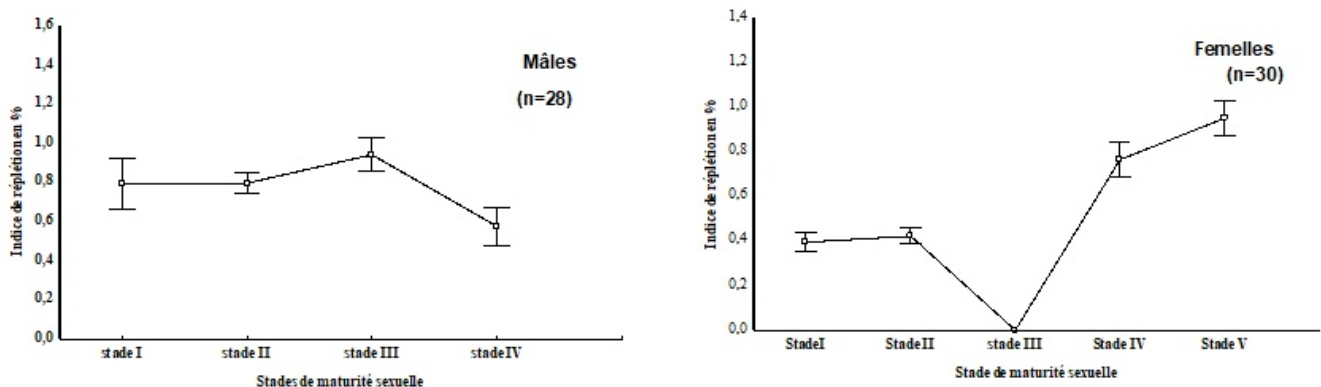


Figure 2: Variation de l'indice de réplétion en fonction des stades de maturité sexuelle chez le listao pêché dans le golfe de Guinée.

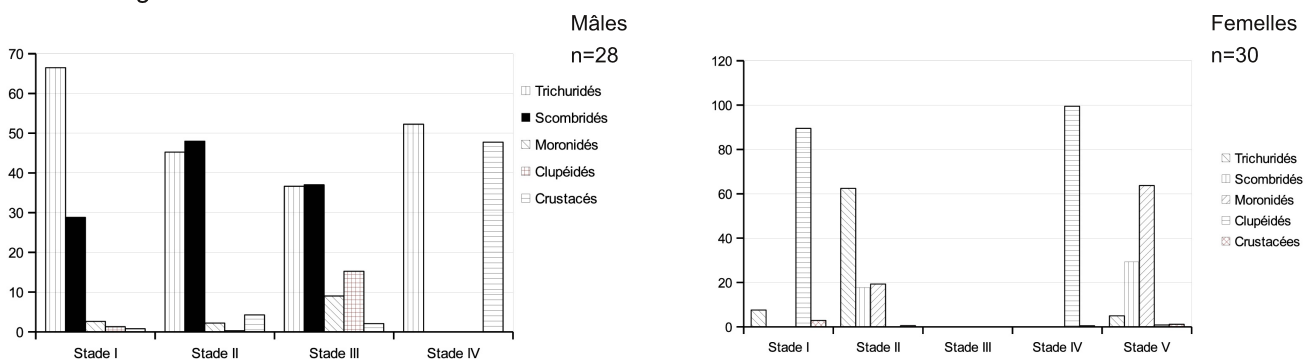


Figure 3: Variation du régime alimentaire en fonction des stades de maturité sexuelle chez les listao pêchés dans le golfe de Guinée: pourcentage des indices d'importance relative (IRI) par stades et par familles des différentes proies ingérées.

Discussion

L'ensemble des poissons collectés montre un sex-ratio équilibré entre mâles et femelles (1:1,12). Ces résultats sont identiques à ceux obtenus par Caryé (2) au large des côtes Africaines occidentales. La variation des stades de maturité sexuelle révèle une prédominance chez les individus mâle de stades de maturité I et III, et des individus femelles de stade IV. Par ailleurs, des études ont montré que la prédominance de l'un des sexes était un phénomène relativement fréquent chez de nombreuses espèces de poissons téléostéens (1). De leur côté Ouattara *et al.* (18) ont fait remarquer que la variation du sex-ratio à différents stades de maturité sexuelle observée pourrait s'expliquer par une migration différentielle ou une mortalité naturelle différentielle selon le sexe. Le coefficient de vacuité pour cette étude du régime alimentaire chez *K. pelamis* était très élevé chez tous les spécimens de notre échantillonnage. Cette forte proportion d'estomacs vides pourrait être causée par certaines techniques de pêche des senneurs. En effet, les travaux de Menard *et al.* (16) menés sur l'alimentation des thons liés au DCP et ceux en bancs libres, ont montré que les poissons qui ont des estomacs vides étaient plus nombreux sous les DCP que ceux en bancs libres.

L'analyse du coefficient de vacuité des différents stades de maturité sexuelle n'a relevé aucune différence significative entre les différents stades de maturité. Cependant, on peut remarquer que le coefficient de vacuité des femelles du stade III a atteint le maximum. Cette vacuité importante laisse supposer que pendant cette période, les poissons ne se nourrissent pas convenablement. En effet une étude menée sur le régime alimentaire de *Eledone cirrhosa* a montré que l'arrêt de l'alimentation pendant le stade de maturation accélérerait le processus (8).

Chez les femelles, l'indice de réplétion est élevé chez les individus du stade V mais nulle chez les individus du stade III. En effet, tout comme la vacuité, la réplétion est sous l'influence de l'état physiologique des poissons (7) et elle est régie aussi par le même processus métabolique (8). Le poids important atteint par les gonades chez les femelles a pour effet de comprimer le tube digestif, de réduire le bol alimentaire et donc d'amener le poisson à se nourrir de moins en moins (7, 8). Cela pourrait expliquer la chute importante du coefficient de réplétion au stade III. Après la ponte les femelles ont tendance à compenser les dépenses énergétiques qu'elles ont puisées durant leur activité sexuelle par la reprise de leur activité alimentaire (8). Le poisson peut de nouveau se nourrir convenablement permettant à l'estomac des poissons d'atteindre le niveau maximal de plénitude. Ce qui pourrait justifier l'indice de réplétion élevée au stade V.

Pour les mâles, l'indice de réplétion maximale a été obtenu chez les individus du stade III, qui correspond au stade de maturation. Ce résultat laisse supposer qu'à ce stade de développement, les individus seraient encore capables de se nourrir abondamment. Ceci n'est le cas chez la femelle qui, à ce stade, présente une gonade volumineuse qui comprime le tube digestif.

Du point de vu général, il ressort de cette étude que le listao se nourrit essentiellement de poissons avec une très forte abondance de scombridés et de Trichuridés suivis par les Moronidés puis les Clupéidés et les Crustacés. Le profil alimentaire des spécimens étudiés est identique à celui mis en évidence par IEO (12). Dans cette étude réalisée dans l'océan Atlantique équatorial cet auteur a mentionné que le listao se nourrissait de poissons et de Crustacés notamment d'Euphausiacés.

A l'instar des autres Thonidés, le listao est un prédateur opportuniste, ce qui signifie que son régime alimentaire varie aussi bien dans l'espace que dans le temps (12). Dans l'Atlantique oriental le listao s'alimente de poissons mésopélagiques de petite taille, principalement de *Vinciguerria nimbaria*, dans la zone des îles Canaries son alimentation est composée de poissons (99%) avec le *Macroramphosus scolopax* (Linnaeus 1758), au stade juvénile, comme espèce la plus importante et d'autres poissons comme les *Trachurus* spp. (Rafinesque 1810), le *Scomber japonicus*, (Houttuyn 1782) ou le *Sardina pilchardus* (Walbaum 1792) (12). Ces poissons, bien qu'étant des espèces différentes des nôtres, sont issues de la même famille que ceux trouvés dans l'estomac de nos poissons. Cette différence observée au niveau du régime alimentaire pourrait se justifier par la zone de pêche de nos spécimens réalisée dans l'océan Atlantique Est. Par ailleurs, bien que les proies préférentielles se différencient selon les sexes, aucune différence significative n'a été relevée entre l'alimentation des mâles et celle des femelles, de même qu'entre les individus des différents stades chez les mâles. Cependant, une différence est observée entre l'alimentation des femelles du stade II et les femelles du stade IV d'une part et entre celle des femelles du stade IV et les femelles du stade V d'autre part. Le stade II représente la phase de pré maturation et le stade V la phase de post ponte. Selon Chérif *et al.* (5), le poisson s'alimente abondamment durant la période de pré-maturation pour stocker les réserves dans le foie qui seront puisées au profit du développement de ses produits génitaux. De même qu'il s'alimente activement au cours de la période de post ponte pour compenser les déficits causés par l'arrêt d'alimentation au cours de la maturation finale des ovaires et de la ponte. Ceci pourrait traduire aussi un changement du comportement trophique de l'individu suite à son passage d'un stade à un autre (8).

Ces mêmes auteurs ont aussi montré qu'au cours du processus de maturation nécessitant des apports nutritionnels importants, certaines espèces, telles que les céphalopodes, ont tendance à se nourrir de poissons qui fournissent plus d'énergie que les crustacés (8). Cette assertion pourrait justifier la variation du comportement trophique observée chez le listao au cours de cette étude.

Conclusion

L'analyse macroscopique des gonades a permis d'avoir cinq stades de maturité sexuelle chez les femelles et quatre chez les mâles. Les stades les plus représentés étaient le stade II chez les femelles et le stade III chez les mâles. Aux stades II et III le sex ratio était en faveur des femelles. Le coefficient de vacuité était très élevé pour l'ensemble des individus. Le coefficient de vacuité le plus élevé chez les femelles était au stade III et celui des mâles était au stade I. L'indice de réplétion nous a permis de conclure que les femelles du stade V avaient leurs estomacs plus chargés que les femelles de tous les autres stades alors que chez les mâles c'était les individus du stade III qui ont bien consommés des proies.

L'analyse des contenus stomacaux a montré que les listao s'alimentaient de poissons issus de différentes familles dont les Trichuridés, les Clupéidés, les Moronidés et les Scombridés. Les Crustacés étaient également présents mais à de faibles quantités. Chez les femelles, l'analyse quantitative sur l'IRI a montré que les proies préférentielles étaient les Moronidés et les Clupeidés. Les Clupéidés constituaient les proies préférentielles des individus du stade I et IV. Les Trichuridés constituaient les proies préférentielles du stade II et les Moronidés ceux du stade V. Les mâles du stade I avaient les Trichuridés pour proies préférentielles tandis que ceux du stade II et du stade III s'alimentaient essentiellement de Trichuridés et de Scombridés, les mâles du stade IV s'alimentaient essentiellement de Crustacés. Les proies préférentielles varient donc selon les stades.

Remerciements

Nos remerciements s'adressent à l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), en particulier à l'Observatoire Thonier d'Abidjan pour la mise à notre disposition des spécimens qui ont servi à notre étude. Nous remercions également le laboratoire du Département des Ressources Aquatiques et Vivantes (DRAV) du Centre de Recherches Océanologiques (CRO), dans lequel nos manipulations ont été faites ainsi que toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de cet article.

Références bibliographiques

1. Atsé B.C., Konan K.J., & Kouassi N.J., 2009, Biologie de la reproduction du Cichlidae *Tylochromis jentinki* dans la lagune Ébrié (Côte d'Ivoire). *Cybiurn.*, **33**, 1, 11-19.
2. Caryé P., 1981. Maturité sexuelle, fécondité et sex ratio du listao (*Katsuwonus pelamis* L.) des Côtes d'Afrique de l'Ouest (20°N-0°N) étudiées à partir des débarquements thoniers (1977 à 1979), au Port Dakar, Sénégal. *ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.*, **15**, 1, 135-149.
3. Caryé P., Amon K.J.B., Diouf T. & Stretta J.M., 1988, *Biologie des thons* pp 157-264. In: A. Fonteneau & J. Marcille (Eds), *Ressources, pêche et biologie des thonidés de l'Atlantique Centre-Est*, FAO, Rome 292 p.
4. Cayré P. & Farrugio H., 1986. Biologie de la reproduction du listao (*Katsuwonus pelamis*) de l'Océan Atlantique. *Proc. ICCAT Intl. Skipjack Yr. Prog.*, **1**, 252-272.
5. Chérif M., Selmi S., Charbi H., Jarbouï O. & Missaoui H., 2008. Régime alimentaire du rouget de roche (*Mullus surmuletus* L., 1758) des côtes nord tunisiennes. *Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô*, **35**, 39-47.
6. Diaha C.N., N'da K. & Kouassi K.D., 2009, Etude comparée de la pêche des thonidés mineurs par les chaluts doubles et les pirogues dans la zone économique exclusive (ZEE) ivoirienne. *Tropicultura*, **27**, 3, 152-158.
7. Diaha C.N., N'da K. & Soro Y., 2010, Régime alimentaire de *Scomberomorus tritor* (Cuvier, 1831) dans le Golfe de Guinée. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **4**, 3, 669-680.
8. Ezzeddine S., Rjeibi M., & Chemmam B., 2012, Régime alimentaire d'*Eledone cirrhosa* (cephalopoda, octopoda) des côtes nord et est tunisiennes. *Bul. Institut Nat. Sc. Technol. Merde Salammbô*, **39**, 25-33.
9. Fisher W., Bianchi G., & Scott W., 1981. *Identification des especes pour les besoins de la Peche*. Atlantique centre-est, Zone de pêches.
10. ICCAT., 2004. Rapport de la première période biennale, 2002-03 ps://www.iccat.int/Documents/BienRep/REP_FR_02-03_II_3.pdf
11. ICCAT., 2014, Etude de faisabilité du programme de marquage de thons tropicaux de l'océan atlantique. SCRS/2014/092 *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, **71**, 1.
12. IEO., 2006, *Manuel de l'ICCAT*. Chp. 2.1.3 SKJ.
13. Marchal E., Josse E., & Lebourges-Dhaussy A., 1996. Prédateurs et proies: une approche acoustique. *Océan.*, **22**, 1, 117-132.
14. MEGAPESCA, 2005, *La filière thonière européenne: Bilan économique, perspectives et analyse des impacts de la libéralisation des échanges*. Rapport final. 362 p.

15. Ménard F., Fonteneau A., Gaertner D., Nordstrom V., Stéquert B., & Marchal E., 2000, Exploitation of small tunas by a purse-seine fishery with fish aggregating devices and their feeding ecology in an eastern Tropical Atlantic ecosystem. *ICES J. Marine Sc.*, **57**, 525-530.
16. Ménard F., Stéquert B., Rubin A., Herrera M. & Marchal E., 2000. Food consumption of tuna in the Equatorial Atlantic Ocean: FAD-associated versus unassociated schools. *Aquat. Living Resour*, **13**, 233-240.
17. N'da K., Dedo G. R., & Alain H., 2007. Le débarquement des "faux thons" ou "faux poissons" au port de pêche d'Abidjan: phénomène en résurgence dans les données ICCAT en Côte d'Ivoire. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, **60**, 1, 180-184.
18. Ouattara S., Fantodji A. & Mamadou O., 2008, Quelques aspects reproductifs de l'anchois (*Engraulis encrasicolus*) de la pêche artisanale du littoral est ivoirien. *Cybium*, **32**, 3, 201-209.
19. Pierre F., Hachim E.A. & Angama K., 2014, *Industrie des pêches et de l'aquaculture en Côte d'Ivoire*. Rapport n °7 de la revue de l'industrie des pêches et de l'aquaculture dans la zone de COMHAFAT.
20. Pinkas L., Oliphant M.S. & Iverson I.L.K., 1971, Food habits of albacore, blue fin tuna and bonito in Californian waters. *Calif. Fish Game*, **152**, 1-105.
21. Rosecchi E. & Nouaze Y., 1987, Comparaison de cinq indices utilisés dans l'analyse des contenus stomacaux. *Rev. Trav. Inst. Pêches Mar.*, **49**, 111-123.
22. Scherrer B., 1984, *Biostatistique*. Louiseville: Morined. 850 p.

N.C. Diaha, Ivoirienne, PhD, Chargé de Recherche, Centre de Recherches Océanologiques, Abidjan, Côte d'Ivoire.

M.J. Amande, Ivoirien, PhD, Chargé de Recherche, Centre de Recherches Océanologiques, Abidjan, Côte d'Ivoire.

A.R. Agnissan, Ivoirienne, Doctorante, Centre de Recherches Océanologiques, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Baisse des ressources halieutiques du lac Toho au Sud du Bénin: Perceptions des pêcheurs et efficacité des pratiques de gestion et stratégies d'adaptation

V. Codjo^{1*}, A. Zannou¹ & G. Biaou¹

Keywords: Fishing- Fish stocks- Perception indicators- Coping strategies- Benin

Résumé

Au Sud du Bénin, la baisse des ressources halieutiques constitue un problème majeur face auquel certaines populations locales développent des stratégies de gestion et d'adaptation. Cet article analyse les perceptions sur l'évolution de l'abondance des ressources halieutiques et sur l'efficacité des pratiques de gestion et stratégies d'adaptation pour le maintien d'un équilibre écologique viable du lac Toho au sud-Bénin. La méthode d'échantillonnage aléatoire simple a été utilisée pour la sélection de 129 pêcheurs dans les communes de Lokossa et de Houéyogbé autour de ce lac. Le test d'homogénéité du chi-carré de Pearson a été utilisé pour analyser les variations des perceptions des pêcheurs tandis que le test de rang w de Kendall a été utilisé pour analyser les perceptions de l'efficacité des pratiques de gestion et stratégies d'adaptation. Les résultats montrent que la majorité des pêcheurs (91,47%) ont une perception négative de l'évolution des ressources halieutiques et que leurs perceptions varient suivant leur appartenance socio-culturelle, leur catégorie d'âge et leur niveau d'instruction. Les pêcheurs perçoivent la baisse des ressources halieutiques sous différentes formes: la disparition de certaines espèces halieutiques, la diminution de la taille des poissons prélevés, la cherté des poissons et la diminution de l'abondance des espèces appropriées pour la transformation par séchage et fumage. Plusieurs pratiques de gestion et de stratégies d'adaptation sont développées par les pêcheurs pour faire face à cette baisse, dont l'adoption d'activités génératrices de revenus autres que la pêche, l'utilisation de filets réglementaires, la réduction de la pêche à la main et le développement de la pisciculture. Les perceptions des pêcheurs varient d'un village à l'autre.

Summary

Declining Fishery Resources in Toho Lake in Southern Benin: Perceptions of Fishermen and Effectiveness of Management Practices and Coping Strategies

In southern Benin, declining fishery resources is a major concern that some local populations overcome by developing management and coping strategies. This paper analyzes the perceptions of the evolution of the abundance of fish stocks and the effectiveness of management practices and coping strategies for maintaining a sustainable ecological balance of the Lake Toho in southern Benin. The simple random sampling method was used to select 129 fishermen in Lokossa and Houéyogbé districts around this lake. The Pearson chi-square homogeneity test was performed to analyze changes in fishers' perceptions, while the Kendall's rank-w test was used to analyze perceptions of the effectiveness of management practices and coping strategies. The results show that a large share of fishermen (91.47%) have a negative perception of fish stock changes. Their perceptions vary according to their socio-cultural membership, their age category and their educational level. The fishermen's perceptions of the depletion in fish stocks include: the disappearance of some fish species, the decrease in size of the collected fish, the high price of the fish and the decrease in the abundance of species suitable for drying and smoking process. Several management practices and coping strategies have been developed by fishermen to cope with this decline, including the adoption of income-generating activities other than fishing, the use of regulatory fishing nets, the reduction of hand fishing and the development of fish farming. Fishermen's perceptions vary from village to village.

¹Université d'Abomey Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Ecole d'Économie et Socio-Anthropologie et de Communication pour le développement rural, Cotonou, Benin.

*Auteur correspondant: Email: codjovictor@gmail.com

Reçu le 12.07.17 et accepté pour publication le 17.11.18

Introduction

La diversité de la flore et la richesse de la faune terrestre et aquatique constituent non seulement un important réservoir naturel de la diversité biologique, mais également des atouts considérables pour un développement socio-économique durable, et un équilibre écologique global des pays d'Afrique (17, 19, 20).

Au Bénin, la pêche est une activité économique importante pour la population plus particulièrement celle riveraine des lacs, fleuves et plans d'eau (26). Elle est une activité de "cueillette" qui, malgré son caractère artisanal, revêt une grande importance socio-économique pour la population locale.

En effet, elle contribue pour 75% à la production halieutique nationale et participe pour près de 40% à la consommation nationale de protéines animales (26). La pêche lagunaire est pratiquée par environ 40.000 pêcheurs professionnels auxquels s'ajoutent 13.000 saisonniers (18). Elle fait vivre, en amont et en aval, plus de 300.000 personnes (mareyeuses, fabricants de pirogues, vendeurs de divers matériels et équipements de pêche) (18). Au Lac Tanganyika, elle joue des rôles importants au Burundi en termes d'emploi, de sécurité alimentaire, d'avantages sociaux et économiques (19).

La pêche au Sud-Bénin telle que pratiquée actuellement par la population riveraine ne permet guère une exploitation durable des ressources halieutiques (18).

Depuis quelques années, les besoins en poissons des populations béninoises se sont de plus en plus accrus (à cause de la consommation de poissons des familles et du développement du marché) alors que les prises ont chuté d'environ 15% de 2003 à 2008 (18). Cette situation rend très dépendantes les populations locales vis-à-vis des ressources halieutiques. La pêche étant l'une des principales activités humaines qui affectent les écosystèmes aquatiques (24), cette dépendance accrue occasionne à cet effet une pression très forte sur les pêcheries par un effort de pêche incontrôlé, une utilisation généralisée de pratiques et d'engins de pêche non sélectifs et surtout, par l'absence d'une politique soutenue d'orientation des pêcheurs vers le rendement maximum équilibré (RME), les ressources halieutiques encore inexploitées ou sous-exploitées et vers les activités alternatives. Avec la pression démographique et les techniques de pêche rudimentaires, la pêche sur les différents plans d'eau n'arrive plus à permettre aux pêcheurs de subvenir à leurs besoins. C'est la même situation au niveau du lac Toho qui s'est appauvri considérablement en ressources halieutiques en passant de 358 tonnes en 1987 à 137 tonnes en 1996 (6). Le niveau de la dégradation continue de cet écosystème engendre de fait une extrême pauvreté des populations riveraines. Au niveau du Lac Mai-Ndombe en République

Démocratique du Congo par exemple, la pêche telle que pratiquée actuellement ne permet guère aussi une exploitation durable des ressources halieutiques entraînant une augmentation de l'effort de pêche, une baisse des captures, un prélèvement des spécimens de poissons de petite taille (immatures) et même une disparition de certaines espèces (17).

Sur le lac Tanganyika au Burundi également, la pression croissante exercée par les pêcheurs sur les ressources halieutiques du lac en effectuant des prélèvements de plus en plus conséquents pour satisfaire ses besoins nutritionnels sans aucune considération pour les stocks exploités a conduit non seulement à la destruction des écosystèmes aquatiques, mais également à l'extinction de certaines espèces (20).

Dans ce contexte, on se pose les questions:

- de savoir comment les pêcheurs des communes de Lokossa et de Houéyogbé au Bénin perçoivent l'évolution des ressources halieutiques du lac Toho et
- de savoir non seulement quelles stratégies et pratiques de gestion sont déployées par les pêcheurs pour améliorer ou maintenir le niveau des ressources halieutiques mais aussi leur perception de l'efficacité de ces stratégies.

L'objectif de cet article est de répondre à ces deux questions à travers la réalisation et l'analyse d'enquêtes auprès des pêcheurs. Après avoir présenté la démarche méthodologique adoptée, il sera exposé les résultats de cette recherche suivie d'une discussion et d'une conclusion.

Matériel et méthodes

Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans les communes de Lokossa et de Houéyogbé au Sud du Bénin qui sont des communes entourant le lac Toho? (Figure 1). Situé entre le plateau d'Agamé et le Nord-Ouest du plateau de Bopa, le lac Toho s'étend en moyenne pendant les basses eaux du 6°35' au 6°40' latitude nord et de 1°45' au 1°50' longitude est. D'une superficie de 9,6 km² à l'étiage et de 15 km² en période de crue, il a en moyenne 7 km de longueur; 2,5 km de largeur méridionale et environ 500 m de largeur septentrionale (1). Il a la forme d'un "croissant" orienté Sud-Nord (Figure 1).

Collecte des données

Les données ont été collectées à partir d'un échantillonnage qui a d'abord consisté en la sélection des villages qui ont un réel impact sur le lac Toho, tenant compte, entre autres, de l'importance relative de la pêche parmi les activités génératrices de revenus, du poids démographique de chaque village, de la position géographique par rapport au lac et des groupes socio-culturels dominants qui pratiquent la pêche sur ce lac Toho.

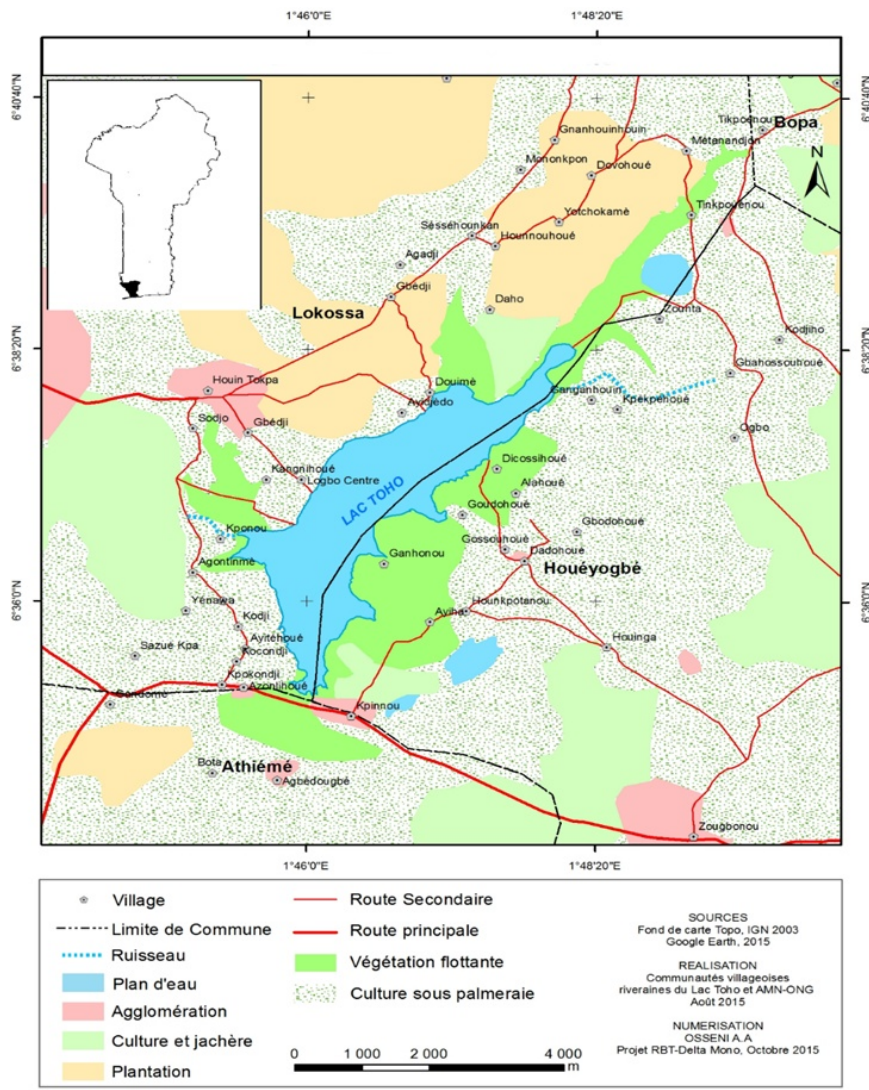


Figure 1: Carte de situation du lac Toho au Bénin.

Ainsi, quatre villages ont été sélectionnés: Vèha et Logbo dans la commune de Lokossa et Tokpa et Tohonou dans la commune de Houéyogbé. Un recensement des ménages pêcheurs a été effectué et a donné comme résultat 241 ménages répartis comme suit: 43 ménages pêcheurs à Vèha, 45 à Logbo, 93 à Tokpa et 60 à Tohonou. Par la suite, la méthode *Progress out of Poverty Index* (25) a été appliquée à cette population pour déterminer la taille globale de l'échantillon qui est 129, soit un taux de sondage de 53%. Avec ce taux, les tailles d'échantillon par village sont respectivement de 23 (à Vèha), 23 (à Logbo), 50 (à Tokpa) et 33 (à Tohonou). La collecte des données primaires a consisté en l'usage d'un questionnaire administré aux chefs de ménage pêcheurs.

Cadre analytique

Analyse des perceptions locales des pêcheurs

Les perceptions dans les pays africains sont connues pour être très influencées par les us, les mœurs et les coutumes (2). Ces perceptions varient selon le sexe,

les catégories d'âge, les groupes socio-culturels et le niveau d'instruction.

Dans le cas de l'étude actuelle, les pêcheurs se sont prononcés sur des indicateurs qui selon eux, sont des éléments caractéristiques de la baisse des ressources halieutiques.

Des tableaux de contingence comportant des données de comptage ont été réalisés pour chaque profil social du pêcheur (catégories d'âge, ethnie et niveau d'instruction). Le test d'homogénéité du Chi-carré de Pearson a été appliqué à chaque tableau de contingence pour analyser les variations des perceptions suivant les indicateurs de baisse des ressources halieutiques évoqués. Il existerait à cet effet une variation entre les perceptions des pêcheurs suivant leur profil social si la probabilité associée au test d'homogénéité chi-carré est inférieure ou égale à 10%. Le calcul des valeurs du coefficient chi-carré de Pearson et de sa probabilité ont été calculées au moyen du logiciel R 3.3.3 (23).

Analyse de l'efficacité des pratiques de gestion et stratégies d'adaptation développées

Les individus impliqués dans un processus de coopération, ou de conflits et qui sont différents les uns des autres par leurs cultures, leurs ethnies et mêmes par leurs pratiques, mettent en œuvre des dynamiques particulières.

Dans le système de pêche, nous sommes en face d'une complexité d'analyse de phénomènes relationnels, acteurs/acteurs et acteurs/systèmes, dont cette étude cherche à découvrir les jeux et les stratégies. En fonction de leurs objectifs, les pêcheurs organisent leur système de relation pour résoudre les problèmes concrets posés par le fonctionnement de l'activité qui est la baisse des ressources halieutiques dans notre cas.

Un tableau de données de comptage a été réalisé contenant les nombres d'enquêtés développant les stratégies de gestion pour faire face à la baisse des ressources halieutiques.

Pour identifier les stratégies de gestion et d'adaptation efficaces, il a été demandé aux pêcheurs de procéder au classement des stratégies développées dans leur village en termes d'efficacité dans la mise en œuvre.

Les différents classements des pêcheurs ont permis de déterminer le rang moyen grâce au test de rang W de Kendall. Pour calculer W , la somme des rangs R_j a été déterminée dans chaque colonne du tableau $k \times N$. Puis, les R_j ont été sommés puis divisés par N pour obtenir la valeur moyenne de R_j . Enfin, les déviations entre chaque R_j et la valeur moyenne ont été calculés et la somme des carrés de ces déviations "s" a été obtenue (Equation I) (13).

$$W = \frac{s}{1/12 * k^2 (N^3 - N)} \quad (I)$$

où s = somme des carrés des déviations entre les R_j observés et la moyenne de ces R_j (Equation II).

$$s = \sum (R_j - \frac{\sum R_j}{N})^2 \quad (II)$$

k : nombre de séries de rangements, nombre de juges c'est-à-dire le nombre de pêcheurs; N : nombre de stratégies de gestion développées par les pêcheurs et $1/12 * k^2 (N^3 - N)$: la somme "s" que l'on obtiendrait dans le cas d'un accord parfait entre les k rangements.

Le logiciel SPSS 20 a été utilisé pour calculer le coefficient W et déterminer les rangs moyens des stratégies de gestion et d'adaptation.

Le classement obtenu sera statistiquement validé si le coefficient W de Kendall est différent de zéro, la valeur de Khi-carré est élevée et la probabilité (signification asymptotique) est inférieure ou égale à 5%. La stratégie de gestion est efficace si son rang moyen est plus faible. Cette méthode a été utilisée par Guirguissou (10) et Hountondji Savi (12).

Résultats

Perceptions de la baisse des ressources halieutiques

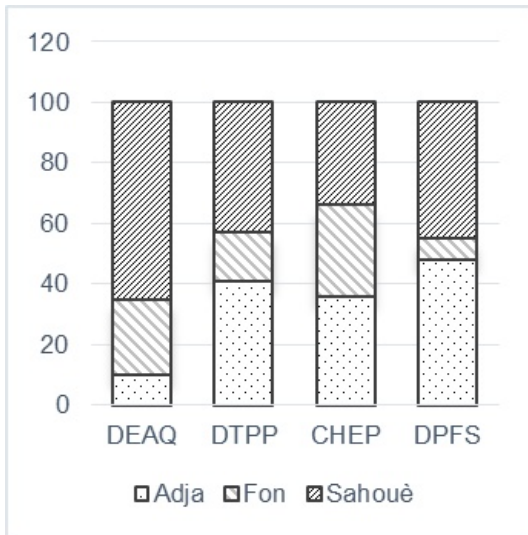
La baisse des ressources halieutiques a été perçue par 91,47% des enquêtés contre 6,20% et 2,33% des enquêtés qui ont perçue respectivement une augmentation ou une stabilité des ressources halieutiques. Les indicateurs à travers lesquels cette baisse a été perçue sont: la disparition de certaines espèces aquatiques, la diminution de la taille des poissons prélevés, la cherté des poissons et la diminution des poissons fumés et séchés fréquemment utilisés dans leurs habitudes alimentaires.

Le test d'homogénéité X^2 effectué sur les tableaux de contingence relatifs aux indicateurs de baisse des ressources halieutiques et des profils sociaux des pêcheurs (catégorie d'âge, ethnie et le niveau d'instruction) révèle une indépendance hautement significative ($p < 0,001$) dans les trois cas figures 2, 3 et 4.

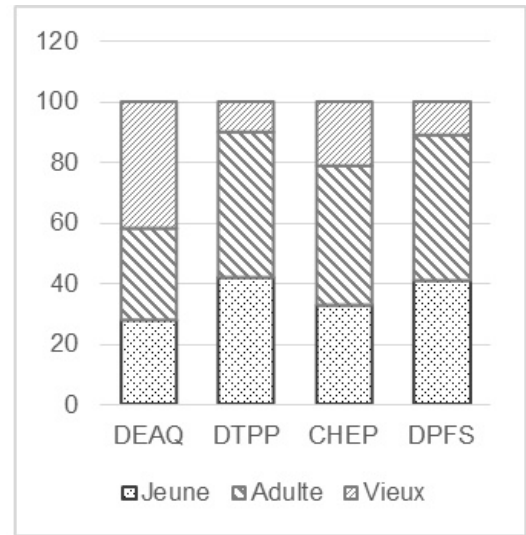
Les perceptions de la baisse des ressources halieutiques par les pêcheurs à travers les indicateurs de baisse de ressources halieutiques identifiés par ces derniers varient largement d'un pêcheur à l'autre. Ainsi, d'après la figure 2, les pêcheurs d'ethnie Adja perçoivent la baisse des ressources halieutiques à travers tous les 4 indicateurs de baisse évoqués tandis que les pêcheurs d'ethnie Sahouè la perçoivent à travers la diminution de la taille des poissons prélevés, la cherté des poissons et la diminution des poissons fumés et séchés. Quant aux pêcheurs d'ethnie Fon, ils perçoivent plus la baisse des ressources halieutiques (65%) à travers la diminution des poissons fumés et séchés fréquemment utilisés dans leurs habitudes alimentaires.

La figure 3 relative aux perceptions de la baisse des ressources halieutiques selon les catégories d'âge révèle que les adultes pêcheurs perçoivent plus la baisse des ressources halieutiques à travers la diminution de la taille des poissons prélevés actuellement dans le lac, la cherté des poissons et la diminution des poissons fumés et séchés qu'ils consommaient régulièrement. Quant aux jeunes pêcheurs, ils utilisent plus les indicateurs "diminution de la taille des poissons prélevés" et "diminution des poissons fumés et séchés" pour décrire la baisse des ressources halieutiques. Mais les vieux pêcheurs perçoivent plus la baisse des ressources halieutiques à travers la disparition de certaines espèces aquatiques.

Les pêcheurs ayant un niveau d'instruction primaire et secondaire perçoivent plus la baisse des ressources halieutiques que ceux n'ayant aucun niveau d'instruction (Figure 4). Les pêcheurs ayant un niveau d'instruction primaire perçoivent plus (61%) cette baisse à travers la diminution des poissons



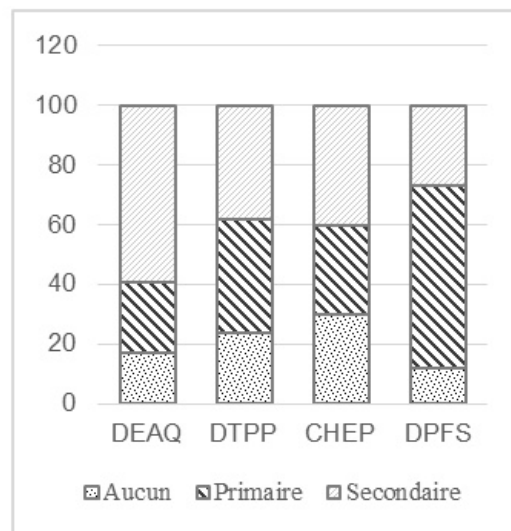
$\chi^2 = 51,251$; p-value = $2,637 \cdot 10^{-09}$ ***



$\chi^2 = 40,548$; p-value = $3,554 \cdot 10^{-07}$ ***

Figure 2: Perceptions de la baisse des ressources halieutiques selon l'ethnie.

Figure 3: Perceptions de la baisse des ressources halieutiques selon les catégories d'âges.



$\chi^2 = 42,548$; p-value = $1,433 \cdot 10^{-07}$ ***

Figure 4: Perceptions de la baisse des ressources halieutiques selon le niveau d'instruction.

Légende figures 2,3 et 4.

DEAQ: Disparition de certaines espèces aquatiques;

DTPP: Diminution de la taille des poissons prélevés;

CHEP: Cherté des espèces de poissons actuellement;

DPFS: Diminution des poissons fumés et séchés.

Significativité : * : p < 0,1 ; ** : p < 0,05 ; *** : p < 0,001.

fumés et séchés fréquemment utilisés dans leurs habitudes alimentaires tandis que ceux ayant le niveau secondaire la perçoivent plus (59%) à travers la disparition de certaines espèces aquatiques.

Perception de l'efficacité des pratiques de gestion et stratégies d'adaptation développées face à la baisse des ressources halieutiques

Les différentes pratiques de gestion et stratégies d'adaptation développées face à la baisse des ressources halieutiques sont résumées dans le tableau 1 avec les effectifs des chefs de ménages pêcheurs qui les pratiquent.

Il ressort que l'utilisation des filets réglementés (filets à mailles moyennes ou à grandes mailles) et le développement d'activités génératrices de revenus autres que la pêche (agriculture, élevage, commerce, etc.) sont les pratiques de gestion et stratégies d'adaptation les plus développées par les pêcheurs des différents villages pour faire face à la baisse des ressources halieutiques. Par ailleurs, ils réduisent la capture en périodes favorisant la reproduction et croissance soutenues des poissons, la pêche à la main et s'investissent dans la pratique de la pisciculture.

L'analyse des perceptions de l'efficacité des pratiques de gestion et stratégies d'adaptation développées face à la baisse des ressources halieutiques permet de constater que le test de concordance W de Kendall est hautement significatif pour les quatre villages d'étude (Tableau 2). Le classement effectué est statistiquement validé. Il ressort de ce classement que les trois premières pratiques de gestion et stratégies d'adaptation jugées efficaces par les pêcheurs du village Vèha sont respectivement par ordre d'importance: le développement d'activités génératrices de revenus autres que la pêche, l'utilisation des filets réglementés et le développement de la pisciculture. Dans les villages Logbo et Tohonou (villages très proches du lac Toho, c'est-à-dire dans les rayons de 50 à 100 m), c'est plutôt l'utilisation des filets réglementés qui a été jugée très efficace, suivie de la stratégie "développement de la pisciculture" et en troisième position le développement d'activités génératrices de revenus autres que la pêche. Dans le village Tokpa, c'est le développement d'activités génératrices de revenus autres que la pêche qui a été reconnue comme stratégie très efficace, suivi de "développement de la pisciculture" et enfin la stratégie "réduction de la pêche à la main".

Tableau 1
Pratiques de gestion et stratégies d'adaptation développées face à la baisse des ressources halieutiques.

Villages	Stratégies					Total
	FINAS	CAPFA	DAGR	AQUA	RPAM	
Tohonou	15	2	10	4	2	33
Tokpa	25	2	12	7	4	50
Vèha	12	2	6	1	2	23
Logbo	9	1	8	2	3	23
Total	61	7	36	14	11	129

Légende

FINAS: Utilisation des filets réglementés (filets à mailles moyennes ou à grandes mailles);

CAPFA: Capture en périodes favorisant la reproduction et croissance soutenues des poissons;

DAGR: Développement d'activités génératrices de revenus autres que la pêche (Agriculture, élevage, commerce, etc.) ;

AQUA: Pratique de l'aquaculture/pisciculture ;

RPAM: Réduction de la pêche à la main.

Tableau 2

Perceptions de l'efficacité des pratiques de gestion et stratégies d'adaptation développées face à la baisse des ressources halieutiques.

Pratiques de gestion et stratégies d'adaptation	Village Vèha		Village Logbo		Village Tohonou		Village Tokpa	
	Rang moyen	Rang global	Rang moyen	Rang global	Rang moyen	Rang global	Rang moyen	Rang global
Utilisation des filets réglementés	2,46	2	1,35	1	2,09	1	3,46	4
Capture en période favorisant la reproduction et croissance soutenues	3,63	4	5,07	5	5	4	5,41	5
Développement d'activités génératrices de revenus	1,43	1	2,74	3	2,42	3	1,56	1
Développement de la pisciculture/aquaculture	3,09	3	2,43	2	2,11	2	2,77	2
Réduction de la pêche à la main	4,78	5	4,74	4	5,06	5	2,86	3
	N = 23		N = 23		N = 33		N = 50	
Test de concordance W de Kendall	W de Kendall = 0,770		W de Kendall = 0,721		W de Kendall = 0,627		W de Kendall = 0,676	
	Khi-deux = 106,237		Khi-deux = 99,473		Khi-deux = 124,155		Khi-deux = 202,922	
	ddl= 4 ; α = 0,000		ddl= 4 ; α = 0,000		ddl= 4 ; α = 0,000		ddl= 4 ; α = 0,000	

On comprend donc par ce classement que les pratiques de gestion et stratégies d'adaptation développées et jugées très efficaces par les chefs de ménages pêcheurs sont le développement d'activités génératrices de revenus autres que la pêche, l'utilisation des filets réglementés, le développement de la pisciculture et la réduction de la pêche à la main.

Discussion

Les ressources halieutiques du lac Toho dans le Sud du Bénin ont connu une baisse croissante à cause de l'emploi des pratiques destructives de pêche telles que la pêche à la main et l'utilisation des filets et nasses à mailles fines. En effet, la pêche à la main est une technique qui consiste à aller au fond du lac et y rester pendant 5 à 10 minutes selon le pêcheur. Elle se fait le plus souvent en groupe. Lorsque les pêcheurs y sont, ils forment un cercle et utilisent leurs mains pour rechercher les poissons dans les trous à poissons. Cette pratique est une pratique destructive des ressources halieutiques puisqu'elle entraîne non seulement la destruction des œufs des poissons et de leur fretin mais aussi des habitats frayères. C'est une technique de pêche qui compromet la reproduction et le renouvellement des espèces halieutiques. La baisse des ressources halieutiques a été perçue à travers les indicateurs tels que la disparition de certaines espèces aquatiques telles que *Pelmatochromis guntheri* (Sauvage, 1882), *Hemichromis fasciatus* (Peters, 1857), *Paraphiocephalus africanus* (Teugels et Daget, 1984), *Clarias agboyiensis* (Sydenham, 1980), *Gymnarchus niloticus* (Cuvier, 1829), *Notopterus afer* (Gonther, 1868) et *Heterotis niloticus* (Ehrenberg, 1829, Cuvier, 1829), la diminution de la taille des poissons prélevés actuellement dans le lac, la cherté des poissons et la diminution des poissons fumés et séchés fréquemment utilisés dans leurs habitudes alimentaires. L'inventaire des richesses spécifiques de l'ichtyofaune du lac Toho révèle successivement 32 espèces de poissons (11), 25 espèces de poissons (1) et 17 espèces de poissons (4).

Cette situation montre que certaines espèces halieutiques qui existaient il y a une quinzaine d'années ont disparu du lac Toho. Ceci confirme la baisse des ressources halieutiques notamment par la disparition de certaines espèces comme ailleurs en Afrique(19). On remarque également l'extinction de certaines espèces de poissons comme *Hydrocynus goliath* (Boulenger, 1898), *Distichodus lusosso* (Schilthuis, 1891), *Schilbe grenfelli* (Boulenger, 1900) sur le Lac Mai Ndombe suite à l'usage de techniques de pêche non sélectif et non réglementaire et au trop grand nombre de pêcheurs artisanaux (17).

Pour subvenir à leurs besoins alimentaires et financiers dans cette condition de baisse, les pêcheurs sont obligés de prélever les espèces de poissons malgré leur petite taille. Le prélèvement des petits poissons compromet la diversité biologique et limite les possibilités de renouvellement des stocks de poissons. Cette exploitation de poissons juvéniles a des impacts négatifs sur la productivité des pêcheries (3, 9). Les risques d'effondrement du stock de poissons sont encore plus importants lorsque l'exploitation commence à cibler de jeunes poissons qui n'ont pas encore atteint la maturité sexuelle (14, 15, 22). Les gros poissons dans leur ensemble ont disparu parce que les pêcheurs n'ont pas cessé de prélever les petits poissons en croissance. Une telle situation crée davantage la rareté et la cherté des poissons dans la zone du lac. Cette situation est la même sur le lac Tanganyika au Burundi où les pêcheurs emploient les filets maillants à trop petites mailles et les filets de senne avec moustiquaire pour capturer massivement les poissons y compris les larves et les alevins et menace ainsi la biodiversité et le maintien des stocks exploités (19, 21). Les filets maillants (mailles inférieures ou égale à 30 mm) sont des filets multi-usages et permettent de capturer aussi des poissons immatures que matures mieux que les autres types de (5).

L'utilisation des filets réglementés adaptés à chaque espèce de poissons pour la pêche dans les lacs et lagunes permet de laisser les poissons qui n'ont pas

encore atteint l'âge de reproduction, de grandir d'abord et d'atteindre une taille normale ou ils pourront se reproduire ensuite avant d'être prélevés (4).

Le développement d'autres activités génératrices permettra aux pêcheurs de diversifier leurs sources de revenus, ce qui va réduire leur fréquentation et augmenter la durée de vie des poissons (8).

La pisciculture ou l'aquaculture est aussi une stratégie de gestion des ressources halieutiques jugée très efficace par les pêcheurs. Une gestion durable des ressources halieutiques et de leur écosystème passe par le développement d'une pisciculture (7).

Dans le cas de l'étude actuelle, la pisciculture est faite avec ou sans l'eau du lac. Les espèces de poissons les plus souvent élevées sont en majorité *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) et *Tilapia galilea* (Linnaeus, 1758). La réduction de la pêche à la main est une stratégie de gestion efficace en ce sens qu'elle évitera la destruction des œufs et des frayères des poissons, ce qui facilitera une bonne reproduction des poissons et leur augmentation dans le lac. Sur le lac Mai-Ndombe, le repos biologique pour les poissons comme stratégie de gestion a été diversement apprécié (17). Il faut dire que le repos biologique est une bonne stratégie de gestion des stocks puisqu'il permet leur régénération et leur préservation. Le respect du repos biologique du poulpe Nianing au Sud de Dakar mis en place par les populations elles-mêmes a permis d'avoir d'excellents résultats surtout sur le plan économique (16, 17). Il est à remarquer que la pauvreté généralisée de la population constitue une contrainte majeure à l'application du repos biologique.

Selon Luhusu Kutshukina et Micha (17), deux stratégies de gestions constituent des solutions possibles à la baisse des ressources halieutiques qui sont soit la privatisation du lac, soit la gestion concertée ou cogestion prévue avec implication des autorités de tutelle elles-mêmes.

Conclusion

Il ressort de cette étude que la plupart des pêcheurs perçoivent la baisse des ressources halieutiques et que ces perceptions varient suivant leur appartenance à un groupe socio ethnique, selon leur catégorie d'âge et selon leur niveau d'instruction. Les indicateurs à travers lesquels les pêcheurs perçoivent cette baisse de ressources halieutiques sont: la disparition de certaines espèces halieutiques, la diminution de la taille des poissons prélevés, la cherté des poissons et la diminution des poissons séchés et fumés. Face à cette baisse, les pêcheurs ont développé et jugé efficace les pratiques de gestion et stratégies d'adaptation telles que l'utilisation des filets réglementés (filets à mailles moyennes ou à grandes mailles), le développement d'activités génératrices de revenus autres que la pêche (agriculture, élevage, commerce), le développement de la pisciculture et la réduction de la pêche à la main.

Remerciements

Les auteurs remercient la GIZ pour avoir permis la réalisation de l'étude exploratoire sur le Lac Toho dans le cadre du Projet Réserve de Biosphère Transfrontalière du Delta du Mono.

Références bibliographiques

1. Ahouansou M.S., 2003, *Etude de l'écologie et de la production halieutique du lac Toho au Bénin*. Mémoire de DESS, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 88p.
2. Assogbadjo A. E., Glèlè Kakaï R., Chadare F. J., Thomson L., Kyndt T., Sinsin B. & Van Damme, P., 2008, Folk classification, perception and preferences of baobab products in West Africa: Consequences for species conservation and improvement. *Econ. Bot.*, **62**, 1, 74-84.
3. Blaber S.J.M., Brewer D.T., Milton D.A., Gede S. M., Efizon D., Fry G. & van der Velde T., 1999, The Life History of the Protandrous Tropical Shad *Tenuulosa macrura* (Alosinae, Clupeidae): Fishery Implications. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **49**, 689 -701.
4. Brahim A.A., 2011, *Ecologie et exploitation des poissons des lacs Doukon, Togbadji et Toho au Bénin*. Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Etude Approfondie (DEA) à la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC), 12-38.
5. Dialla Z., Tassebedo M. & Micha J-C., 2016, Mode d'exploitation et durabilité de la pêche de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) et *Gymnarchus niloticus* (Cuvier, 1829) dans le lac de barrage du Sourou (Burkina Faso). *Tropicultura*, **34**, 4, 350-360.
6. Direction des Pêches, 1996, Plan de gestion des plans d'eau continentaux du sud- Bénin. PPL/GTZ, MAEP, 48 p.
7. Ekouala L., 2013, *Le développement durable et le secteur des pêches et de l'aquaculture au Gabon: Une étude de la gestion durable des ressources halieutiques et leur écosystème dans les provinces de l'Estuaire et de l'Ogooué Maritime*. Thèse de doctorat, History. Université du Littoral Côte d'Opale, Harcives-ouvertes.fr, 410p.
8. Ezin A., 2001, *Etude des caractéristiques de la pêche dans la basse vallée de l'Ouémé: cas du village d'Agonlin-Lowé dans la sous-préfecture d'Adjohoun*. Mémoire de fin d'études au CPU. Université Nationale du Bénin, 93 p.

9. Fromentin J.M. & Fonteneau A., 2001, Fishing effects and life history traits: a case study comparing tropical versus temperate tunas. *Fish. Res.*, **53**, 133-150.
10. Guirguissou M.A., 2003, *Adoption et diffusion des technologies améliorées de stockage du maïs en milieu paysan dans le Centre et le Nord du Bénin*. Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Etude Approfondie (DEA), Faculté des lettres et sciences humaines, Université de Lomé, Togo, 67 p.
11. Hounkpè C., 1996, *Etude halieutique des principales espèces des plans d'eau du sud-Bénin: Sarotherodon melanotheron, Tilapia guineensis, Ethmalosa fimbriata*. Doc. Tech. Projet Pêche Lagunaire (DP/GTZ), 36 p.
12. Hountondji Savi M.C., 2005, *Analyse des processus d'adoption et de diffusion des technologies améliorées de transformations des fruits de palme au Sud du Bénin*. Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Etude Approfondie (DEA), Faculté des Sciences Agronomiques (FSA) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC), 84 p.
13. Kendall M. G., 1955, Rank correlation methods. London Griffin and Co., 2ème édition. 196p.
14. Laë R., 1995, Climatic and anthropogenic effects on fish diversity and fish yields in the Central Delta of the Niger River. *Aquat. Living Resour.*, **8**, 43-58.
15. Laë R., 1997, *Effects of climatic changes and developments on continental fishing West Africa: the examples of the Central Delta of the Niger in Mali and coastal lagoons in Togo*. In: Remane, K. (eds). African inland fisheries, aquaculture and the environment. Source Farham: Fishing News Books, 66-86.
16. LO M. D., 2005, Pêche et Environnement : Perceptions de la surexploitation halieutique et des stratégies de gestion par les pêcheurs artisans de Mbour et de Joal (Sénégal). DEA Chaire UNESCO / UCAD, 70 p.
17. Luhusu Kutshukina F. & Micha J-C., 2013, Analyse des modes d'exploitation halieutiques du lac Maï –Ndombe en République Démocratique du Congo. *Geo-Eco-Trop.*, **37**, 2, 273-284.
18. MAEP, 2009, *Statistiques Direction des Pêches*. Cotonou, Bénin, 57 p.
19. Mukabo Okito G., Micha J-C., Habarugira J.B., Ntakimazi G., Nshombo Muderhwa V., Bizuru Nzibonera P. & Muhirwa B. G., 2017, Socio-économie de la pêche artisanale dans les eaux burundaises du lac Tanganyika à Mvugo et Muguruka. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **11**, 1, 247-265.
20. Mushagalusa C., Micha J-C., Ntakimazi G. & Muderhwa N., 2015, Brief evaluation of the current state of fish stocks landed by artisanal fishing units from the extreme northwest part of Tanganyika lake. *IJFAS*, **2** (4): 51-48.
21. Mushagalusa D., Micha J-C., Ntakimazi G. & Muderhwa N., 2015, Comparative study of two artisanal fishing efficiencies units (catamaran and trimaran) from the northwest part of Tanganyika lake: some socio-economic outcomes. *Livest. Res. Rural Dev.*, **27**, 5-10.
22. Myers R.A. & Worm B., 2005, Extinction, survival or recovery of large predatory fishes. *Phil. Tr. Ro. Soc. Biol. Sci.*, **360**, 13-20.
23. Philippe A., 2012, *Notes de Cours sur le logiciel R. Laboratoire de Mathématiques Jean Leray*, Université de Nantes.
24. Roche International, 2000, Etude du Projet d'aménagement des plans d'eau du Sud- Béni : Le secteur des pêches. **3**, 3, 30-140.
25. Schreiner M., 2012, Progress out of Poverty Index: A Simple Poverty Scorecard pour le Bénin. www.progressoutofpoverty.org. 2 p.
26. UEMOA, 2002, *Grandes orientations de la Politique Commune d'Amélioration de l'Environnement (PCAE). Informations complémentaires sur les pays*. Version provisoire, **2**, 3, 3-43.

V. Codjo, Béninois, MSc, Enseignant-chercheur, Université d'Abomey Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Ecole d'Économie et Socio-Anthropologie et de Communication pour le développement rural, Abomey-Calavi, Benin.

A. Zannou, Béninois, PhD, Enseignant-chercheur, Université d'Abomey Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Ecole d'Économie et Socio-Anthropologie et de Communication pour le développement rural, Abomey-Calavi, Benin.

G. Biaou, Béninois, PhD, Professeur Titulaire, Université d'Abomey Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Ecole d'Économie et Socio-Anthropologie et de Communication pour le développement rural, Abomey-Calavi, Benin.

Soil Properties on Farmers' Fields Amended with Untreated Solid Urban Wastes in Ouagadougou Peri-urban Area, Burkina Faso

P.S. Bouda^{1,2*}, E. Hien^{1,3}, D. Somé^{1,3}, Y. Maiga^{1,2}, H. Kambiré⁴, A. Dioma², S. Nazaret⁵ & A. S. Ouattara^{1,2}

Keywords: Untreated urban wastes- Agricultural fertilizer- Crop production- Trace metal elements- Burkina Faso

Summary

In Burkina Faso untreated Solid Urban Wastes (SUW) are commonly used as agricultural fertilizers. This study aims to highlight the impacts of this current practice on soil agronomic properties and crop production. Sampling was carried out in Ouagadougou sub-urban agricultural fields. Agronomic tests, physical and chemical analyses were carried out following lab common procedures. The fertility of the soils was assessed through a greenhouse experiment with maize as test crop. The results showed that amendment significantly increased the pH, total C, N, P and available P contents as p-values were <0.01 for these parameters. The averages maize height and aboveground biomass yield in amended plots were 124% and 164% higher than in the non-amended plots respectively. Also, trace metal elements (Cu, Zn, Pb, Ni and Cr) concentrations were higher in the amended fields than in the control ones, suggesting that urban waste also carries contaminants that constitute risks for public health. This research showed that the use of SUW as fertilizer has agronomic advantages as it increases the essential nutrient content of the soil and regulates its pH. However an adequate pretreatment is necessary to avoid risks related to contaminants such as trace metal elements.

Résumé

Propriétés des sols des champs agricoles amendés avec des déchets urbains non traités en zone péri-urbaine de Ouagadougou, Burkina Faso

Au Burkina Faso, les déchets urbains non traités sont beaucoup utilisés comme fertilisants agricoles. Cette étude avait pour objectif de déterminer les impacts de cette pratique courante sur les propriétés agronomiques du sol et sur la production végétale. L'échantillonnage a été effectué dans des champs agricoles en périphérie de Ouagadougou. Un test agronomique et des analyses physiques et chimiques ont été réalisés suivant les procédures courantes de laboratoire. La fertilité des sols étudiés a été évaluée à travers une culture de maïs dans des petits pots sous conditions de serre. Les résultats ont montré que les amendements entraînaient une augmentation significative du pH, des C, N et P totaux ainsi que du P disponible. La taille moyenne des plants et le rendement en termes de biomasse aérienne des plantes issues des sols amendés étaient respectivement 124% et 164% plus élevés que ceux issus du sol témoin non amendé. En outre, les concentrations des éléments traces métalliques (Cu, Zn, Pb, Ni et Cr) étaient plus élevées dans les sols amendés que dans les sols non amendés suggérant que les amendements n'apportent pas seulement des nutriments pour la croissance des plantes, mais aussi des contaminants pouvant présenter un risque pour la santé humaine. Cette étude a montré que l'utilisation des déchets urbains solides comme amendement a des avantages agronomiques car elle augmente les teneurs en nutriments essentiels du sol et elle régule son pH, mais il est nécessaire qu'un prétraitement adéquat soit fait pour éviter les risques liés aux contaminants tels que les éléments de métaux traces.

¹Université Ouaga1 Pr Joseph Ki-Zerbo, UFR /SVT, Ouagadougou, Burkina Faso.

²Université Ouaga 1 Pr Joseph Ki-Zerbo, Ecole Doctorale Sciences et Technologies, Laboratoire de Microbiologie et de Biotechnologie Microbienne, Ouagadougou, Burkina Faso.

³LMI-IESOL, UMR 210 Eco&Sols, IRD, Centre de Ouagadougou, Ouagadougou, Burkina Faso.

⁴Institut de l'Environnement et Recherches Agricoles, Ouagadougou, Burkina Faso.

⁵Université Claude Bernard, UMR CNRS Ecologie Microbienne, Lyon I - France.

*Corresponding author: Email: salomon.bouda@gmail.com

Introduction

Located in the heart of West Africa, Burkina Faso is a landlocked country with a surface of 274,000 km². Its population was estimated at more than 14.01 million residents in 2006 with an annual growth rate of 3.1% and 3.18 million of urban residents (35). Agriculture accounts for 32% of the gross domestic product and is practiced by 80% of the active population. Burkina Faso, like many sub-Saharan countries, is facing drastic climatic conditions, high population pressure and especially low soil fertility (15, 16, 26, 37). Indeed, 11%, 2%, 34% and 49% of the lands in Burkina Faso are considered at very high, high, moderate and low levels of degradation, respectively (42). In other words, lands are naturally poor in organic matter (<0,6%) (42). In addition, the effects of climate change and the overuse of land have contributed to the depletion of the soil in N and P (3), two major nutrients limiting agricultural production [32]. Ouagadougou is also facing significant production of urban solid wastes (SUW). According to the office of sustainable development of Ouagadougou, solid waste production in the city is estimated to be 300,000 tons per year from which, 60% are collected (24). Spreading of SUW is an attractive recycling strategy because of the presence of recyclable organic material (65-90%) (1, 40) which is beneficial for plant growth and agricultural soils fertilization (14). Furthermore, it is an affordable source of nutrients to agriculture and a mitigation of waste disposal problems (10).

Because of their fertilizing value, SUW are commonly used by farmers in peri-urban agriculture to support agricultural production (12), which contributes to cover the food needs and fight against poverty. However, these wastes, composed globally of domestic breeding products and wastes from hospitals and industries, are used without prior sorting or pretreatment (composting).

Therefore, the potential presence of trace metal elements (TME) and other unknown components can have detrimental effects on the environment (soil degradation) and human health (4, 23, 43).

In order to optimize the use of SUW as amendment in agricultural lands, it is necessary to evaluate their impact on the soil properties.

The aim of this study was to highlight the impacts of the use of untreated SUW on soil agronomic properties and crop production and to strengthen the public awareness of the potentially associated risks. The specific objectives were:

- to determine the chemical characteristics, including TME, of soil after treatment with SUW, and
- to assess the impact of SUW on maize yields in a greenhouse experiment.

Maize was selected as a test crop because it's a widespread staple crop in sub-Saharan Africa (SSA). It occupies more than 33 million ha each year (11). From some 200 million ha cultivated in SSA, maize farms cover almost 17%. This crop is also the highest component of the national diet in 22 countries worldwide from which, 16 are located in Africa (31).

Material and methods

Study sites and soils sampling

This study was conducted on 2 agricultural sites located in the surrounding zone of Ouagadougou: Toudwéogo in the north and Nagrin in the south (Figure 1).

The landscape is slightly undulating, with a slope of less than 2%, and the soils are derived from granites and migmatites (17). All soils have been classified as petroplinthic Leptosol (11).

In the area, the annual rainfall is between 600 and 900 mm, and falls from May to October (19). According to the meteorological station of IRD in Ouagadougou, the annual rainfall was 736.4 and 883.7 mm in 2013 and 2014, respectively. The area of Ouagadougou has a tropical climate with monthly average temperature between 20 and 30 °C.

Several annual crops (sorghum, peanut, cowpeas, maize, sorrel, okra, etc.) are usually cultivated. For more than 20 years, these soils have been amended with raw urban waste (without sorting nor pretreatment).

For both study sites, the SUW used usually contain livestock wastes (manure of cattle, goats, pigs and poultry, and slaughterhouse waste), organic household wastes (vegetables), as well as papers, glass, plastic, scrap iron, cans, and some contain hospital and pharmaceutical wastes. Wastes disposal has been free or cheap to farmers for amendments so that the amounts applied ranged from 20 to 30 tons per ha and per year.

Sampling was carried out in March 2013 in the Toudwéogo site and in March 2014 in the Nagrin site on plots amended with SUW and on unamended plots (control field). At each site, sampling was carried out on the surface layer (0-5 cm) in both amended and unamended fields in order to assess the benefits from the amendment on soil agronomic properties and crop production. The amended plots (*Am*) and unamended (*Na*) had a surface of 1.5 ha and 0.5 ha, respectively, for the site of Toudwéogo; for the site of Nagrin it was 2 ha and 0.75 ha for the amended plot and unamended plot, respectively.

The sampling was carried out using a plastic shovel previously cleaned with alcohol and demineralized water and put in clean plastic bags for the agronomic tests.

In amended plots, 5 transects of 20 m were considered. In each transect, sampling was carried out both in the rhizosphere (*am_rhizo*) and in the interlining space (*am_int*) i.e outside of the direct influence of plants roots. The idea, while sampling in the rhizosphere and in the interlining space, is to see whether the physical and chemical characteristics of the soil around the roots (where the microbial activity is generally more intense) are different from that of the interlining (because plant root could absorb C, N, P and/or TME). From a given transect, 5 composite samples (of approximately 5 kg each) were collected from the rhizosphere area by mixing 2 consecutive

samples collected every 2 m; in addition, 5 composite samples were collected from the interlining space by mixing 2 consecutive samples collected every 2 m (Figure 2). Then, 10 samples were obtained from each transect, allowing a collection of 50 samples (5x10) from the amended plot in each site. In unamended plots, 2 transects of 20 m were considered and the sampling was carried out only at the interlining space. Five composite samples per transect were collected by mixing 2 consecutive samples collected every 2 m, allowing a collection of 10 samples (2x5) from the unamended plot in each site.

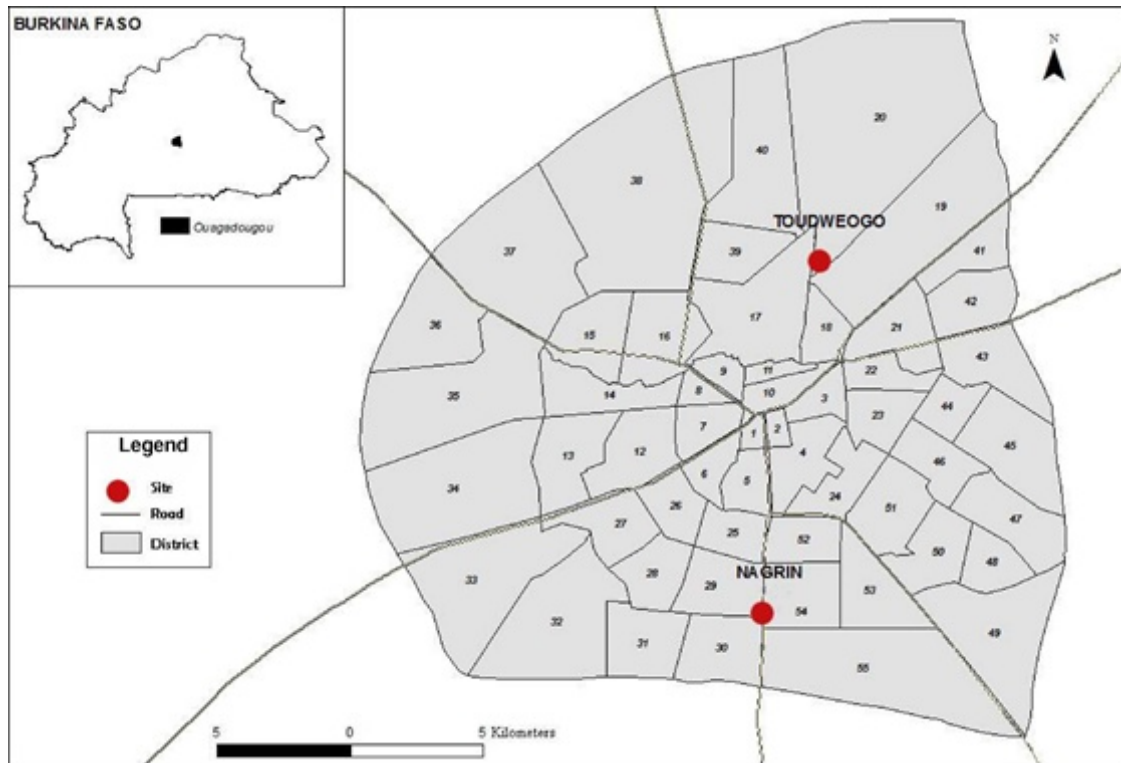


Figure 1: Map of Ouagadougou city illustrating the sampling sites.

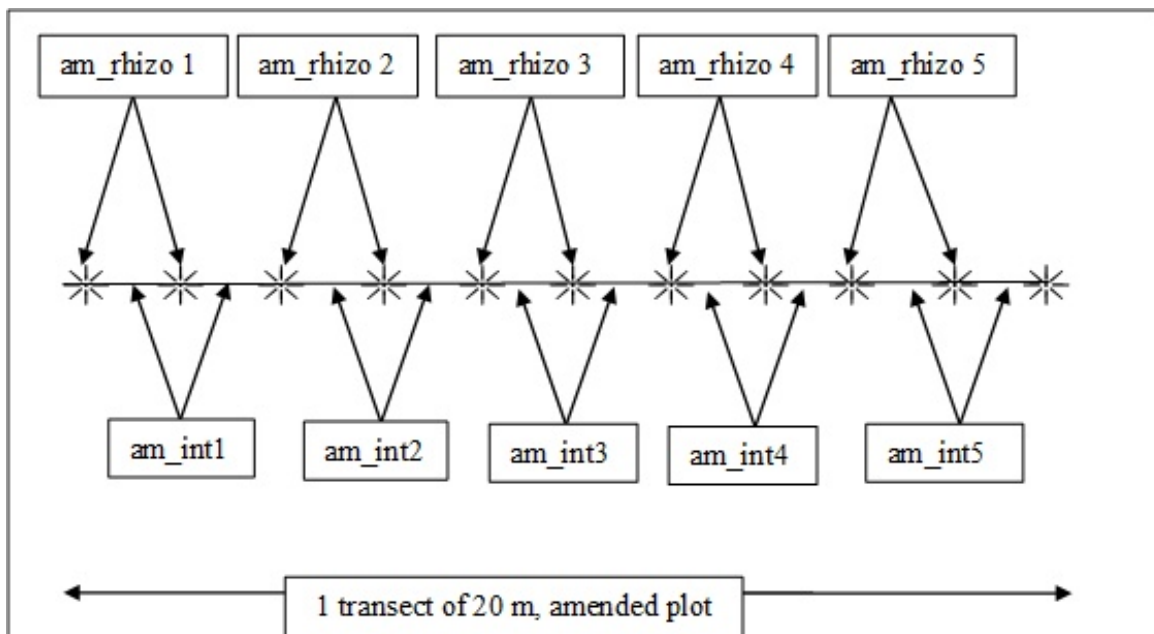


Figure 2: Soil sampling strategy, (*am_rhizo* : Amended_Rhizosphere and *am_int* : amended_interline).

These samples were used as control. Finally, the substrate (SUW), i.e. raw solid urban waste used by farmers to fertilize their fields was sampled for analyses in order to compare the results with the data of amended and unamended soils.

Physical and chemical parameters analyses

Soil samples were air-dried and then gently broken up using a pestle and mortar, and sieved at 2 mm. Two aliquots (100 g) were ground to 0.2 and 0.5 mm for further analyses: pH, total carbon (TC), total nitrogen (TN), total phosphorus (TP) and available phosphorus (Pav). pH-values in water (pH-H₂O) and in potassium chloride (pH-KCl) of soil samples have been determined according to NF EN 13037 (30). The C and N concentrations in the soil samples were determined on 0.2 mm ground aliquots by dry combustion using an elemental analyzer (CHN Fisons/Carlo Erba NA 2000, Milan, Italy). As all of the soil samples were carbonate-free, total C was considered equal to organic C. Total phosphorus was determined (using an auto analyzer) by mineralization with sulfo-salicylic acid. Samples were subjected to a mineralization with sulphuric acid (H₂SO₄) and salicylic acid (C₇H₆O₃) mixture in a presence of hydrogen peroxide (H₂O₂). Selenium (Se) was used as catalyst. At the end of mineralization, total phosphorus was measured by spectrometry at 880 nm by the molybdenum blue method (BUNASOLS of Burkina Faso). The available P (Pav) concentration was determined using the modified Olsen Dabin procedure for samples collected (extraction using sodium bicarbonate at pH 8.5) with colorimetric assay. Lastly, another aliquot of 100 g was also ground and sieved (0.2 mm diameter) for quantification of five trace metal elements (TME), such as copper (Cu), zinc (Zn), lead (Pb), nickel (Ni) and chromium (Cr).

The total levels of TME (such as Pb, Cu, Zn, Ni and Cr) were analyzed in a suspension of the 0.2 mm fraction of a ground soil. It was made by acid attack of the solid phases, according to standard NF X 31-147, July 1996, after calcination at 450 °C during 3 hours, using a mixture of a concentrated hydrofluoric acid and per-chloric acid (9).

Greenhouse test

The fertility of soils under study was assessed using an experiment with maize (*Zea mays*) as a test plant in small pots under greenhouse conditions, with soil samples collected at Toudwéogo. This activity was done from May to June 2013. Each pot contained 1 kg of soil where 5 seeds have been sown. Maize seeds were sorted before being sown. All the samples collected at Toudwéogo were tested (am-rhizo, am-inter and Na). Thus, 60 pots were obtained in total from which 25 pots contained soil from the amended plot - rhizosphere (am_rhizo), 25 from the amended plot - interlining (am_int), and 10 pots from the unamended plot (control).

Each pot was daily watered with 150 ml in the morning and evening during 56 days. One week after germination, a thinning was carried out, by selecting the best seedlings. The weekly growth of the plants was measured up to 8 weeks after sowing.

Biomass quantification

After 8 weeks, the entire plants (root and aerial parts) were harvested and placed in an oven at 70 °C until constant weight. After 72 hours approximately, the total dry biomass of each pot was weighed to determine biomass yield; the aerial biomass (BA) and the root biomass (BR) were handled separately and expressed in grams. Maize biomass yield was used to assess soil fertility.

Statistical analysis

The results were analyzed using the Microsoft Office Excel 2010 and XLSTAT Pro version 7.5.2. Analysis of variance ANOVA according to Fisher test and the linear correlations test were carried with the threshold 5%.

Résultats et discussion

Soil pH

The results showed that the average pH-H₂O values were above neutrality in the amended (Am_rhizo, Am_int) soils (7.6±0.14) while it was below neutrality in the control (Na) soils (6.5±0.13) at the Toudweogo site (Figure 3). At Nagrin, pH-H₂O was above neutrality in both the amended and the control soils (7.5±0.34 and 7.3±0.07, respectively).

In the organic fertilizer (SUW) pH-H₂O was 7.4 in Toudweogo site and 7.3 in Nagrin site. From these observations, it appears that the pH has increased by more than one unit in the amended soils of Toudwéogo compared to the unamended ones of the same site. This slight increase could be attributed to SUW spreading. This modification of pH was not perceptible in the soils of Nagrin because the unamended soils had already a neutral pH. However, the amendment may have contributed to maintain the pH around neutrality in the amended soils (Nagrin site).

These results can be explained by the fact that composts generally have a relatively high pH (8) and have large amounts of buffer substances, such as carbohydrates, lipids, protein, humic acid, etc. (20, 46).

The pH is a critical parameter for the plant mineral nutrition because it directly influences the availability of soil biogenic salts, their possible toxicity and soil microbiological activity. Indeed, when pH is near neutral (pH=7), the availability of essential plant nutrients (nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and trace elements) in the soil is maximum (27).

The “ideal” soil pH is close to neutral, and neutral soils are considered to fall within a range from a slightly acidic pH of 6.5 to slightly alkaline pH of 7.5 (27). In addition this range of pH is generally very compatible to plant root growth.

pH-KCl is generally lower than the pH-H₂O except for soils containing metallic ions (33). In Toudweogo site, this hypothesis was verified in all the samples. However, the difference between pH-H₂O and pH-KCl was much more significant in the control soils compared to the amended soils. Indeed, this difference was 0.6 in the unamended soils (Na) against 0.2 in the amended ones (Am_rhizo, Am_inter) (Figure 3) as if it had an evolution of the pH-KCl value of the amended soils towards the pH-H₂O value of the same soils. This result suggests a possible presence of metallic ions such as Fe, Cd, Cu, Cr, As, Pb and Ni in amended soils as it has been established in a previous study (33). This might confirm the hypothesis that the amendments provide chemical contaminants to the soil even if their concentrations are not enough yet to return the pH-KCl > pH-H₂O (Figure 3).

In Nagrin site, pH-H₂O is lower than the pH-KCl for both the amended and the control soils. This result suggests that these soils should be contaminated with TME. As shown further by TME assessment, amended and unamended soils are both contaminated with Cu, Zn, Pb, Ni and Cr at Nagrin and Toudweogo sites.

The hypothesis that the amendments provide chemical contaminants in soil should be maintained even if among the concentration of TME quantified in this study (Cu, Zn, Pb, Ni and Cr), there are no significant differences between the soils of Nagrin and Toudweogo sites. The differences in the pH trends in Nagrin and Toudweogo could be explained by the possible presence in Nagrin, of other TME such as Cd and Hg (45), not quantified in this work that could have increased the pH-KCl. Furthermore, the analysis of TC, TN, TP and Pav revealed higher concentrations in the soils of Nagrin compared to those of Toudwéogo (Table 1).

This strong TC concentration in Nagrin site suggests a spreading of enormous quantities of SUW and could confirm the fact that the soils of this site contained high concentration of other chemical elements (such as Cd and Hg) than those quantified in this study (Cu, Zn, Pb, Ni and Cr).

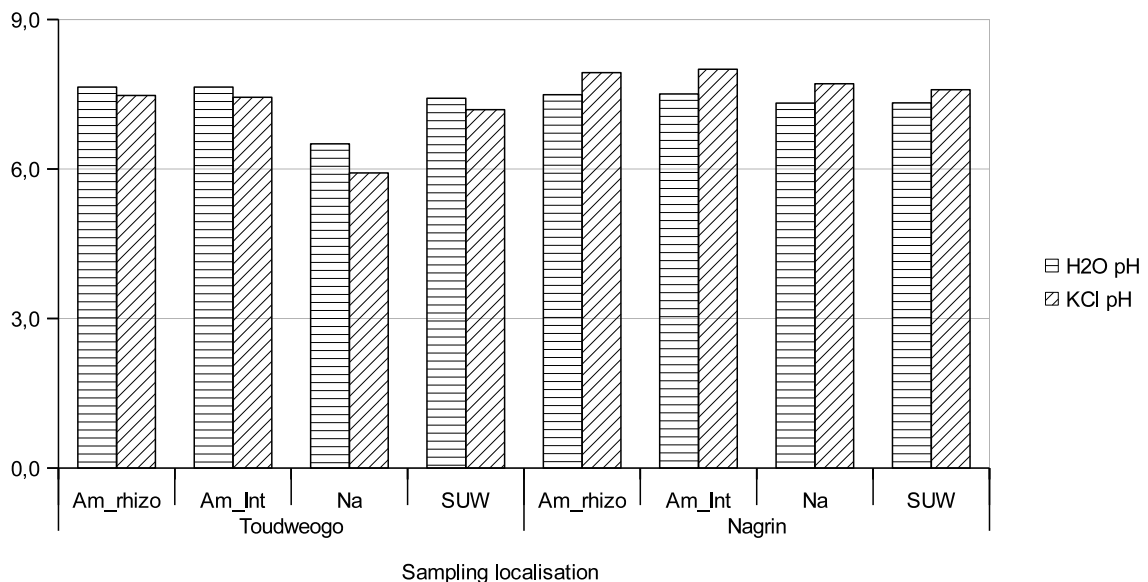


Figure 3: Average values of pH in Toudwéogo and Nagrin soils samples. Am_rhizo (average of 25 values)= amended plot, sampling at the rhizosphere; Am_int (average of 25 values)= amended plot, sampling at the Inter-line; Na (average of 10 values)= unamended soil. SUW: raw solid urban waste. The bars on histograms represent the standard deviation.

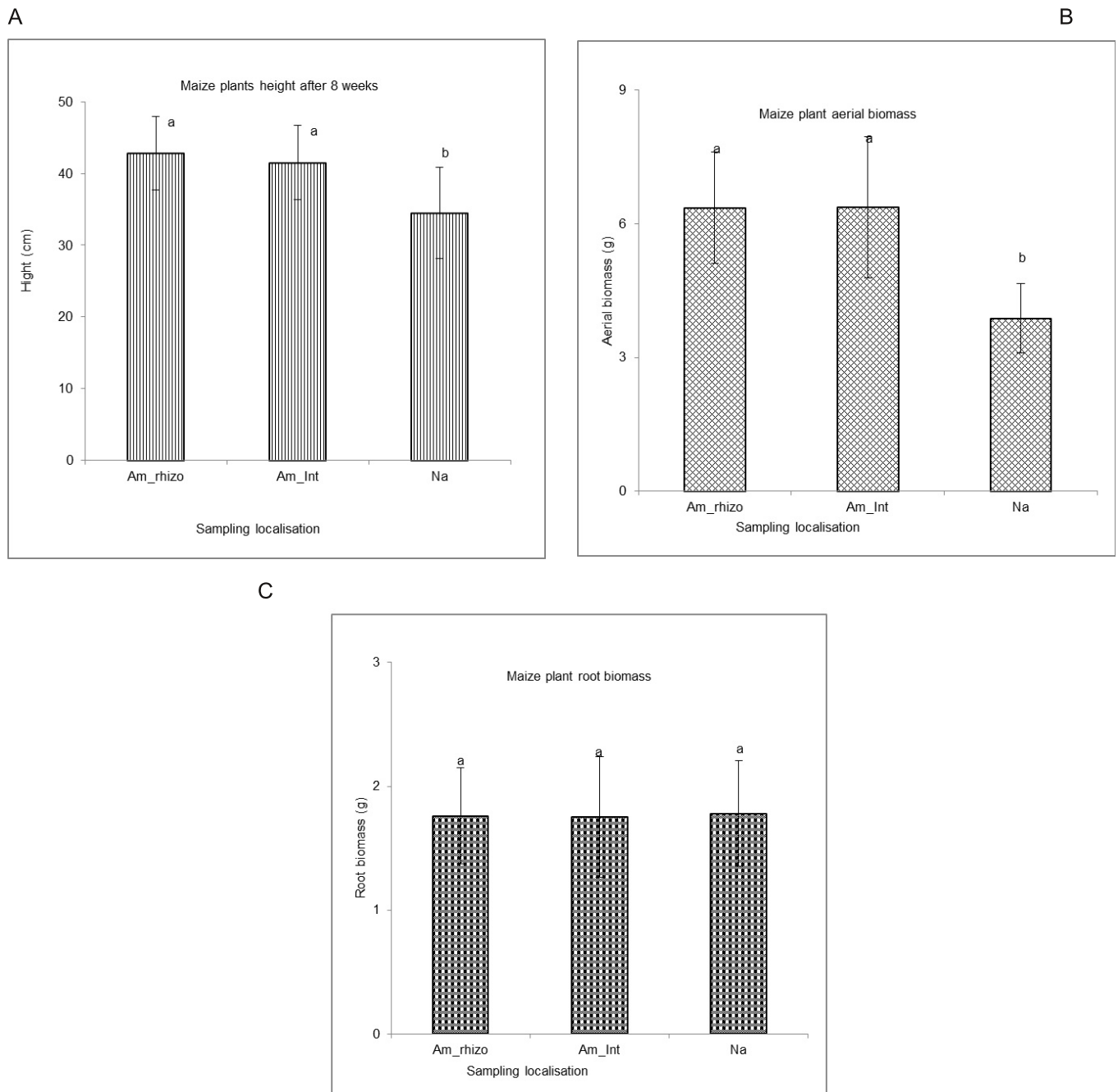


Figure 4: Average height of maize plants (A), aerial (B) and root (C) biomass. The values are expressed as a gram (g) or centimeter (cm). Am_rhizo= Plot amended, sampling at the rhizosphere; am_Int= Plot amended, sampling at spacing that i.e, outside of the influence of roots; Na= non-amended soil (control). The bars on histograms represent the standard deviation. The parameters (Height, Aerial or Roots biomass) of the same site (Nagrin or Toudwéogo) affected by the same letter (a or b) are not significantly different.

Tableau 1

Average chemical parameters of amended, unamended soil and the substratum in "Toudwéogo" and "Nagrín".

Sampling localisation		TC (%)	TN (%)	TP (ppm)	P av. (ppm)
Toudwéogo	Am_rhizo	1.48 ± 0.78a	0.12 ± 0.06a	952.2 ± 576a	190.4 ± 115a
	Am_int	1.23 ± 0.06a	0.10 ± 0.06a	638.5 ± 316ab	127.7 ± 63b
	Na	0.22 ± 0.03ab	0.02 ± 0.003ab	162.6 ± 55b	32.5 ± 11b
	<i>F Pr.</i>	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Nagrín	Am_rhizo	3.38 ± 1.03b	0.21 ± 0.07b	1487.6 ± 1080a	275.7 ± 142a
	Am_int	3.67 ± 0.83b	0.23 ± 0.08b	1220.2 ± 405a	230.4 ± 80a
	Na	1.39 ± 0.30c	0.09 ± 0.02c	475.3 ± 147a	110.7 ± 33b
	<i>F Pr.</i>	< 0.0001	< 0.0001	0.007	0.001

Legend

TC= total carbon; TN: total nitrogen; TP: total phosphorus; Pav.: available phosphorus. Am_rhizo= amended Plot, sampling at the rhizosphere; Am_int= amended Plot, sampling at spacing i.e, outside of the influence of roots; Na= unamended soil (control); SUW: solid urban waste. The values of the same column, the same site ("Nagrín" or "Toudwéogo") and affected by the same letter are not significantly different according to Fisher ANOVA. *F Pr.*= Level of significance with the threshold 5%.

Total carbon, Total nitrogen, Total phosphorus and available phosphorus

Total carbon (TC), total nitrogen (TN), total phosphorus (TP) and available phosphorus (Pav) were higher in the amended plots compared to the unamended plot (Table 1) in both Toudwéogo and Nagrín sites. When comparing TC, TN, TP and Pav values in the am_rhizo and Am_int collected in both sites, it appears that except for phosphorus (TP and Pav) values in Toudweogo, there are no significant differences. Other important observations are the lower values of TC, TN, TP and Pav obtained with the SUW of Toudwéogo. Indeed, in the SUW from Toudweogo the values of TC, TN, TP and Pav were respectively 0.44%, 0.04%, 669.7 ppm and 133.9 ppm against 5.68%, 0.44%, 1,691 ppm and 352 ppm respectively for TC, TN, TP and Pav in the SUW from Nagrín. That could be related to the nature of the substrates which were of different origins: livestock wastes (manure of cattle, goats, pigs, poultry and slaughterhouse waste), organic household wastes (vegetables), as well as papers, glass, plastic, scrap iron, cans, etc. That could also explain why the contents in TC, TN, TP and Pav in the soil of Nagrín were higher compared to those in Toudwéogo soil. These differences in contents between the two sites could also find explanations in the quantities as well as the frequencies of waste application which are not controlled. This underlines the need that waste users be trained for better results.

Average C/N ratio was approximately 12 for all the amended and unamended soils of Toudwéogo. This indicates a good composting of the organic matter. For the Nagrín site, average C/N ratios were 16.5 and 14.7 for the amended and unamended soils, respectively. This means a reduced biological activity leading to a bad composting of organic matter in the amended soils of Nagrín site. Indeed, the C/N ratio is an amendment quality indicator. The higher the C/N ratio (>12), the lower the biological activity and mineralization. An organic material with a high C/N (>15-20, incomplete composting) can induce a risk of "nitrogen deficiency" for the plants, because of soil micro-organisms will use the available nitrogen for the mineralization process (18). However the C/N ratio is regarded as a partial indicator of amendment quality and needs to be supplemented by other information such as the proportions of the components of the compost and the level of composting.

These results show that the use of solid urban waste increases the contents in nutrients (C, N and P) for the plants as previously reported by many other authors (13, 28). It is also known that organic matter contributes to maintaining soil moisture by increasing the soil water retention capacity (10, 13, 20).

Former work highlighted a significant correlation between the quantity of compost, the content in organic carbon and the cation exchange capacity (CEC) in the soil (13). Also an increase in the cations Ca, K and Na in relation to the rise of the pH and the CEC has been observed (21). We also observed that the content of available phosphorus increased in the amended plot related to SUW contribution (Table 1).

Orthophosphate (the main form of available phosphorus) is the second most limiting macronutrient (after nitrogen) for plant growth (38). Therefore, it is likely that the application of compost provided conditions to immobilize orthophosphate, keeping phosphorus in available form for plant growth (6). For all the quantified parameters (TC, TN, TP and Pav), their content in the soils of Nagrin are higher than those of Toudwéogo. This could be linked to the quality of the amendments used on these two sites because of the distinct composition of urban waste.

Impact of amendment on maize plant growth

The results of the experiment test with maize (Figure 4- A, B, C) have confirmed the beneficial effects of using urban waste as organic fertilizers in reference to the results of TC, TN, TP and Pav analyses and to previous studies (20).

We noted a very small height of the plants in the control soil (Na) compared to the amended plot; the difference was highly significant ($p=0.0001$) suggesting a deficiency in nutritive elements in the unamended soils (Figure 4-A).

The average height and the average aerial biomass yield of maize plants in amended plot were respectively 124% and 164% higher compared to unamended soils (Figures 4- A, B).

The difference in aerial biomass was also very significant ($p<0.0001$). However, there were no significant difference in the average root biomass yields between the amended and the unamended plots (Figure 4-C).

The Pearson correlation test revealed a significant correlation between the height and TC ($p=0.02$), aerial biomass and TC ($p=0.003$) and aerial biomass and TP ($p=0,001$). This shows that SUW had a positive effect on maize growth in the amended pot. The regional average maize yields for traditional agriculture may reach 1.7 t.ha⁻¹ in West Africa, 1.5 t.ha⁻¹ in East Africa and 1.1 t.ha⁻¹ in Southern Africa (41). Although certain countries (such as Ethiopia, with >3 t.ha⁻¹) have appreciably reinforced their productivity, the average maize yield in SSA (estimated at <1.8 t.ha⁻¹) remains far below the expected average yield of ~5 t.ha⁻¹ in the field with improved varieties, with optimal inputs and under improved conditions of management, following the International Center of Improvement of Maize and Corn (Mexico) / International Institute of Tropical Agriculture (Nigeria).

Several projects have been implemented in SSA in order to improve land productivity. But most of these projects were focused on the selection of natural or improved varieties (e.g., Drought Tolerant Maize for Africa, Water Efficient Maize for Africa, Nutritionally-enriched Maize for Ethiopia...) (2, 25) or improved crop management practices, in particular rotation between cereals and legumes (22).

These strategies are very well and the researchers must be thanked and encouraged. However we could use organic amendments such as urban waste which improves the water retention capacity of the soil instead of using drought-resistant maize varieties. In Burkina Faso, cereal production has been evaluated at 4,898,544 tons for the campaign of 2012/2013 (8). The maize records a production of 1,556,316 tons which represent approximately 32% of the total cereal production. This production is in rise of 44.50% compared to the cereal production in 2011/2012, and also in rise of 67.30% compared to the five last year's average (8).

These increases could be further improved with a suitable exploitation of urban waste in agriculture. Indeed, a very important report in Burkina Faso is growing maize around houses, particularly in the countryside, with satisfactory yields.

The only possible explanation is the "natural composting" of the domestic rejections around the concessions which returned this part of the soil suitable for maize cultivation. No chemical fertilizer alone can give soil as many benefits as organic manure.

Thus, looking agricultural soil poverty (15, 36, 37), facing the enormous quantities of urban waste produced in the big towns of sub-Saharan Africa (300 000 tons/year for Ouagadougou, Burkina Faso) and the difficulties which the municipalities of these cities meet for their elimination, SUW valorization in agriculture proves necessary even imperative.

Trace metal elements

The results showed that all soil samples collected at both sites (Toudwéogo in 2013 and Nagrin in 2014), are contaminated with TME (Figure 5). However, their concentrations varied widely, with the highest values in the amended soils.

The highest lead (Pb) concentration (436.43 mg. kg⁻¹ dry soil) was found in amended soils of Toudwéogo site. Zin had the highest concentration with average values ranging from 134.28 to 388.62 mg.kg⁻¹ (dry weight equivalent of soil) in the samples collected from Nagrin. The lowest TME concentrations were found in unamended soils. The SUW of Toudwéogo in 2013 had the highest Zn concentration (1,118.56 mg. kg⁻¹ dry SUW). Apart from Zn and Pb, the highest concentrations of TME were found in SUW (Figure 5). Therefore, raw urban wastes could be a source of TME in agricultural soils.

The presence of TME in SUW could be explained by the illegal dumping of the electric batteries containing Zn powder. Lead could come from the combustion engine exhaust, electric batteries, mercury amalgams, ores treatment wastes etc. To summarize, various sources of TME are very widespread in developing countries where the control methods are limited.

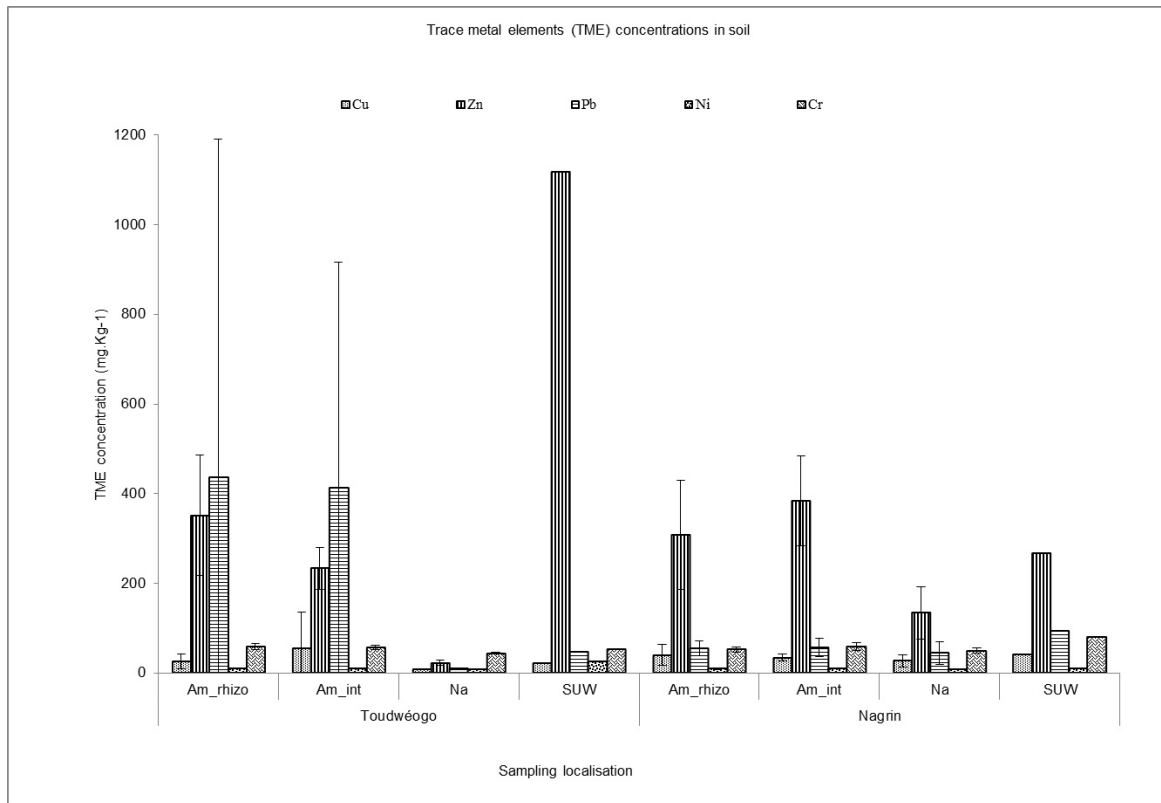


Figure 5: Histogram of trace metal element (Cu, Zn, Pb, Ni and Cr) in the soil samples of Nagrin and Toudwéogo sites; Am_rhizo= Samples collected at the rhizosphere from plot amended with urban waste; Am_int= Plot amended, sampling at interspaced area, outside of the influence of the roots; Na= non-amended soil collected at interspaced area; SUW (substrate): raw solid urban waste used for soil amendment. The bars on histograms represent standard deviation.

It has been highlighted that TME, such as Cd, Zn, Pb and Hg, were enriched in the amended field and enhance the dangers which could join SUW spreading if adequate measures are not taken (45). Indeed, TME could be a serious ecological threat if they are introduced into the food chain by bioaccumulation (39). Many other studies have shown that TME could be incorporated by crop plants (5) and cause potential safety problems on agricultural products intended for human and animal consumption (7). Furthermore, TME are known to impact soil bacterial diversity and their characteristics. For example, Hg is a biologically potent TME which has been shown to affect bacterial diversity in soil, partly owing to the selection for Hg-resistant bacteria (29, 34). The Hg effects are associated with the bioavailable fraction of the metal, which is controlled by factors such as pH, amount of dissolved organic carbon, and clay content (44).

Just like mercury selects Hg-resistant bacteria, it has been shown that bacterial exposure of *Pseudomonas aeruginosa* to low Zn doses co-selects for strains resistant not only to several TME (zinc, cadmium and cobalt) but also to imipenem, an antibiotic of the carbapenem class (8).

Conclusion

The use of urban solid wastes as fertilizers in agriculture has agronomic advantages. This study reveals that the agricultural valorization of urban solid waste is essential and even imperative. But, there are few, if any in developing countries, formal structures for this cross-sectoral dialogue between the farmers, municipalities, researchers and backers. Among the possibilities for enhancing these links is the inclusion of recycling of organic wastes as a core element in new wastes management plans. This may require some formal participation of official agencies (e.g. Ministry of Agriculture) and farmers' associations in the municipal committees reviewing the new core plans for waste management. Policy should consider urban waste not as a dangerous nuisance but as a source of nutrients for agriculture and would provide place for "separating dangerous wastes system". In Burkina Faso, as association between agricultural and breeding is promoting, as organizational links like than the SDGD (Schéma Directeur de Gestion des Déchets/Directing Diagram for Waste Management) need to be strengthened between the wastes management and (peri-) urban agricultural sectors.

Acknowledgments

We thank the University Ouaga I Pr Joseph Ki-Zerbo (Ex University of Ouagadougou) for teaching and the Laboratory Eco & Sols (UMR 2010) of IRD Ouagadougou where this work has been conducted. Authors thank M. Barry and P. Sawadogo, technicians of the Laboratory Eco & Sols (UMR 2010) of IRD Ouagadougou for technical assistance.

This work is associated to Project "Negatives Externality" funding by the CORAF/WECARD (Conseil Ouest et Centre Africain pour la Recherche et le Développement Agricoles / West and Central African Council for Agricultural Research and Development).

References

- Afon A., 2007, An analysis of solid waste generation in a traditional African city: the example of Ogbomoso, Nigeria. *Environ. Urban.*, **19**, 527-537.
- Alene A.D., Menkir A., Ajala S.O., Badu-Apraku B., Olanrewaju A. S., Manyong V. M. & Ndiaye A., 2009. The economic and poverty impacts of maize research in West and Central Africa. *Agr. Econ.*, **40**, 535-550.
- Bationo A. & Mokwunye A.U., 1991, Alleviating soil fertility constraints to increased crop production in West Africa: The experience in the Sahel. *Fert. Res.*, **29**, 95-115.
- Begum A. & Harikrishna S., 2010. Pathogens and heavy metals concentration in green leafy vegetables. *E-J. Chem.*, **7**, S552-S558.
- Bvenura C. and Afolayan A.J., 2012, Heavy metal contamination of vegetables cultivated in home gardens in the Eastern Cape. *S. Afr. J. Sei.*, **108**, 9-10.
- Cao X. & Harris W., 2010, Properties of dairy-manure-derived biochar pertinent to its potential use in remediation. *Bioresour. Technol.*, **101**, 5222-5228.
- Dauguet S., Denaix L., Nguyen C., Royer E., Lévassieur P., Potin-Gautier M., Lespes G., Parat C., Héroult J., Coudure R., Chéry P., Devert M., Robert N. & Pouech P., 2011, Mesure des flux d'éléments traces (Pb, Cd, As, Cu, Zn) dans les sols, végétaux, porcs et lisiers des exploitations porcines du Sud-Ouest. *Innov. Agron.*, **17**, 175-190.
- DGPER (Direction Générale de la Promotion de l'Economie Rurale), 2013, *Rapport général des résultats définitifs de la campagne agricole et de la situation alimentaire et nutritionnelle 2012/2013*. http://cns.bf/IMG/pdf/rapport_des_resultats_definitifs_2012_2013.pdf
- Durand C., 2003, *Caractérisation physico-chimique des produits de l'assainissement pluvial. Origine et devenir des métaux traces et des polluants organiques*. Thèse de doctorat/Faculté des Sciences Fondamentales et Appliquées/Université de Poitiers. 213 p.
- Eaton D.J.F. & Hilhorst T., 2003. Opportunities for managing solid waste flows in the peri-urban interface of Bamako and Ouagadougou. *Environ. Urban.*, **15**, 1, ISSN: 0956-2478.
- FAO-IUSS-ISRIC, 2006, *World reference base for soil resources. A framework for international classification, correlation and communication*. World Soil Resources Reports 103, Rome, ISBN 92-5-105511-4, p. 128.
- Filcheva G.E. & Tsadilas D.C., 2002, Influence of Clinoptilolite and Compost on Soil Properties. *Commun. Soil Sci. Plant Analysis*, **33**, 3-4, 595-607.
- Giusquiani P.L., Pagliai M., Gliotti G., Businelli D. & Benetti A., 1995, Urban waste compost: effects on physical, chemical, and biochemical soil properties. *J. Environ. Qual.*, **24**, 175-182.
- Haynes R. J. and Naidu R., 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, **51**, 123-137.
- Hien E., 2004, *Dynamique du carbone dans un acrisol ferrugineux du Centre Ouest du Burkina: influence des pratiques culturales sur le stock et la qualité de la matière organique*. Thèse de doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, 101p.
- Hien E., Kabore W.T., Masse D. & Dugue P., 2010, Sustainable farming systems in the sub-Saharan zone of Burkina Faso: key factors. *Sustain. Debate*, **1**, 127-140.
- Hottin G. & Ouédraogo O.F., 1992, *Carte géologique du Burkina Faso*. Echelle 1/1000 000e - 2^e édition. BUMIGEB, Ouagadougou.
- Huber G. & Schaub C., 2011, *La fertilité des sols: l'importance de la matière organique*. Guide des amendements organiques. Service Environnement-Innovation BAS-RHIN https://www.doc-developpement-durable.org/file/Fertilisation-des-Terres-et-des-Sols/compostage/Guide_des_amendements_organiques_CA67.pdf
- INERA, 1995, *Plan stratégique de la recherche scientifique: Gestion des ressources naturelles / systèmes de production*. INERA, Ouagadougou, Burkina Faso.
- Kahle P. & Belau L., 1998, Model experiments testing the effects of biowaste compost in agriculture. OT: Modellversuche zur Prüfung der Verwertungsmöglichkeiten von Bioabfallkompost in der Landwirtschaft. *Agr. Res.*, **51**, 193-200.
- Kahle P., Belau L. & Boelcke B., 2002. Effects of 10 years of Miscanthus cultivation on different properties of mineral soil in North-east. *J. Agron. Crop Sci.*, **188**, 43-50.
- Kamara A.Y., Kwari J.D., Ekeleme F., Omoigui L. and Albaidoo R., 2008. Effect of phosphorus application and soybean cultivar on grain and dry matter yield of subsequent maize in the tropical savanna of northeastern Nigeria. *Afr. J. Biotech.*, **7**, 2593-2599.
- Knapp C.W., Dolfing J., Ehler P.A.I. & Graham D.W., 2010, Evidence of increasing antibiotic resistance gene abundances in archived soils since 1940. *Environ. Sci. Technol.*, **44**, 580-587.

24. Konate A., 2008, *État des lieux des filières de valorisation des déchets solides dans la commune de Ouagadougou*, Institut de Génie de l'Environnement et du Développement durable, mémoire Master II, 85 p.
25. Kostandini G., La Rovere R. & Zhe G., 2015, *Ex-ante welfare analysis of technological change: the case of nitrogen efficient maize for African soils*. *Can. J. Agri. Econ.*, **64**, 1, 147-168.
26. Lal R., 1987, *Tropical ecology and physical edaphology*. John Wiley & Sons, Chichester. 744 p. ISBN 0-471-90815-0.
27. Larbi M., 2006, *Influence de la qualité des composts et de leurs extraits sur la protection des plantes contre les maladies fongiques*. Thèse/Faculté des Sciences/Université de Neuchâtel/Institut de Botanique (Laboratoire sol et végétation). 161 p.
28. Mulaji K.C., 2011, *Utilisation des composts de biodéchets ménagers pour l'amélioration de la fertilité des sols acides de la Province de Kinshasa (Rép. Dém. du Congo)*. Thèse de Doctorat. Gembloux, Belgique, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech., 172 p.
29. Müller A.K., Westergaard K., Christensen S. & Sorensen S. J., 2001, The effect of longterm mercury pollution on the soil microbial community. *FEMS Microbiol. Ecol.*, **36**, 11-19.
30. NFEN 13037, February 2012. *Soil amendments and growing support - Determination of pH* (Classification index: U44-308).
31. Nuss E.T. & Tanumihardjo S.A., 2011, Quality Protein Maize for Africa: Closing the protein inadequacy gap in vulnerable populations. *Adv. Nutr.*, **2**, 217-224.
32. Nygren A., 2000, Development discourses and peasant-forest relations: Natural resource utilization as a social process. *Dev. Change*, **31**, 1, 11-34.
33. Pansu M. & Gautheyrou J., 2003, *L'analyse du sol: minéralogique, organique et minéral*; ISBN: 2 287 59774 3, 993 p.
34. Ranjard L., Nazaret S., Gourbiere F., Thioulouse J., Linet P. & Richaume A., 2000, A soil microscale study to reveal the heterogeneity of Hg (II) impact on indigenous bacteria by quantification of adapted phenotypes and analysis of community DNA fingerprints. *FEMS Microbiol. Ecol.*, **31**, 107-115.
35. INSD, 2008. *Recensement général de la population et de l'habitation de 2006 du Burkina Faso - Résultats Définitifs*. MEF/CNR/BCR. 52 p.
36. Gbinlo R., 2010, *Organisation et financement de la gestion des déchets ménagers dans les villes de l'Afrique Subsaharienne: le cas de la ville de Cotonou au Bénin*. Economies et finances. Université d'Orléans, France, 212 p.
37. Sawadogo K., Djebre S. & Kissou R., 2006, *Revue scientifique sur l'état de la dégradation des terres au Burkina Faso*. Rapport: Étude réalisée dans le cadre du programme de gestion durable des terres, 50 p.
38. Schachtman D.P., Reid R.J. & Ayling S.M., 1998, Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. *Plant Physiol.*, **116**, 447-453.
39. Segura R., Arancibia V., Zuniga M. & Pasten P., 2006, Distribution of copper, zinc, lead and cadmium concentrations in stream sediments from the Mapocho River in Santiago, Chile. *J. Geochem. Explor.*, **91**, 71-80.
40. Sérémé A., Mey P. & Zombré N.P., 1998, Composition et qualité du lombricompost des ordures ménagères de la ville de Ouagadougou. *Sci. Techn. Sci. Nat.*, **23**, 1, 38-43.
41. Smale M., Byerlee D. & Jayne T., 2011, *Maize revolution in sub-Saharan Africa. Policy Research Working Paper 5659*. Egerton University/WPS 40-Tegemeo Institute of Agricultural Policy & Development.
42. SP/CONEDD., 2006, *Revue scientifique sur l'état de la dégradation des sols du Burkina Faso*. Étude réalisée dans le cadre du programme de gestion durable des terres, 106 p.
43. Wang X., Wang F., Chen B., Sun F., He W., Wen D., Liu X. & Wang Q., 2012, Comparing the health risk of toxic metals through vegetable consumption between industrial polluted and non-polluted fields in Shaoguan, south China. *J. Food Agr. Environ.*, **10**, 2, 943-948.
44. Wuana R.A. & Okieimen F.E., 2011, Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation. *Int. J. Mol. Sci.*, **14**, 10197-10228;
45. Youenou B., Hien E., Deredjian A., Brothier E., Favre-bonté S. & Nazaret S., 2016. Impact of untreated urban waste on the prevalence and antibiotic resistance profiles of human opportunistic pathogens in agricultural soils from Burkina Faso. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, **23**, 25299-25311.
46. Yu H. & Huang G.H., 2009, Effects of sodium acetate as a pH control amendment on the composting of food waste. *Bioresour. Technol.*, **100**, 2005-2011.

P.S. Bouda, Burkinabe, PhD Student, Université Ouaga1 Pr Joseph KI-ZERBO, UFR /SVT, Ouagadougou, Burkina Faso; Université Ouaga 1 Pr Joseph KI-ZERBO, Ecole Doctorale Sciences et Technologies, Laboratoire de Microbiologie et de Biotechnologie Microbienne, Ouagadougou, Burkina Faso.

E. Hien, Burkinabé, PhD, Professor titulaire, Université Ouaga1 Pr Joseph KI-ZERBO, UFR /SVT, Ouagadougou, Burkina Faso; LMI-IESOL, UMR Eco&Sols, IRD, Centre de Ouagadougou, Ouagadougou, Burkina Faso.

D. Some, Burkinabe, PhD, Maître Assistant, Université Ouaga1 Pr Joseph KI-ZERBO, UFR /SVT, Ouagadougou, Burkina Faso; LMI-IESOL, UMR Eco&Sols, IRD, Centre de Ouagadougou, Ouagadougou, Burkina Faso.

Y. Maiga, Burkinabe, PhD, Maître Assistant, Université Ouaga1 Pr Joseph KI-ZERBO, UFR /SVT, Ouagadougou, Burkina Faso; Université Ouaga 1 Pr Joseph KI-ZERBO, Ecole Doctorale Sciences et Technologies, Laboratoire de Microbiologie et de Biotechnologie Microbienne, Ouagadougou, Burkina Faso.

H. Kambire, Burkinabe, PhD Student, Chargé de Recherche, Institut de l'Environnement et Recherches Agricoles, Ouagadougou, Burkina Faso.

A. Dioma, Burkinabe, Msc Student, Université Ouaga 1 Pr Joseph KI-ZERBO, Ecole Doctorale Sciences et Technologies, Laboratoire de Microbiologie et de Biotechnologie Microbienne, Ouagadougou, Burkina Faso.

S. Nazaret, French, PhD, Assistant Professor, Université Claude Bernard, UMR CNRS Ecologie Microbienne, Lyon I - France.

A.S. Ouattara, Burkinabé, PhD, Professor titulaire, Burkinabé, Université Ouaga1 Pr Joseph KI-ZERBO, UFR /SVT, Ouagadougou, Burkina Faso; Université Ouaga 1 Pr Joseph KI-ZERBO, Ecole Doctorale Sciences et Technologies, Laboratoire de Microbiologie et de Biotechnologie Microbienne, Ouagadougou, Burkina Faso.

Evaluación comparativa de la prueba de fluorescencia polarizada como diagnóstico confirmatorio de la brucelosis bovina en la provincia del Carchi, Ecuador

E.M. Ibarra Rosero*, H.R. Benavides Rosales, D.N. Játiva Cortez, P.H. González Chavisnan, Y.L. Fuertes Cevallos

Keywords: Brucellosis- Cattle- cELISA- Fluorescence- Ecuador

Resumen

El presente estudio, se realizó con la finalidad de evaluar comparativamente la prueba de Fluorescencia Polarizada (FPA) como prueba confirmatoria para la brucelosis bovina en la provincia del Carchi - Ecuador, comparándola con una prueba inmuno-enzimática competitiva (cELISA), prueba prescrita para el diagnóstico confirmatorio en el Programa Nacional de Control de la brucelosis bovina en el Ecuador. El estudio se llevó a cabo en la provincia del Carchi localizada al norte de Ecuador en muestras de suero sanguíneo ($n=1000$) obtenidas de bovinos hembras mayores de más de 2 años de edad con estatus sanitario y de vacunación desconocido, pertenecientes a 94 Unidades Productivas Agropecuarias (UPAs). Los sueros fueron analizados a través de la prueba Rosa de Bengala (RB). Los resultados positivos fueron confirmados a través de una prueba cELISA, y comparados con los resultados de la FPA considerando como punto de corte para esta última ≥ 89.9 mP. Mediante distribución de frecuencias se determinó que del total de muestras analizadas con RB ($n=1000$), 94 fueron positivas. De estas muestras positivas 77 se confirmaron como positivas tanto a cELISA como a FPA. Además 11 muestras que fueron positivas a RB y cELISA resultaron negativas a FPA. Asimismo 6 muestras positivas a RB fueron clasificadas como negativas tanto a cELISA como a FPA. Para el análisis de concordancia se utilizó el coeficiente Kappa que permitió observar que existe una moderada concordancia entre la prueba cELISA y la FPA con un índice de 0,472 (IC 95% 0.179-0.765) entre las dos pruebas.

Summary

Comparative Evaluation of Fluorescence Polarization Assay as Confirmatory Diagnosis of Bovine Brucellosis in the Carchi Province, Ecuador

The present study was performed to evaluate and compare the Fluorescence Polarization Assay (FPA) as a confirmatory test for bovine brucellosis in the province of Carchi - Ecuador, comparing it with a immuno-enzymatic assay cELISA which is a test prescribed as confirmatory diagnosis in the National Bovine Brucellosis Control Program for Ecuador. The study was carried out in the province of Carchi, which is located in the north of Ecuador in blood serum samples ($n= 1000$) obtained from female bovines older than 2 years with unknown health status and vaccination, belonging to 94 Agricultural Production Units. The serum was analyzed by the Rose Bengal test (RB) and the positive results were confirmed through cELISA, and then compared with the FPA considering as cutoff ≥ 89.9 mP. Of the total samples analyzed with RB, 94 were positive. Of these positive samples 77 were confirmed for both cELISA and FPA. In addition, 11 samples that were positive for RB and cELISA were negative for FPA. Likewise, 6 samples positive for RB were classified as negative for both cELISA and FPA. The concordance analysis showed that there is a moderate concordance between the cELISA and the FPA with an index of 0.472 (95% CI 0.179-0.765) between the two tests.

¹State Polytechnic University of Carchi - School of Agricultural and Livestock Science (Tulcàn - Ecuador).

*Corresponding Author: Email: marcelo.ibarra@upec.edu.ec

Received on 23.03.17 and accepted for publication on 31.01.18

Introducción

La brucelosis es una enfermedad infecciosa de distribución mundial ocasionada por bacterias del género *brucella*, que afecta a las ganaderías desde el punto de vista productivo y reproductivo, en donde su signo característico es el aborto en hembras, y la orquitis y epididimitis en machos (25). Además al ser una zoonosis tiene consecuencias desde el punto de vista de salud pública (1).

Económicamente para América Latina la brucelosis bovina ocasiona pérdidas de sobre los 600 millones de dólares al año (1), mientras que la brucelosis humana causa pérdidas económicas que en Argentina fueron estimadas en 24 millones de dólares al año según García (4).

La importancia productiva, reproductiva y de salud pública que ocasiona la brucelosis a nivel mundial ha llevado a que ésta haya sido controlada y erradicada en muchas partes del mundo, pero permanece endémica en otros; como es el caso del Ecuador el mismo que en el año 1999 fue dividido en regiones epidemiológicas en función a la prevalencia de la enfermedad quedando: región de alta prevalencia con valores de 4% a 10.62%, provincias de la costa y sierra norte; regiones de baja prevalencia con valores de 1.2% y 2.6%, provincias de la sierra sur y amazonia; y Región libre de la enfermedad las Islas Galápagos (10).

Bajo esta realidad en el año 2009 el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), a través de la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD) implemento el Programa Nacional de Control de la brucelosis bovina, el mismo que tiene como estrategias: la sociabilización del problema, la vacunación masiva, diagnóstico e identificación de animales positivos, sacrificio de reactores positivos, y vigilancia epidemiológica (11).

Uno de los principales objetivos de las estrategias de control y erradicación de la brucelosis bovina a nivel mundial ha sido la identificación de animales reactores positivos, mediante el uso de pruebas diagnósticas. Para el caso de la brucelosis existen numerosas pruebas serológicas, sin embargo la aplicación de una sola prueba no sería apropiada para el diagnóstico, ya que se producen reacciones falso positivas por reacciones cruzadas por bacterias que comparten el mismo epítipo de *brucella* o por vacunación como es el caso de la brucelosis bovina cuando se vacuna con S19 (3, 13, 21); o también reacciones falso negativas por el uso de pruebas de baja sensibilidad, infecciones tempranas o tardías, así como también de problemas durante el muestreo, por ello la Organización Internacional de Sanidad Animal (OIE) recomienda al menos dos pruebas serológicas para la identificación de animales seropositivos, una como tamizaje y otra como confirmatoria. Para el caso del Ecuador de manera

operativa ésta estrategia se realiza mediante la prueba Rosa de Bengala (RB) y la prueba de ELISA competitivo (cELISA) como prueba confirmatoria (11). La prueba de cELISA ha sido usada ampliamente para el diagnóstico confirmatorio de la brucelosis bovina, ya que es una prueba que tiene la capacidad de distinguir entre animales vacunados de aquellos naturalmente infectados (3). Su principio se basa en el uso de un anticuerpo monoclonal específico para uno de los epítipes (Lipopolisacárido O) de *Brucella* sp. para competir con el anticuerpo presente en el suero problema. Esta prueba presenta características de sensibilidad y especificidad de 97.5-100 % y 9.7-99.8 %, respectivamente (18, 22) pero presenta el inconveniente que es una prueba que requiere una serie de equipos, reactivos y experticia técnica para su desarrollo (12).

La prueba de fluorescencia polarizada (FPA) es una prueba homogénea de unión primaria que se fundamenta en la emisión de luz polarizada en función al tamaño de las moléculas en rotación, en donde dicho tamaño depende de la habilidad del anticuerpo de reaccionar con el antígeno, que utiliza una molécula reveladora (fluoresceína), Nielsen *et al.* (17) además que es una prueba simple y que puede ser realizada prácticamente en cualquier lugar, ya que no requiere pasos repetitivos ni lavados como otras pruebas de unión primaria (17). De igual forma que cELISA es una prueba que permite discriminar animales vacunados con S19 de aquellos naturalmente infectados (3), además que es una prueba que presenta características de sensibilidad y especificidad de 98.70% y 99,80% respectivamente (23).

El presente estudio, se realizó con la finalidad de evaluar comparativamente el FPA como prueba diagnóstica confirmatoria para la brucelosis bovina, ya que ésta es una prueba que presenta buenas características de sensibilidad y especificidad, así como también que es una prueba simple, a diferencia de la prueba cELISA, que es una prueba que igual que le FPA presenta buenas características de sensibilidad y especificidad, pero que requiere una serie de equipos, reactivos y experticia técnica para su desarrollo, y que actualmente es usada para el diagnóstico confirmatorio de la brucelosis. Además que para el caso del Ecuador se han reportado pocos estudios del uso de FPA para el diagnóstico de esta importante zoonosis. La presente investigación se realizó en la provincia del Carchi - Ecuador, ubicada en la sierra norte del Ecuador, considerada una provincia con aptitud ganadera ya que concentra el 8.74% del total de ganado lechero de la Sierra (5), bajo un sistema de manejo extensivo, y que además fue ubicada en una región de alta prevalencia para brucelosis con valores que van de 1.97 a 10.62% por el MAG-SESA (10). Desde el punto epidemiológico de la brucelosis se debe considerar que Carchi es

una provincia de frontera con el sur Colombia, en donde la brucelosis bovina también es endémica, y que al igual que el Ecuador tiene un programa implementado de control y erradicación de brucelosis bovina y bufalina, regulado por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en la provincia del Carchi, localizada al norte de Ecuador, considerada como una zona de alta prevalencia de brucelosis bovina (10), en muestras de suero sanguíneo ($n=1000$) obtenidas de bovinos hembra, mayores a dos años, con estatus sanitario y de vacunación desconocido, pertenecientes a 94 Unidades Productivas Agropecuarias (UPAs).

El suero fue analizado siguiendo el proceso del Programa Nacional de Control de la brucelosis bovina del Ecuador (11) a través de la prueba Rosa de Bengala (RB) como prueba tamiz, y confirmada a través de una prueba inmuno enzimática competitiva (cELISA), que sirvió para evaluar y compararla con la prueba de fluorescencia polarizada (FPA) motivo de estudio. La prueba RB y FPA fueron realizadas en el laboratorio de diagnóstico veterinario de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC), mientras que cELISA se realizó en un laboratorio externo certificado por AGROCALIDAD para el diagnóstico de brucelosis.

RB

La prueba Rosa de Bengala fue realizada según la técnica descrita por la OIE (21). El antígeno utilizado es una suspensión bacteriana de *Brucella* coloreada con rosa de bengala, distribuido en Ecuador por la casa Livexlab (lote 101). El antígeno y los sueros fueron puestos a temperatura ambiente por un lapso de 60 minutos, previo su uso. A continuación 30 μ l del suero a investigar fue colocado en una placa de vidrio, a lo cual se agregó 30 μ l del antígeno, y mezcló. La placa fue homogenizada durante 4 minutos a temperatura ambiente, para luego proceder a la lectura. La interpretación de resultados fue: resultados positivos cuando exista la presencia de aglutinación y negativo sin aglutinación..

cELISA

La prueba inmuno enzimática competitiva (cELISA) fue realizada por un laboratorio externo, que utiliza el Kit comercial "SVANOVIR® *Brucella*-Ab C-ELISA" de la casa SVANOVA, y que al ser un análisis confirmatorio realiza el diagnóstico en duplicado. Para la interpretación de resultados se consideró el porcentaje de inhibición (PI), obtenido mediante la substracción de 100 para la división del promedio de densidades ópticas (DO) de las muestras con la DO del conjugado, y su interpretación se realizó con un punto de corte ≥ 30 % de inhibición.

FPA

La prueba de fluorescencia polarizada se realizó según las especificaciones del Kit comercial "Brucella Antibody Test Kit FPA" de la casa Ellie (Lote B1001). El kit FPA utiliza un extracto de polisacárido-O (OPS) de la bacteria *Brucella abortus* conjugado con fluoresceína. Los sueros y controles (20 μ l) fueron colocados dentro de tubos de boro-silicato más un diluyente (1 ml) e incubado por tres minutos a temperatura ambiente para realizar una lectura blanca de todas las muestras y controles. Luego se adicionó 10 μ l del antígeno con fluoresceína en todos los tubos, seguida de una incubación por tres minutos a temperatura ambiente, para luego repetir la lectura y obtener los valores de mili-polarización (mP) de todas las muestras y controles. La interpretación de resultados se realizó considerando un punto de corte de ≥ 89.9 mP (6).

La evaluación comparativa de las pruebas FPA y cELISA se realizó mediante distribución de frecuencias, y también mediante el coeficiente Kappa, considerando un intervalo de confianza (IC) de 95%, que permite definir la concordancia entre las dos observaciones. El coeficiente Kappa puede tomar valores entre -1 y +1, mientras más cercano a +1, mayor es el grado de concordancia, mientras más cercano a -1, menor es el grado de concordancia. Un valor de $k=0$ refleja que la concordancia es atribuida al azar (9).

Para la interpretación de resultados de manera cualitativa se utilizó la tabla propuesta por Landis y Koch (8) para expresar la fuerza de concordancia en función al coeficiente Kappa obtenido, como lo muestra la tabla 1.

Tabla 1
Interpretación de resultados cualitativos del coeficiente Kappa.

Coefficiente Kappa	Fuerza de Concordancia
0,00	Pobre
0,01 - 0,20	Leve
0,21 - 0,40	Aceptable
0,41 - 0,60	Moderada
0,61 - 0,80	Considerable
0,81 - 1,00	Casi perfecta

Resultados

Del total de muestras de suero sanguíneo (n=1000) analizadas a través de la prueba Rosa de Bengala (RB) se obtuvieron un total de 94 (9,4%) muestras positivas, pertenecientes a 18 UPAs (19.15%), mismas que fueron confirmados a través de una prueba inmuno enzimática competitiva (cELISA), y luego sometidas a la prueba de fluorescencia polarizada (FPA), motivo del presente estudio. Para la evaluación comparativa de FPA se consideró únicamente las muestras positivas a RB (n=94) ya que bajo esta modalidad funciona el Programa Nacional de Control de la brucelosis bovina (11) en el Ecuador.

De las 94 muestras positivas (Tabla 2) a la prueba Rosa de Bengala (RB), se confirmaron como positivas 77 muestras tanto para cELISA como para FPA. Además 11 muestras que fueron positivas a RB y cELISA resultaron negativas a FPA. Asimismo 6 muestras positivas a RB fueron clasificadas como negativas tanto a cELISA como a FPA. No se presentaron resultados positivos a RB y FPA y negativos a cELISA.

Setenta y siete muestras positivas tanto a cELISA como a FPA en los valores en función al punto de corte se puede observar que las observaciones cumplieron el punto de corte establecido para cada una de las pruebas, siendo para la prueba cELISA $\geq 30\%$ de inhibición, y para la prueba FPA ≥ 89.9 mP, como indica la tabla 3.

De las 6 muestras negativas tanto a cELISA como a FPA en los valores en función al punto de corte se puede observar que las observaciones presentaron valores por debajo del punto de corte establecido para cada una de las pruebas, siendo para la prueba cELISA $\geq 30\%$ de inhibición, y para la prueba FPA ≥ 89.9 mP, como indica la tabla 4.

Once muestras positivas a cELISA pero negativas a FPA en los valores en función al punto de corte se puede observar que las observaciones presentaron valores por debajo del punto de corte establecido

para la prueba FPA ≥ 89.9 mP, mientras que para la prueba cELISA mostraron valores $\geq 30\%$ de inhibición, establecido como punto de corte para cELISA, como indica la tabla 5.

Once muestras positivas a cELISA pero negativas a FPA en los valores en función al punto de corte se puede observar que las observaciones presentaron valores por debajo del punto de corte establecido para la prueba FPA ≥ 89.9 mP, mientras que para la prueba cELISA mostraron valores $\geq 30\%$ de inhibición, establecido como punto de corte para cELISA, como indica la tabla 5.

El análisis de concordancia de la prueba cELISA y FPA según el coeficiente de Kappa (Tabla 1) se puede observar que existe una moderada concordancia entre la prueba cELISA y el FPA con un índice de 0,472 con un intervalo de confianza (IC) de 95%, de 0.179-0.765.

Discusión

La prueba de cELISA ha sido prescrita por la OIE como diagnóstico confirmatorio de la brucelosis bovina a nivel internacional, sin embargo de acuerdo a Marcin Weiner et al. (12) esta es una prueba que a pesar de ser altamente específica, tiene el inconveniente de que requiere una serie de equipos, reactivos y experticia técnica.

De las 94 muestras positivas a la prueba Rosa de Bengala (RB), se confirmaron como positivas 77 muestras tanto para cELISA como para FPA. Esto atribuido a que las pruebas RB, cELISA, FPA tiene como fundamento la detección de inmunoglobulinas tipo IgG, a pesar que la prueba RB tiene como principio la aglutinación, mientras que el cELISA y FPA se basan en ensayos de unión primaria, tal como lo describe Gall y Nielsen (3).

De las 6 muestras positivas a RB pero clasificadas como negativas tanto a cELISA como a FPA, se puede atribuir a que la prueba Rosa de Bengala (RB) es una prueba altamente sensible, pero que tienen el inconveniente de dar resultados falsos positivos, atribuido a la presencia de anticuerpos vacunales de

Tabla 2
Resultado comparativo de las pruebas diagnósticas.

Pruebas Diagnósticas			Observaciones
RB	cELISA	FPA	
+	+	+	77
+	+	-	11
+	-	-	6
Total			94

RB: Prueba Rosa de Bengala; cELISA: Prueba ELISA competitivo;
FPA: Prueba de Fluorescencia Polarizada.

Tabla 3
Resultados positivos para cELISA y positivos para FPA en función a puntos de corte.

Nro. Observaciones	cELISA Positivo (%PI)	FPA Positivo (mP)	Nro. Observaciones	cELISA Positivo (%PI)	FPA Positivo (mP)	Nro. Observaciones	cELISA Positivo (%PI)	FPA Positivo (mP)
1	78,21	169,4	26	31,41	99,8	51	38,61	233,0
2	46,89	258,1	27	39,22	93,4	52	48,81	90,7
3	39,76	226,7	28	41,26	119	53	38,64	141,3
4	86,21	148,1	29	37,61	150,4	54	39,64	235,6
5	39,81	145	30	61,22	182	55	38,38	194,3
6	81,22	157,1	31	97,69	189,5	56	38,22	143,8
7	96,22	164,5	32	37,21	92,6	57	38,72	116,7
8	96,31	150,8	33	91,37	91,2	58	37,61	160,8
9	39,61	168,7	34	91,37	132,4	59	96,42	194,6
10	42,71	153,1	35	42,22	118,5	60	38,29	117,3
11	81,21	201,9	36	41,22	91,2	61	96,86	97,2
12	93,71	122,6	37	96,22	122,5	62	86,72	104,8
13	96,81	152,1	38	96,22	205,2	63	86,22	179,2
14	96,77	152,9	39	81,27	125,8	64	96,37	118,5
15	39,76	184,7	40	38,96	154,7	65	81,27	125,5
16	49,29	207,7	41	86,88	250,8	66	36,81	203,9
17	81,21	152,8	42	48,61	236,1	67	37,46	90,5
18	96,22	101,9	43	37,64	263,4	68	43,22	149,0
19	36,81	149,7	44	38,64	213,7	69	61,89	116,8
20	37,21	260,5	45	86,22	252,1	70	71,64	105,6
21	41,81	246,7	46	42,31	181,1	71	96,86	213,8
22	37,81	167,0	47	38,61	200,6	72	43,61	119,7
23	96,22	207,0	48	38,61	110,1	73	41,89	154,6
24	39,61	253,7	49	37,61	136,8	74	76,83	199,7
25	34,22	92,1	50	38,22	211,6	75	61,22	123,9
						76	96,21	252,1
						77	41,63	181,1

cELISA: Prueba ELISA competitivo; %PI: Porcentaje de inhibición; FPA: Prueba de Fluorescencia Polarizada; mP: mili-polarización.

Tabla 4
Resultados negativos para cELISA y negativos para FPA en función a puntos de corte.

Nro. Observaciones	cELISA Negativo (%PI)	FPA Negativo (mP)
1	29,72	83,0
2	29,81	89,4
3	21,22	70,8
4	19,36	84,0
5	29,41	84,2
6	29,98	39,9

cELISA: Prueba ELISA competitivo; %PI: Porcentaje de inhibición; FPA: Prueba de Fluorescencia Polarizada; mP: mili-polarización.

Tabla 5
Resultados positivos para cELISA y
negativos para FPA en función a puntos
de corte.

Nro. Observaciones	cELISA	FPA
	Positivo (%PI)	Negativo (mP)
1	37,6	89,7
2	37,8	83,8
3	38,2	87,2
4	37,8	85,4
5	42,4	73,3
6	39,2	75,8
7	36,2	67,5
8	41,4	88,4
9	31,6	86,9
10	31,6	84,4
11	31,6	88

cELISA: Prueba ELISA competitivo; %PI: Porcentaje de inhibición; FPA: Prueba de Fluorescencia Polarizada; mP: mili-polarización.

la vacuna S19, así como a reacciones cruzadas con otro tipo de bacterias que presentan como epitope dominante la cadena O del Lipopolisacárido, como lo menciona Nielsen (19). Esto denota la ventaja que tiene la prueba Rosa de Bengala (RB), para el diagnóstico tamiz de animales, por ser una prueba fácil y económica (19), así como también la necesidad de utilizar otra prueba diagnóstica más específica para el diagnóstico confirmatorio de brucelosis. Bajo esta realidad se pueden considerar como pruebas confirmatorias las pruebas cELISA y FPA que son pruebas altamente específicas, y permiten discriminar entre animales vacunados con S19 de aquellos naturalmente infectados (3, 13, 21). Las 11 muestras que fueron positivas a cELISA pero resultaron negativas a FPA. Esto imputado a que cELISA permite discriminar entre animales vacunados con S19 de aquellos infectados, pero estos resultados positivos se puede asociar a estados de vacunación previo el muestreo como lo menciona Nilesen et al. (15) o infecciones tempranas donde el cELISA presenta mejoras características de sensibilidad que el FPA, como lo describe Konstantinidis et al. (7).

La moderada concordancia entre la prueba cELISA y FPA, puede atribuirse al alto número de resultados negativos y al tamaño de la muestra de resultados positivos.

A pesar de ello es importante mencionar que considerando el resultado de los rangos del índice Kappa con un IC de 95% este puede llegar a valores 0,765, que se asemeja a estudios similares donde se comparan estas dos pruebas y se muestran valores de concordancia superiores a 0,81 denotando una concordancia casi perfecta, así como también la no existencia de diferencias estadísticas entre las dos pruebas, tal como lo demostraron Nicola et al. (14); Rojas et al. (24); y Nielsen et al. (20).

Conclusiones

Tomando como referencia los resultados presentados, así como resultados de otras investigaciones realizadas a nivel internacional la prueba de Fluorescencia Polarizada (FPA) puede ser considerada como prueba confirmatoria para el diagnóstico de brucelosis bovina en la provincia del Carchi-Ecuador, por ser una prueba simple y rápida, que puede ser realizada prácticamente en cualquier lugar.

Agradecimientos

Nosotros, agradecemos a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, por el aporte realizado para la consecución de este importante trabajo de investigación.

Referencias bibliograficas

1. Acha P. & Szyfres B. 2001. *Brucellosis*. In: *Zoonoses and Communicable Diseases Common to Man and Animals*. Pan American Health Organization, Editor. Washington, p. 40-65.
2. Dajer A., Luna-Martinez E., Zapata D., Villegas S., Gutierrez E., Peña G., Gurría F., Nielsen K. & Gall D., 1999, Evaluation of a fluorescence-polarization assay for the diagnosis of bovine brucellosis in Mexico. *Prev. Vet. Med.*, **40**, 67-73.
3. Gall D. & Nielsen K., 2004, Serological diagnosis of bovine brucellosis: a review of test performance and cost comparison. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, **23**, 3, 989-1002.
4. Garcia Carrillo C., 1990, Animal and Human Brucellosis in the Americas. *Office International des Epizooties. OIE*.
5. Gobierno Provincial del Carchi GPC, 2013, "Carchi-Prioridades para el Desarrollo - Agenda 2013-2020", GPC, Carchi, Ecuador.
6. Ibarra M., Benavides H., Salgado R., Gutiérrez M., García J., Peña J., Herrera D., Mina J., Campos M. & Puga B., 2017, Determining a Diagnostic Cut-Off on Fluorescence Polarization Assay (FPA) for Bovine Brucellosis in Carchi, Ecuador. *OJAS*, **7**, 425-432.
7. Konstantinidis A., Minas A., Pournaras S., Kansouzidou A., Papastergiu P., Maniatis A., Stathatis N. & Hadjichristodoulou C., 2007, Evaluation and comparison of fluorescence polarization assay with three of the currently used serological tests in diagnosis of human brucellosis. *E. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis.*, **26**, 715-721.
8. Landis J. & Koch G., 1977, The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, **33**, 159-74.
9. López de Ullibarri I, Pita S., 1999, Medidas de concordancia: el coeficiente kappa. *Cad. Aten. Primaria*, **6**, 169-71.
10. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria. MAG-SESA, 1999, *Prevención y control de la brucelosis bovina en Ecuador*, MAG-SESA, Ecuador.
11. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD), 2009, *Programa Nacional de Control de la brucelosis Bovina*, MAG-AGROCALIDAD, Ecuador.
12. Marcin Weiner, Wojciech Iwaniak, Jolanta Zlotnicka, and Krzysztof Szulowski. 2010, Diagnosis of bovine brucellosis using traditional serological techniques and fluorescence polarisation assay. *Bull. Vet. Inst. Pulawy.*, **54**, 485-488.
13. Muñoz C., Marín D., Monreal D., González B., Garin-Bastuji R., Díaz R., Mainar-Jaime I., Moriyón and Blasco J. M., 2005, Efficacy of Several Serological Tests and Antigens for Diagnosis of Bovine Brucellosis in the Presence of False-Positive Serological Results due to *Yersinia enterocolitica* O:9. *Clinical Diagnostic Laboratory Immunol.*, **12**, 1, 141-151.
14. Nicola AM., Elena S., Alonso B. & Esteves Madero J., 2010, Evaluation of the Fluorescence Polarization Assay (FPA) for Diagnosis of *Brucella melitensis* Infection of Goats in Argentina. *Sec. Biol. Med. Sci.*, **31**, 1, 133-143.
15. Nielsen K., Kelly L., Gall D., Nicoletti P., Kelly W., 1995, Improved competitive enzyme immunoassay for the diagnosis of bovine brucellosis. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, **46**, 285-291
16. Nielsen K., Gall D., Jolley M., Leishman G., Balsevicius S., Smith P., Nicoletti P. & Tho., 1996, A homogeneous fluorescence polarization assay for detection of antibody to *Brucella abortus*. *J. Immunol. Methods*, **195**, 161-168.
17. Nielsen K., Gall D., Lin M. & Massangill C., 1998, Diagnosis of bovine brucellosis using a homogeneous fluorescence polarization assay. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, **66**, 3 21-329.
18. Nielsen K. & Gall D., 2001, Fluorescence polarization assay for the diagnosis of brucellosis: A review. *J. Immunoassay Immunochem.*, **22**, 183-201.
19. Nielsen K., 2002, Diagnosis of brucellosis by serology. *Vet. Microbiology*, **90**, 447-459.
20. Nielsen K., Gall D., Bermudez R., Renteria T., Moreno F., Corral A., Monroy O., Monge F. & Smith P., 2002, Field Trial of the Brucellosis Fluorescence Polarization Assay. *J. Immunoassay Immunochem.*, **23**, 3, 307-316.
21. Organización Mundial de Sanidad Animal. OIE. Chapter 2.1.4 .Brucellosis (*Brucella abortus*, *B. melitensis*, *B. suis*) [Internet]. París – Francia. OIE [update 2016 may; cited 2016 sep]. Available from: http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/2.01.04_BRUCELLOSIS.pdf
22. Perrett L., McGiven J., Brew S. & Stack J., 2010, Evaluation of Competitive ELISA for Detection of Antibodies to Brucella Infection in Domestic Animals. *CMJ*, **51**, 314-319.
23. Praud A., Durán-Ferrer M., Fretin D., Jaý M., O'Connor M., Stournara A., Tittarelli M., Travassos Dias I. & Garin-Bastuji B., 2016, Evaluation of three competitive ELISAs and a fluorescence polarisation assay for the diagnosis of bovine brucellosis. *Vet. J.*, **216**, 38-44.
24. Rojas X., Muñoz S., Otto B., Pérez B. & Nielsen K., 2014, Utilización de los test de Fluorescencia Polarizada (FP) y ELISA de Competencia (cELISA) en el diagnóstico de brucelosis de camélidos. *Arch. Med. Vet.*, **36**, 1.
25. Spickler, A., 2009. Brucellosis. Factsheet, *The Health Center for Food Security and Public Health*. URL <http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/pdfs/brucellosis.pdf>
- Smale M., Byerlee D. and Jayne T., 2011. Maize revolution in sub-Saharan Africa. Policy Research Working Paper 5659. Egerton University / WPS 40 - © Tegemeo Institute of Agricultural Policy & Development
26. SP/CONEDD., 2006. *Revue scientifique sur l'état de la dégradation des sols du Burkina Faso*. Étude réalisée dans le cadre du programme de gestion durable des terres, 106 p.
27. Wang X., Wang F., Chen B., Sun F., He W., Wen D., Liu X. and Wang Q., 2012. Comparing the health risk of toxic metals through vegetable consumption between industrial polluted and non-polluted fields in Shaoguan, south China. *J. Food Agr. Environ.*, **10**, 2, 943-948.
28. Wuana R.A. & Okieimen F.E., 2011, Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation. *Int. J. Mol. Sci.*, **14**, 10197-10228.

45. Youenou B., Hien E., Deredjian A., Brothier E., Favre-bonté S. and Nazaret S., 2016. Impact of untreated urban waste on the prevalence and antibiotic resistance profiles of human opportunistic pathogens in agricultural soils from Burkina Faso. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, **23**, 25299-25311.
46. Yu H. and Huang G.H., 2009. Effects of sodium acetate as a pH control amendment on the composting of food waste. *Bioresour. Technol.*, **100**, 2005-2011.

E.M. Ibarra Rosero, Ecuadorian, Msc., Teacher and Researcher, State Polytechnic University of Carchi, Tulcán - Ecuador.

H.R. Benavides Rosales, Ecuadorian, PhD Candidate, Teacher and Researcher, State Polytechnic University of Carchi, Tulcán - Ecuador.

D.N. Játiva Cortez, Ecuadorian, Student and research assistant, State Polytechnic University of Carchi, Tulcán - Ecuador.

Y.L. Fuertes Cevallos, Ecuadorian, Student and research assistant, State Polytechnic University of Carchi, Tulcán - Ecuador.

P.H. González Chavisnan, Ecuadorian, Student and research assistant, State Polytechnic University of Carchi, Tulcán - Ecuador.

Réponse du sorgho aux placements profonds de différentes doses d'urée dans le système de culture de décrue à Yélimané, Mali

B. Traore^{1*}, K. Traore², A.B. Jens³, A. Coulibaly² & M. Famanta⁴

Keywords: Sorghum- Flood recession culture- Placement mode- Urea- Yélimané district- Mali

Résumé

Afin d'identifier les meilleures modalités de levée de la carence en azote enregistrée dans le système de culture de décrue du sorgho au niveau du cercle de Yélimané, un essai factoriel comparant l'effet de deux modes de placement (15 et 20 cm de profondeur) et de cinq doses d'urée (0, 10, 20, 30 et 40 kg.ha⁻¹) a été implanté en blocs dispersés en 2014 et 2015. Les résultats ont montré que les rendements des modes de placement étaient statistiquement équivalents tandis qu'il y avait une différence significative entre les rendements des années et entre les rendements des doses d'urée. Ces rendements ont augmenté linéairement en fonction de la dose d'urée appliquée. Avec la dose d'urée la plus élevée (40 kg/ha), le sorgho a produit 1.792 kg de grain.ha⁻¹ et 4.552 kg de paille.ha⁻¹. Les rendements du témoin étaient de 959 kg de grain et 3069 kg de paille/ha. La dose de 10 kg d'urée.ha⁻¹ a donné le meilleur bénéfice brut de 3.492 CFA.kg⁻¹ d'engrais, la meilleure utilisation efficiente de l'engrais de 31,6 et le plus grand rapport valeur sur coût de 12,6.

Summary

Sorghum Response to Deep Placement of Different Urea Doses in the Flood Recession Cropping System in Yélimané, Mali

In order to identify the best ways of lifting nitrogen deficiency recorded in the flood recession sorghum cropping system in the district of Yélimané in Mali, a factorial experiment comparing the effect of two modes of placement (15 and 20 cm depth) and five doses of urea (0, 10, 20, 30 and 40 kg.ha⁻¹) was carried out in a dispersed blocks design during the years 2014 and 2015. Results showed that the yields of placement mode were statistically, while equivalent there was a significant difference between yields of years and yields of doses of urea. These yields have linearly increased according to the applied urea doses. With the highest urea dose (40 kg/ha) sorghum produced 1,792 kg of grain/ha and 4,552 kg of straw/ha. Control yields were 959 kg of grain and 3,069 kg of straw/ha. The dose of 10 kg of urea/ha produced the best gross benefit of 3,492 CFA.kg⁻¹ of fertilizer, the best fertilizer efficiency use of 31,6 and the highest ratio value/cost of 12,6.

¹Institut d'Economie Rural, Centre Régional de Recherche Agronomique de Gao, Gao, Mali.

²Centre Régional de Recherche Agronomique de Centre Régional de Recherche Agronomique de Sotuba, Bamako, Mali.

³Université des Sciences et de la vie, Aas, Norvège.

⁴Institut Polytechnique Rurale de Formation et de Recherche Appliquée de Katibougou, Katibougou, Mali.

*Auteur correspondant: Email: bouyatr1@gmail.com

Reçu le 27.07.17 et accepté pour publication le 31.01.18

Introduction

La dégradation des sols entraîne une baisse de productivité des cultures, spécialement dans des zones où les engrais ou les légumineuses ne sont pas utilisés (14). Dans les systèmes de culture de décrue, les sédiments déposés peuvent apporter des éléments nutritifs, cependant les rendements des cultures sont faibles (9). Les principales pertes en nutriments sont dues aux exportations des récoltes, à la lixiviation dans les horizons profonds des éléments mobiles et à l'érosion hydrique et éolienne. Les pertes par érosion et lixiviation affectent surtout les réserves en azote du sol (21).

Les études réalisées sur les sols de décrue à Yélimané ont montré que ces sols sont déficients en azote (18). Ce déficit constitue à moyen et à long terme un frein à la mise en œuvre d'une agriculture durable et à une production soutenue. L'azote est un des éléments nutritifs les plus importants pour le développement des plantes et de nombreuses études mettent en évidence un lien entre un apport adéquat de fertilisants azotés et un bon rendement chez les céréales (4, 15, 20).

La technique pratiquée par les producteurs de décrue dans le cercle de Yélimané est l'association de céréales (maïs, sorgho) et du niébé dans le même poquet. Le complément d'azote apporté par la légumineuse grâce cette pratique est cependant insuffisante pour satisfaire les besoins en azote de la céréale (17). Par ailleurs, le Placement Profond de l'Urée (PPU) a donné des résultats probants. Ainsi, il a été démontré que l'enfouissement profond de l'engrais (8-15 cm) limite les pertes d'azote par volatilisation ammoniacale (l'urée étant très sensible à ce phénomène) améliorant du coup, l'efficacité de la fertilisation azotée (2, 19, 22).

Les travaux réalisés sur le riz inondé ont montré qu'il réduit de 50% les besoins en apport d'urée et entraîne une augmentation de 15 à 75% du rendement en paddy (13,14).

La présente étude vise à identifier les meilleures modalités de levée de la carence en azote enregistrée dans le système de culture de décrue du sorgho au niveau du cercle de Yélimané en comparant les effets de cinq doses et de deux modes de placement de l'urée.

Méthodologies

Présentation du site d'étude

Les villages d'étude (Dougoubara, Fougou, Yaguiné et Gory) sont localisés dans le cercle de Yélimané au Nord- Est de la région de Kayes entre le 14° et le 16° Latitude Nord et les 10° et 12° Longitude ouest et lequel couvre une superficie d'environ 5.805 km² (10). La pluviométrie est irrégulière d'une année à l'autre et au cours de la même saison. La moyenne interannuelle varie de moins de 400 mm pour la partie nord du cercle à plus de 500 mm dans la partie sud.

Les sols sont assez diversifiés mais à dominance ferrugineuse, sableuse et pauvre sur les hauteurs, argileuse ou sablo-argileuse dans les vallées et les bas-fonds. Ces toposéquences caractéristiques influencent la conservation des eaux de pluies ainsi que l'érosion et le ruissellement qui sont souvent marqués (5). Le réseau hydrographique constitué principalement par les rivières Kolimbiné et Térékolé se caractérise par la présence de chapelets de zones d'épandage de crues séparées par des resserrements, qui favorisent en période de grandes crues les inondations et donc les cultures de décrue ainsi que les pâturages inondables et la pêche.

Matériel et méthodes

Le matériel végétal était constitué de la variété locale de sorgho «*Magalemen*» qui est la plus cultivée dans la zone. Un essai factoriel 2x5 (deux modes de placement x cinq doses d'urée) a été implanté en blocs dispersés. Le semis a été réalisé à raison de 20.000 poquets par ha (0,5 m entre les poquets et 1 m entre les lignes). Les modes de placement comportaient le placement de l'urée à la profondeur de semis (15 cm) et le placement de l'urée à 20 cm (5 cm en dessous de la profondeur de semis).

Les doses appliquées par poquet étaient: 0 g (0 kg.ha⁻¹), 0,5 g (10 kg.ha⁻¹), 1 g (20 kg.ha⁻¹), 1,5 g (30 kg.ha⁻¹) et 2 g (40 kg.ha⁻¹). Les trous de semis ont été faits à l'aide d'un bâton au bout pointu qu'on enfonçait dans le sol jusqu'à la profondeur de semis (15 cm). Les graines n'ont été ensuite mises dans le trou et recouvertes d'une fine couche de terre. Le démariage a été fait à raison de 2 plants.poquet⁻¹. Le premier sarclage et l'apport d'urée ont été effectués 10 jours après semis (au moment où les lignes de semis étaient visibles). Le second sarclage a été réalisé 15 jours après le premier sarclage.

Les grains issus des panicules récoltées après battage ont été pesés pour déterminer leur poids. Quant à la détermination du poids de la matière sèche, les plants ont été coupés au ras du sol, séchés au soleil durant 30 jours et pesés successivement jusqu'à l'obtention d'un poids constant. La balance numérique de terrain (QC passed) de 25 kg a été utilisée pour les pesées.

L'évaluation du ratio valeur sur coût et de l'efficacité de l'utilisation agronomique de l'engrais a été faite en utilisant:

- Le rendement grain obtenu par traitement.
- La valeur de production qui est égale au surplus de rendement multiplié par le prix du kilogramme de sorgho au marché à la récolte.
- Le coût de l'engrais appliqué par traitement extrapolé à l'hectare.
- Le gain par rapport au témoin (0 g/poquet).

L'efficacité agronomique du fertilisant est le rapport du surplus (de rendement obtenu par l'application de la quantité d'engrais) sur la quantité d'engrais appliquée par hectare (Equation I).

$$\text{Efficience} = \frac{\text{Surplus rdt (kg)}}{\text{Quantité d'engrais * ha}^1 \text{ (kg)}} \quad (\text{I})$$

Le Ratio Valeur sur Coût est le rapport de la valeur du surplus de rendement obtenu sur le coût de l'engrais appliqué pour obtenir ce surplus (Equation II).

$$\text{RCV} = \frac{\text{Prix du kg grain x surplus (kg)}}{\text{Prix du kg x kg engrais utilisé}} \quad (\text{II})$$

Le logiciel stat box a été utilisé pour l'analyse des données. L'analyse de la variance a été utilisée pour évaluer la performance agronomique des traitements. Le test de Newman-keuls a été utilisé pour la comparaison des moyennes.

Résultats

Rendements en grain et en paille

Il ressort de l'analyse de la variance des rendements en grain et en paille (Tableau 1) que les seules différences significatives observées concernaient la dose d'urée appliquée ($p < 0,001$) et l'année de culture ($p < 0,001$). Les figures 1 et 2 reprennent respectivement les rendements moyens en grain et en paille pour la comparaison des quatre doses d'engrais.

L'année 2015 a été la plus favorable tant pour la production moyenne de grain ($1565 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ en 2015

contre $1260 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ en 2014). En ce qui concerne l'effet de l'urée sur le rendement en grain, la comparaison des moyennes a permis de distinguer quatre groupes significativement différents.

Les traitements de $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ont donné le rendement le plus élevé ($1792 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) qui était de 87% supérieur à celui du témoin. Les rendements obtenus sur les parcelles ayant reçu 20 et 30 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ étaient statistiquement identiques avec respectivement $1.600 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ et $1.436 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Ces parcelles ont réalisé un gain moyen de 58% par rapport au témoin. Le rendement obtenu par l'apport de 10 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($1.275 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) s'est statistiquement démarqué des traitements impliquant l'application des doses plus élevées d'azote et du témoin ($959 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

La comparaison des moyennes du rendement en paille a fait ressortir trois groupes significativement différents. L'apport de $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ d'urée avec un rendement de $4.556 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ et de 30 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ produisant un rendement de $4.308 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ étaient statistiquement identiques avec une augmentation moyenne de 44% par rapport au témoin.

Le deuxième groupe était composé des parcelles ayant reçu 20 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($3.996 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) et le troisième groupe de celles ayant reçu 10 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($3.587 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) dépassant respectivement le témoin ($3.069 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) de 30 et de 17%.

Ratio valeur sur coût et l'efficacité de l'engrais

Le prix moyen d'un kilogramme grain de sorgho durant les deux années d'étude était de 120 CFA. Quant à l'engrais, il était de 300 CFA. kg^{-1} . Ces valeurs ont été utilisées dans le calcul des paramètres de rentabilité de différents traitements. Les résultats des deux années d'expérimentation ont montré que le gain de revenu brut par hectare réalisé

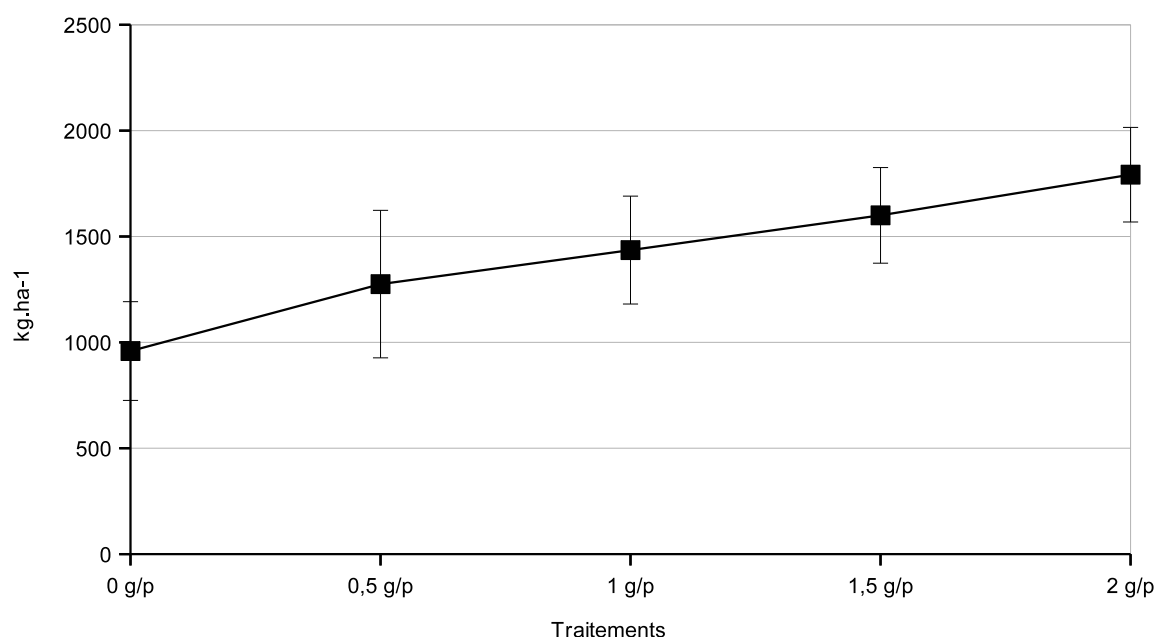


Figure 1: Evolution du rendement en grain en fonction des doses d'urée (Yélimané, valeurs moyennes pour les années 2014 et 2015).

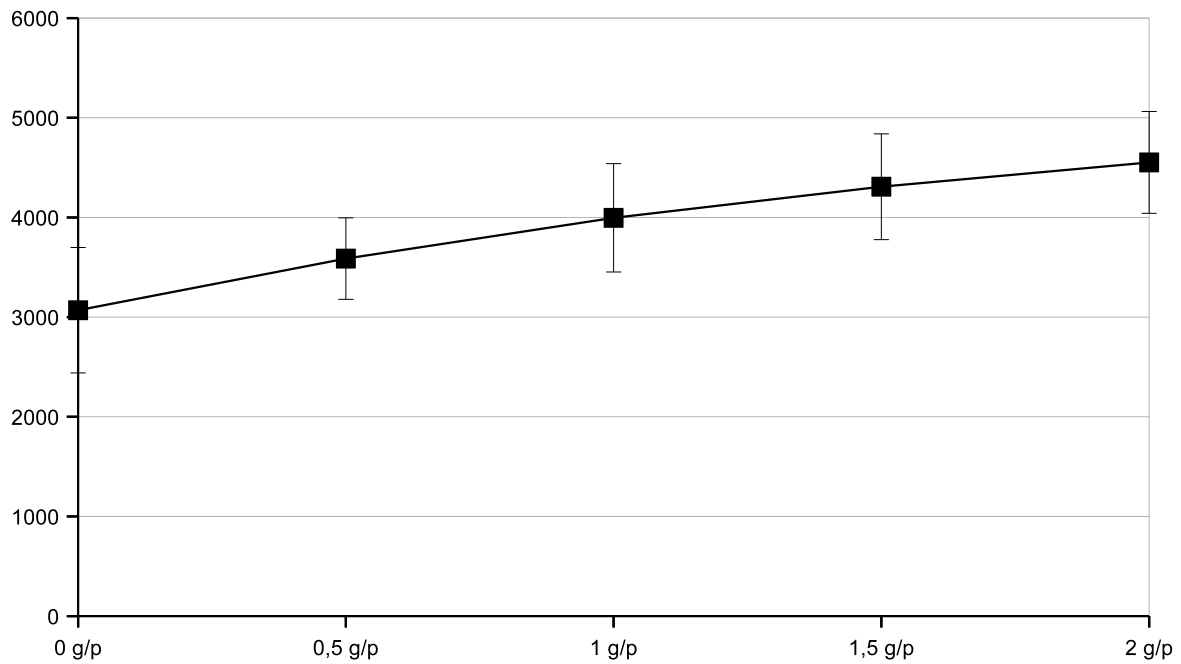


Figure 2: Evolution du rendement en paille en fonction des doses d'urée (Yélimané, valeurs moyennes pour les années 2014 et 2015).

Tableau 1

Analyse de la variance des résultats obtenus pour les rendements en grain et en paille au cours des deux années d'essai.

Variabes	ddl	Rendement en grain	Rendement en paille
Année	1	0,001	0,734
Placement	1	0,707	0,550
Doses d'urée	4	0,001	0,001
Année x Placement	1	0,620	0,782
Année x doses d'urée	4	0,218	0,691
Placement x doses d'urée	4	0,971	0,881
Année x Placement x Dose	4	0,888	0,964

ddl: degrés de liberté; Valeurs de P de l'Anova

Tableau 2

Ratio valeur sur cout et l'efficacité de l'application de doses croissantes d'urée sur le sorgho dans le système de décrue (Yélimané, valeur moyenne pour les années 2014-2015).

Trait	Rdt kg ha ⁻¹	Gain de rdt par rapport au témoin kg ha ⁻¹	Valeur du surplus de Rdt (FCFA)	Coût Intransit ha ⁻¹ (FCFA)	Gain ha ⁻¹ (FCFA)	Gain ha ⁻¹ (FCFA)	RVC	Eff
10 kg ha ⁻¹	1.275	316	37.920	3.000	34.920	3.492	12,6	31,6
20 kg ha ⁻¹	1.436	477	57.240	6.000	51.240	2.562	9,5	23,9
30 kg ha ⁻¹	1.600	641	76.920	9.000	67.920	2.265	8,5	21,3
40 kg ha ⁻¹	1.792	833	99.960	12.000	87.960	2.199	8,3	20,8

Trait= Traitement; Rdt=Rendement; Eff= Efficience, RVC: Ratio Valeur sur Coût.

par l'application de 40 kg.ha⁻¹ d'urée était le plus élevé (Tableau 2). Ce qui correspond par contre à un gain brut de 2.199 CFA par Kilogramme contre respectivement un gain de 2.265 CFA pour l'apport de 30 kg.ha⁻¹, 2.562 CFA pour l'application de 20 kg.ha⁻¹ et de 3.792 CFA pour les parcelles ayant reçu 10 kg.ha⁻¹ d'urée.

Cette supériorité de gain de revenu par hectare était de 150% comparée au témoin (sans engrais). L'efficacité agronomique du fertilisant variait entre 20,08 pour l'application de 40 kg.ha⁻¹ et 31,60 pour celle de 10 kg.ha⁻¹. Le Ratio valeur sur coût (RVC) obtenu était de 8,33 pour le traitement de 40 kg.ha⁻¹ et de 12,64 pour celui de 10 kg.ha⁻¹.

Discussion

La variabilité des rendements en grain entre les 2 années s'explique d'une part, par la différence pluviométrique annuelle et d'autre part, par l'ampleur des dégâts causés par les oiseaux. Dans la zone d'étude l'inondation des plaines (crue) est assurée par des eaux de pluie et de ruissellement provenant des collines. Le cumul pluviométrique de l'année 2015 (597 mm) était légèrement supérieur à celui de l'année 2014 (563 mm). Ce qui a pu favoriser l'occurrence d'un plus haut taux d'humidité résiduelle du sol lors de la croissance des plantes de sorgho. Selon la NEPAD (10) le déficit hydrique entre les plants a un effet négatif sur la taille des cellules épidermiques matures et influe aussi sur la longueur des épis qui joue un grand rôle dans la production grainière. En culture de décrue les dégâts d'oiseaux sont aussi importants et variables d'une année à l'autre. Ainsi, les dégâts occasionnés par les oiseaux ont été moindres en 2015 permettant un gain de 24% par rapport à l'année 2014. Ce qui corrobore les travaux de Noussourou *et al.* (11) qui rapportent que les oiseaux peuvent occasionner jusqu'à 86% de perte de rendement chez le sorgho. Les rendements en grain et en paille issus du placement de l'urée à 15 cm de profondeur ne différaient pas de ceux issus du placement à 20 cm (5 cm en dessous de la profondeur de semis). Cependant les résultats obtenus par Niane *et al.* (8) chez le maïs ont montré que le niveau de réponse des cultures est en étroite relation avec le mode d'apport de l'engrais. Sapin *et al.* (16) ont aussi mentionné que les rendements du sorgho de décrue peuvent atteindre 1.000 kg.ha⁻¹ si on apporte 8 g d'urée.poquet⁻¹ déposés dans un trou de 25 cm. Ces résultats diffèrent de ceux que nous avons obtenus sans doute à cause de la différence de profondeur d'enfouissement de l'engrais. Par contre L'application de l'urée a occasionné une augmentation linéaire des rendements en grain en fonction des différentes doses.

Un gain en grain de 32% par rapport au témoin a été obtenu pour les traitements ayant reçu 10 kg.ha⁻¹. Ceux des traitements de 20 kg.ha⁻¹ et de 30 kg.ha⁻¹ étaient respectivement de 49% et 66% et une augmentation de 86% a été obtenue pour les traitements de 40 kg.ha⁻¹. La même tendance a été observée sur le rendement en paille. Les gains en paille obtenus en comparaison avec le témoin étaient de 17% pour l'apport de 10 kg.ha⁻¹, 25% pour l'application de 20 kg.ha⁻¹, 31% pour l'application de 30 kg.ha⁻¹ et de 40% pour l'apport de 40 kg.ha⁻¹.

L'indice de récolte évoluait positivement en fonction de la dose d'urée. Il était de 20,4% pour les parcelles sans engrais; 22,5% et 23,1% respectivement pour les parcelles ayant reçu 10 et 20 kg.ha⁻¹ d'urée. Quant aux parcelles de 30 et 40 kg.ha⁻¹ d'urée, elles ont fourni un indice respectif de 23,8 et 24,4%.

Ces résultats montrent que l'application d'urée a eu des effets significatifs sur les rendements en grain et en paille. Ce qui est conforme aux résultats obtenus par Brassard (3) et Ziadi *et al.* (23). Le fait que le rendement augmente proportionnellement à la dose d'urée appliquée pour les plus hauts niveaux de celle-ci signifie qu'il existe encore une marge d'augmentation

de ce dernier si on appliquait des doses d'urée encore plus importantes.

Ce qui dénote la richesse des sols des sites d'expérimentation en certains éléments nutritifs tel que le phosphore (18) qui favorisent l'assimilation de l'azote par la plante (7). Il est à signaler que les surplus de production obtenus par l'application d'urée couvrent le coût brut de production et occasionnent des gains de revenus par hectare. Le RCV le plus élevé (21,24) a été observé avec l'application de 10 kg.ha⁻¹. Ce qui confirme les travaux de Aune *et al.* (1) qui rapporte qu'au Mali les RVC obtenus pour le sorgho en culture pluviale varient de 4% à 11,9% pour les traitements de 0,3 g de NPK.poquet⁻¹ et de 0,43% à 1,17% pour ceux de 0,6 g.poquet⁻¹ avec une moyenne égale à 9,0%.

Le RCV doit atteindre 4 au sahel pour limiter le risque financier d'application de l'engrais (6). Ainsi l'application de 10 kg.ha⁻¹ d'urée ayant un RVC de 21,06 est particulièrement avantageux pour les paysans démunis pratiquant la culture de décrue à cause du faible coût et du faible risque financier liés à l'application de cette dose d'urée.

Conclusion

Les résultats obtenus ont montré qu'il n'existe aucune différence entre l'urée placée à 15 cm de profondeur à côté des plants et celle placée à 20 cm c'est-à-dire 5 cm dessous de la profondeur normale de semis dans le système de décrue.

Cependant, les rendements en grain et en paille différent selon la dose d'azote apportée. Les parcelles de 10 kg.ha⁻¹ d'urée ont été les plus performantes en termes de gain de rendement par kg d'engrais appliqué et de RCV. L'augmentation du rendement par rapport au témoin (sans engrais) est de l'ordre de 316 kg.ha⁻¹ soit 33% avec un gain de 3792 CFA par kilogramme d'engrais.

Les différentes doses d'urée expérimentées dans cette étude sont toutes applicables avec un très faible risque financier. Toutefois, le placement de 10 kg.ha⁻¹ d'urée à 15 ou 20 cm de profondeur avec un RVC de 21,06 est une technologie éprouvée, à la fois peu coûteuse et facilement applicable.

A ce titre elle pourrait être recommandée pour les agriculteurs de sorgho de décrue de Yélimané à faible revenu et ceux des zones similaires à celle de Yelimane. Il serait intéressant par ailleurs de poursuivre l'expérimentation avec des niveaux plus élevés en vue de déterminer la dose d'urée économiquement la plus rentable pour les agriculteurs du système de décrue.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de cette étude. Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à la Direction Générale de l'Institut d'Economie Rurale (IER) du Mali qui n'a ménagé aucun effort pour la réussite de cette étude. Nos remerciements vont à l'endroit du gouvernement de la Norvège qui a mis à notre disposition les moyens nécessaires à la conduite des activités.

Références bibliographiques

1. Aune J, Doumbia, M. & Berthe, A., 2007, Microfertilizing sorghum and pearl millet in Mali Agronomic, economic and social feasibility. *Outlook Agr.*, **36**, 3,199-203
2. Bowen W.T., 2005. *Urea deep placement as an option for increasing nitrogen use efficiency*. Prepared for the Rice-Wheat Consortium Meeting. Dhaka, Bangladesh. 06 -08/02/05. 15p. Mémoire de maîtrise. Université Laval. 105 p.
3. Brassard M., 2007, *Développement d'outils diagnostiques de la nutrition azotée du maïs-grain pour une gestion optimale de l'engrais azoté*. Mémoire de maîtrise. Université Laval. 105p.
4. Cambouris A.N., Belec G., Tremblay N. & Nolin M.C., 2004, *Gestion environnementale de l'application d'azote dans les champs de maïs- grain et de blé panifiable à partir des caractéristiques des sols et des couverts végétaux*. Rapport d'étape. 44 p.
5. Couture L.J., 1996, Bilan et potentialités des aménagements hydro-agricoles en région septentrionale de Kayes (Mali): quelles leçons pour le développement rural régional? www.beep.ird.fr/collect/bre/index/assoc/HASHb236.../118-152-173.pdf
6. Koning, N., Heerink, N. and Kauffman, S. (1998). Integrated soil improvement and agricultural development in West Africa: why current policy approaches fail. Wageningen Economic Papers, <http://www.mansholt.wur.nl/NR/rdonlyres/3F889325-3926-446B-8057-B9DE946B84CD/66416/wep9.pdf>.
7. Leikam F.f., Murphy L.S., Kissel D.E., Whitney D.A., Mserh H.C., 1983, Effect of nitrogen and phosphorus chorus application and nitrogen source in winter wheat grand yield and leaf tissue phosphorus. *Soil. Sci. Amg.*, 530-535.
8. Niane B.A. & Anry G. F., 1987, Etude comparative de l'efficacité des différents modes d'application d'une fumure azotée sur maïs (*Zea mays L.*), *Rev. Sénégalaise Rech. Agri. Halio.*, **2**, 1 77-83.
9. Niangaly O 2002: *La culture du sorgho de décrue en Afrique de l'ouest et du centre. Situation actuelle et définition d'un Plan d'Action Régional*. Eds J. Comas et H. Gómez MacPherson, 145 p.
10. NEPAD, 2005, *Appui à la mise en œuvre du NEPAD-PDDAA TCP/MLI/2909 (I) (NEPAD Ref. 05/22 F); Programme National d'Investissement à Moyen Terme (PNIMT)*, Volume I de VII, 60 p.
11. Noussourou M., Traoré. K. & Traoré. B., 2014, *Rapport du comité de programme de la composante 03 du projet d'Adaptation de l'Agriculture et de l'Elevage au Changement Climatique (ACC)*, 60 p.
12. Onillon B. & Durand J.L., 1993, *Effets d'une contrainte hydrique ddaphique sur la croissance de la fétuque élevée soumise à différents niveaux de nutrition azotée. Etude à l'échelle foliaire et à celle du couvert végétal*. Travaux Universitaires, Thèse, 123 p.

13. Passandaran E., Gulton B., Adiringsih J., Aspari H. & Rochayati S., 1999, Government policy support for technology promotion and adoption: a case study of urea tablet technology in Indonesia. *Nutrient Cycling Agroeco.*, 53, 113-119.
14. Penning de Vries & Djitéye A.M, 1991, *La productivité des pâturages sahéliens: une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle* Éditeur: Wageningen: Centre for Agricultural Pub and Documentation, 1982. Base de données WorldC.
15. Sanogo L.J.Z., 1997, *Maitrise de l'azote dans un système cotonnier-sorgho: prévision de la fumure organique et azotée en zone Mali-Sud.* Montpellier, ENSAM, 117 p.
16. Sapin & Reynard, 1968, La culture de décrue du sorgho dans la vallée du fleuve Sénégal ; quelques techniques culturales simples pour son amélioration. *Agr. Trop.*, 23, 8, 864-871.
17. Sissoko M., Diarra Y., Maïga H. & Sanogo M., 2002, *Rapport final de la commission scientifique: Diagnostic des systèmes de production: caractérisation et fonctionnement des unités de production agricole (U P A) de la région de Kayes.* 40p.
18. Traoré K., Aune B.J. & Traoré B., 2016, Effect of organic manure to improve sorghum productivity in flood recession farming in Yélimané, Western Mali. *Am. Sci. Res. J. Eng., Techn., Sci.*, 223-251.
19. Traoré M., 2009: *Contribution de l'urée à solubilisation lente dans l'amélioration de l'efficacité azotée. Cas du périmètre irrigué de Bagré au Burkina Faso.* Mémoire d'ingénieur. Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 40 p.
20. Trembley, 2006: *Azote et maïs-grain, quelle est la dose optimale?* Le coopérateur agricole, mai-juin, 50-53
21. Veldkamp J.W. & Traoré A., 1990, Fertilité des sols au Mali sud et dans l'office du Niger et l'intégration des données analytiques du sol et de la plante: Tome 1: N -P-K-Ca-Mg-S-Al. 138 p.
22. Yameogo P.L., 2009, *Contribution des granules d'urée dans l'amélioration des rendements. Cas de la Vallée du Kou au Burkina Faso.* Mémoire d'ingénieur agronome Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, 40p.
23. Ziadi N., Gagnon B, Cambouris A.N., Tremblay N., Nolin M. C. & Cleassens A., 2007, Relationship between P and N concentration in corn. *Agron. J.*, 99, 833-841.

B. Traoré, Malien, Doctorat, Institut d'Economie Rural, Centre Régional de Recherche Agronomique de Gao, Gao, Mali.

K. Traoré, Malien, PhD, Chercheur, Institut d'Economie Rurale, Centre Régional de Recherche Agronomique de Sotuba, Mali .

A.B. Jens, Norvégien, Professeur Titulaire, Université des Sciences et de la vie, Département d'écologie, Aas, Norvège.

A. Coulibaly, PhD, Chercheur, Centre Régional de Recherche Agronomique de Centre Régional de Recherche Agronomique de Sotuba, Mali.

M. Famanta, Malien, Doctorat, chercheur, Institut d'Economie Rurale, Centre Régional de Recherche Agronomique de Sotuba, Mali.

Analyses agro-économique des technologies de maintien et d'amélioration de la fertilité des sols dans la zone cotonnière de Dano (Burkina Faso)

F. Noufe^{1*}, K. Coulibaly¹, A. Kambou², S. Traore² & H. Tankoano²

Keywords: Adoption rate- Income- Converted field soil fertility administration- Yield- Nutritive elements- Burkina Faso

Résumé

L'étude a été réalisée dans 3 villages (Wallala, Sorkon et Gnigwaman) de la province du loba (chef-lieu Dano) au Sud-Ouest du Burkina Faso. L'objectif était d'évaluer l'impact agro-économique des activités de maintien et d'amélioration de la fertilité des sols à Dano. Soixante producteurs ont été enquêtés dans les villages de Wallala (20 producteurs), Sorkon (20 producteurs) et Gnigwaman (20 producteurs). Des mesures de rendement ont été effectuées sur des parcelles avec cordons pierreux plus application de fumure organique (CP+App FO), cordon pierreux simple (CP Simple), application de fumure organique (App FO) et sans technique de gestion de fertilité (témoin). Les résultats indiquent que le compostage est le mieux adopté par respectivement 60%, 50% et 20% des producteurs de Wallala, Sorkon et Gnigwaman. De nombreuses contraintes liées à ces techniques (coût de réalisation élevé, exigence en temps, effet immédiat non perceptible) freinent leur adoption par un plus grand nombre de producteurs. Les meilleurs rendements (768 kg/ha) sont notés au niveau des parcelles aménagées en cordons pierreux avec apport de fumure organique (CP+App FO) comparées aux parcelles témoins (453 kg/ha). Le revenu s'est sensiblement amélioré au niveau des exploitations ayant adopté les techniques mises en œuvre par rapport au témoin. La marge brute la plus élevée (160.450 FCFA) est réalisée par les exploitations ayant aménagé les parcelles en CP avec apport de FO. L'impact des technologies sur le niveau de fertilité chimique des sols demeure insignifiant. Pour les producteurs, la formation et la mise à leur disposition de technologies peu contraignantes et adaptées à leur condition de production est un impératif pour une bonne gestion de la fertilité de leurs sols.

Summary

Agro-economic Analyses of Maintenance and Improvement of Soil Fertility in the Cotton Area of Dano (Burkina Faso)

The study has been conducted in three villages (Wallala, Sorkon and Gnigwaman) from the district of loba (administrative centre of Dano) in Southwest Burkina Faso. The objective was to assess the agro-economic impact of activities to maintain and improve soil fertility in Dano. A total of sixty producers was surveyed in the villages of Wallala (20 producers), Sorkon (20 producers) and Gnigwaman (20 producers). Some measures of productivity have been made on the fields with stone rows plus organic fertilizer application (SR+OF App), simple stone row (SSR), organic fertilizer application (OF App) and control (field without fertility technic). The results show that composting is the best adopted technique by respectively 60%, 50% and 20% of the producers in Wallala, Sorkon and Gnigwaman villages. Many constraints linked to these technics (high cost of realization, demand of time, non-perceptible immediate effect) hinder their adoption by a large number of producers. The highest yields (768 kg/ha) are noted in the converted field into stone rows with nutritive element (SR+ nutritive elements) versus 453 kg/ha for the control fields. The results on the income show that the latter improved at the level of exploitation that adopted the proposed technics compared to the control plots. The highest gross margin (160,450 FCFA) is obtained by producers who have converted fields with stone rows (SR) with Organic Fertilizer (OF). The impact of the technologies on the level of soils chemical fertility remains insignificant. For producers, training and availability of technologies that are less restrictive and adapted to their condition of production are compulsory for a good soil fertility management.

¹Université Nazi Boni, Institut du Développement Rural, Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la Fertilité du Sol, Bobo-Dioulasso, (Burkina-Faso).

²Union Nationale des Producteurs de Coton du Burkina-Faso, Bobo-Dioulasso, Burkina-Faso.

*Auteur correspondant: fantfranc6@yahoo.fr

Introduction

L'une des principales contraintes à laquelle les agriculteurs du Burkina Faso font face et qu'il faille apporter des solutions, reste la baisse de la fertilité des sols. Les principales causes de cette baisse se résument à l'explosion démographique, aux effets des changements climatiques et à certaines mauvaises pratiques culturales telles que la culture continue des sols, l'utilisation très peu ou pas d'intrants, l'exportation des résidus de récolte (6, 10). Afin d'espérer accroître leurs rendements, les agriculteurs sont contraints d'exploiter au maximum les terres disponibles (3). De ce fait, la pratique de la jachère qui a longtemps été l'un des moyens traditionnels de gestion de la fertilité des sols connaît un raccourcissement voire une disparition (11, 15). Dans les zones cotonnières du Burkina Faso, la dégradation de la fertilité des sols se traduit par la nécessité d'utiliser de plus en plus d'engrais minéraux importés pour satisfaire les besoins des cultures. Cependant, l'augmentation du prix de ces intrants les rend économiquement inaccessibles aux producteurs moyens (16).

Dans un contexte de dégradation continue des sols et d'inaccessibilité en terme de coûts aux engrais minéraux, il est plus que légitime de s'interroger sur comment faire pour maintenir et ou améliorer la fertilité des sols tout en optimisant les rendements. Des chercheurs ont apportés des réponses à travers des études dont les résultats révèlent que la mise en place des technologies de CES/DRS (conservations des eaux et des sols/défense et restauration des sols) permettait aux sols d'être moins sensibles aux effets de dégradations (17, 18, 20).

C'est ainsi que l'Union Nationale des Producteurs de Coton du Burkina Faso (UNPCB), appuyée par ses partenaires, expérimente et met en œuvre, depuis octobre 2008 des technologies pouvant maintenir et/ou améliorer la fertilité des sols dans les différentes provinces du pays dont celle du loba.

Ces actions sont menées dans les exploitations productrices de coton biologique (à partir de 2008) et aussi dans celles produisant le coton conventionnel (à partir de 2012), respectivement avec l'appui de l'Union Européenne (U.E.) et le Projet d'Appui à la Filière Coton Textile (PAFICOT) en vue de contribuer à l'amélioration de la capacité productive des exploitations productrices de coton.

L'évaluation étant un outil de diagnostic et de suivi, l'objectif de l'étude est d'évaluer l'impact agro-économique des activités de maintien et d'amélioration de la fertilité des sols à Dano. Il s'agit spécifiquement de mesurer d'abord les taux d'adoption des technologies de gestion de la fertilité des sols (cordon pierreux, bandes enherbées, haie vive et compostage) par les producteurs, ensuite d'évaluer l'impact induit par ces technologies sur les rendements coton, les revenus des producteurs et sur les caractéristiques chimiques des sols. Enfin, dégager des perspectives pour une gestion soutenue de la fertilité des sols dans les exploitations de coton.

Matériel et méthodes

Présentation de la zone d'étude

L'étude a été réalisée dans 3 villages de la province du loba (chef-lieu Dano) au Sud-Ouest du Burkina Faso (Figure 1); à savoir Wallala (3°18 de longitude Ouest et 11°13 de latitude), Sorkon (3°05 de longitude Ouest et 11°24 de latitude) et Gnigwaman (3°09 de longitude Ouest et 11°24 de latitude).

Dano couvre une superficie de 3.292 km². La pluviosité annuelle moyenne au cours des 10 années passées est de 976 mm/an (2002-2012) avec une température moyenne relativement basse. Les extrêmes sont de l'ordre de 21 °C en décembre et de 38 °C en mars-avril.

Les principales textures de sols varient de sableux à sablo-argileux en surface, argilo-sableux ou argileux et gravillonnaires en profondeur. Ils sont localisés au centre de la province et occupent environ 75% de sa superficie. Les sols argilo-sableux en surface et argileux en profondeur, sont riches en bases et présentent parfois des affleurements rocheux non dissociés. Ils couvrent 10% de la superficie et se trouvent dans les zones limitrophes du sud à l'ouest du territoire provincial.

La formation végétale est constituée de savane arborée, de savane boisée et de forêt galerie le long des cours d'eau. Les espèces dominantes sont entre autres: *Parkia biglobosa*, *Vitellaria paradoxa*, *Guiera senegalensis*.

Matériel végétal

La variété de coton utilisée par les producteurs est le STAM 59 A. Elle est originaire de la station d'Anié Mono au Togo et a été introduite et développée au Burkina Faso dans le cadre des échanges de matériel végétal entre instituts de recherches agronomiques. Cette variété a un cycle de 150 jours et présente un rendement potentiel de 2,5 à 3,5 tonnes/ha.

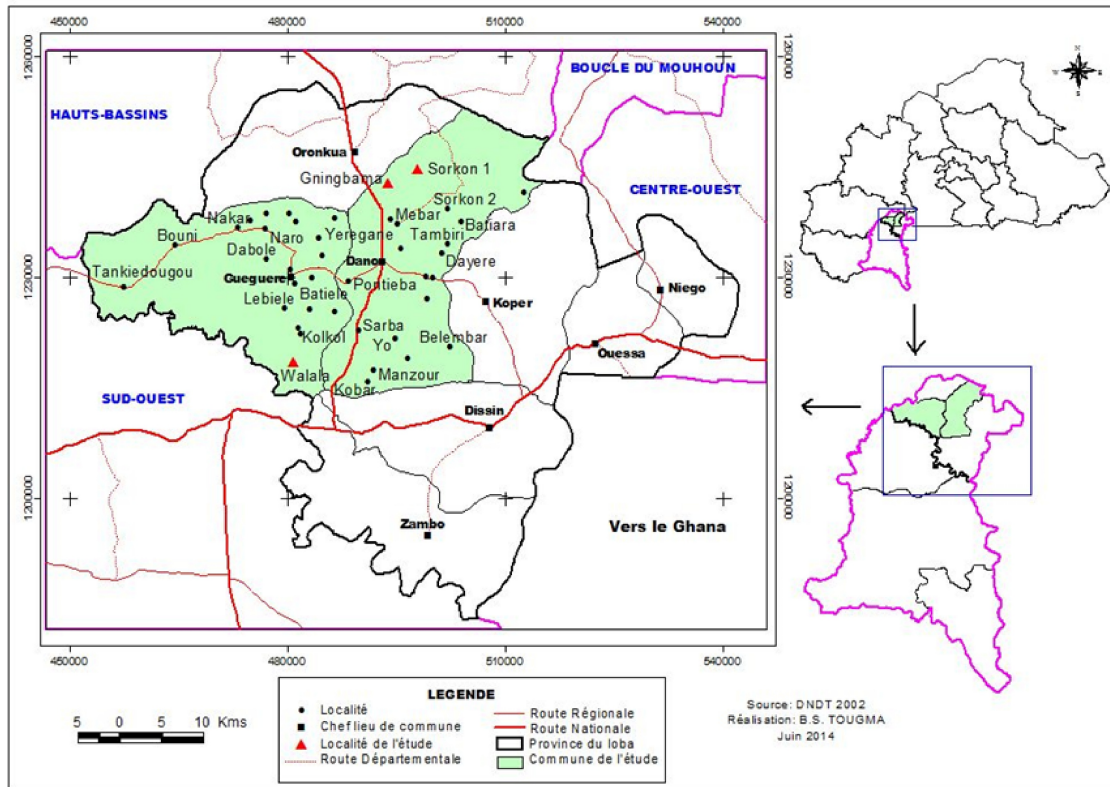


Figure 1: Localisation de la zone d'étude.

Choix des villages et de l'échantillon enquêté

Le programme d'amélioration de la fertilité des sols couvrait cinq zones à savoir: Banfora, Dano, Kayao, Fada N'gourma et Tenkodogo.

Pour notre étude, la zone de Dano a été retenue. Les facteurs qui ont guidé ce choix sont: l'ancienneté de la zone de Dano en matière de production de coton biologique par rapport aux autres et du faite que le niveau d'exécution des activités programmées était assez avancé.

Pour nos investigations, nous avons retenu deux villages bénéficiaires (Wallala et Sorkon) où des producteurs ont été formés par l'Union Nationale des Producteurs de Coton du Burkina-Faso (UNPCB) sur les techniques de conservations des eaux et des sols (CES) et celles sur la défense et la restauration des sols (DRS). Parallèlement à ces deux villages, nous avons retenu un troisième village (Gnigwaman) correspondant au témoin où il n'y a pas eu l'intervention du programme. Gnigwaman est situé au nord de Dano à 5 km de Sorkon sur l'axe Dano-Sorkon et à 37 km de Wallala.

Des enquêtes ont été menées auprès de 60 producteurs de coton repartis en deux catégories: ceux ayant bénéficié de l'appui technique et financier de l'UNPCB (Bénéficiaires) et ceux non bénéficiaires (Non Bénéficiaires dans les villages bénéficiaires: NB et NB' pour le village témoin).

En effet vingt producteurs bénéficiaires ont été choisis de façon aléatoire en suivant des critères bien définis parmi les 200 producteurs formés par l'UNPCB à Dano dans le cadre dudit programme (soit 10% des bénéficiaires du programme).

Ces vingt producteurs sont répartis entre les deux villages bénéficiaires (10 à Wallala et 10 à Sorkon). Le choix des bénéficiaires s'est fait en tenant compte des critères suivants: être engagé depuis au moins quatre ans dans la production du coton, avoir participé au moins à une des sessions de formations de l'UNPCB sur les thématiques de fertilité des sols, avoir appliqué une ou plusieurs technologies proposées et être membre d'un groupement de producteur de coton (GPC).

À l'intérieur de ces mêmes villages (Wallala et Sorkon), vingt autres producteurs, non bénéficiaires ont été choisis, à raison de 10 par village.

Dans le village témoin (Gnigwaman) vingt autres producteurs non bénéficiaires ont été retenus.

Le choix des non bénéficiaires a été fait de façon aléatoire. En effet, des bouts de papiers de mêmes dimensions ont été découpés. Sur chaque bout de papier, sont associés le nom du producteur et celui de son village. Ils ont été ensuite pliés en quatre et mis dans trois paniers différents suivant les villages. Après cette étape nous avons procédé à un tirage successif sans remise à l'issue duquel ces 40 producteurs ont été retenus.

Détermination du taux d'adoption des technologies par les producteurs

La collecte des données auprès des producteurs choisis a consisté à l'administration de deux types de questionnaires, l'un pour les producteurs bénéficiaires et l'autre pour les non bénéficiaires.

Le questionnaire d'enquête destiné aux bénéficiaires comporte des questions fermées et ouvertes axées sur les informations générales sur le producteur (identification du producteur) et sur les caractéristiques de l'exploitation (superficie, nombre d'années d'exploitation, les types d'aménagements, mise en place des ouvrages), les pratiques de maintien et d'amélioration de fertilité des sols et sur les impacts économiques des aménagements sur les revenus des producteurs.

Celui destiné aux non bénéficiaires aborde des questions en vue d'examiner la perception de ces producteurs vis à vis des technologies de gestion de la fertilité des sols et d'inventorier leurs besoins relatifs aux technologies de maintien et d'amélioration de la fertilité des sols.

Effets des technologies sur le rendement du coton et les caractéristiques chimiques des sols

Des carrés de rendements ont été mis en place uniquement dans les exploitations pratiquant la culture du coton biologique du village de Wallala. Ce, compte tenu du fait que comparativement aux deux autres villages (Sorkon et Gnigwaman), il fut le premier village (depuis 2008) où des producteurs ont été formés sur les technologies de gestion de la fertilité des sols.

Le choix des parcelles est fait suivant 4 types de traitements: Cordon Pierreux Simple (CP simple); Cordon Pierreux et Apport de Fumure Organique (CP+App FO); Apport de Fumure Organique (App FO); et Témoin, de l'âge des parcelles de 5 ans minimum et de 2 ans pour les témoins, l'âge de réalisation des cordons pierreux et/ou de l'application de la fumure organique (minimum 4 ans) et le type de rotation (coton-céréale-légumineuse) pour toutes les parcelles sauf les témoins.

Les carrés de rendement ont été disposés suivant une «diagonale arbitraire» (Figure 2). L'écart entre les carrés était de 5 m. Trois parcelles ont été retenues par traitement et 36 carrés de rendements ont été mis en place. La superficie des carrés était de 12 m² (4 m sur 3 m) et celle des parcelles variaient entre 0,5 ha à 1 ha.

Pour l'état des indicateurs de la fertilité chimique des sols, 108 sous échantillons ont été prélevés à l'intérieur des 36 carrés de rendement au niveau des lignes de semis à l'horizon 0-10 cm de profondeur. Les sous échantillons ont été séchés, bien mélangés, pesés et regroupés en fonction des traitements pour constituer 12 échantillons composites (à raison de 1 kg de sol chacun) pour être soumis à des analyses. Les parcelles sur lesquelles les prélèvements ont été faits, étaient en régime de culture continue avec la rotation coton-sorgho-niébé comme système dominant depuis 2008 (sauf les témoins).

Sur les parcelles aménagées, les cordons pierreux ont été réalisés au cours de la campagne agricole 2009-2010. L'apport de la fumure organique s'est fait dès 2008 au niveau des parcelles aménagées en cordon pierreux plus apport de la fumure organique (CP+App FO) et apport de fumure organique (App FO).

Méthode d'analyse de sol

Au laboratoire les douze échantillons composites de sol ont été d'abord tamisés à l'aide d'un tamis de maille 2 mm afin de séparer de la terre fine des particules grossières. A l'issue de ces opérations, 1 g de sol par échantillon composite a été constitué puis analysé. Les analyses ont porté essentiellement sur le pH eau, la matière organique, l'azote total, le phosphore total et assimilable (Pass méthode Bray), le potassium total et disponible, la capacité d'échange cationique, la somme des bases échangeables et le taux de saturation. Toutes ces analyses ont été faites à l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agronomique (INERA) de Farako-Bâ (Burkina-Faso).

Détermination des variables économiques

Elle a concerné les 60 producteurs et quatre variables ont été prises en compte: les dépenses en intrants (DI), les charges brutes (CB), le produit brut (PB) et la marge brute (MB).

Les charges brutes ont été calculées sur quatre ans. Elles correspondent aux charges qui disparaissent dans l'acte de production. Elles sont obtenues par hectare en sommant les dépenses en intrants (DI) et des opérations culturales (DO) sans celles liées à la récolte. Les dépenses en intrants ont été celles liées à l'achat de la semence du coton, de la fumure organique (FO) et l'achat de produits bio-pesticides.

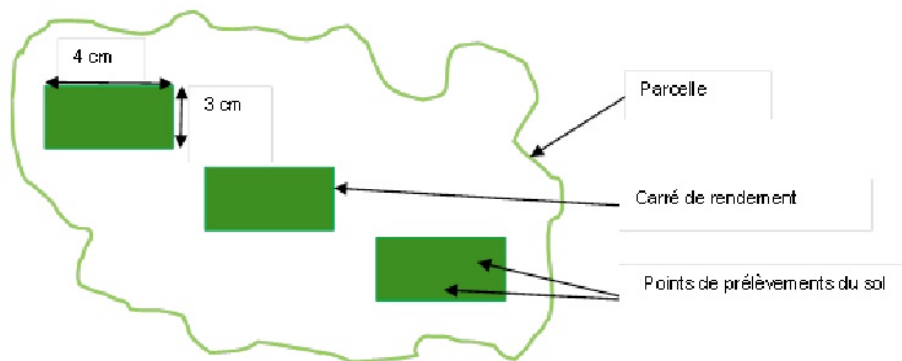


Figure 2: Distribution des carrés de rendements et des points de prélèvement de sol au niveau des parcelles.

Les coûts unitaires sont fixés au niveau local par les producteurs pour la quantité de FO et par les services techniques pour les produits bio pesticides et la semence de coton. La quantité de FO a été calculée en sommant le total de chargements (charrette à âne) apporté sur la parcelle/producteur divisé par la superficie de la parcelle amendée.

Le prix unitaire du chargement retenu est celui en vigueur dans le village (1.750 CFA/charrette à âne). Le coût de réalisation d'un hectare (1ha) de CP au niveau local est de 35.000 CFA avec une durée de vie de cinq ans soit un amortissement de 7.000 CFA/ans.

Le coût des différentes opérations culturales (DO) sans celui des récoltes a été évalué suivant la formule I.

$DO = \text{coût opération/personne/ha} \times \text{durée de l'opération jour/ha} \times \text{nombre moyen de personnel/ha} \times \text{la fréquence de l'opération} + \text{autres dépenses. (I)}$

Le nombre moyen de personnes par opération a été calculé suivant la formule II.

$\text{Nombre moyen pers} = (\text{Nombre d'individu} \times 10\,000 / \text{superficie}) / \text{nombre total de personnes. (II)}$

Pour la détermination de la durée des opérations la formule III a été appliquée.

$\text{Durée opération (en jrs/ha)} = (\text{nombre jour opération} \times 10\,000 / \text{superficie}) / 360. (III)$

Le produit brut (PB) constitue la valeur de la production brute agricole estimée au prix en vigueur. Il a été déterminé en multipliant le rendement en coton graine par le prix d'un kg de coton graine qui était de 375 CFA/kg (Formule IV).

$PB = \text{Quantité du produit} \times \text{Prix unitaire du produit (IV)}$

La marge brute (MB) par hectare représente la valeur de la production en coton graine diminuée des charges brutes (Formule V).

$MB = PB - CB (IV)$

Traitement et analyse des données

Les données ont été saisies et synthétisées sur une feuille Excel 2007. Ce logiciel nous a permis de faire des représentations et la mise en forme de graphiques et tableaux. L'analyse de variance (ANOVA) a été réalisée avec le logiciel XLSTAT 7.5.2. Le test de Fisher a été utilisé pour la séparation des moyennes lorsque l'analyse de la variance révèle des différences significatives entre les traitements au seuil de 5%.

Résultats

Pratiques locales de préparation du sol et de gestion de la fertilité des sols

De nos résultats, cinq pratiques de gestion de la fertilité des sols se dégagent (Figure 3).

Le recours au fumier comme fertilisant est la pratique la plus fréquente. Il est observé par 40% des producteurs du village de Sorkon ayant bénéficiés (B) des appuis techniques et financiers de l'Union Nationale des Producteurs de Coton du Burkina et par 40% des producteurs non bénéficiaires (NB) du village de Gnigwaman.

La rotation culturale est plus pratiquée par les producteurs B de Wallala (40%) contre seulement 5% des producteurs NB' du village de Gnigwaman.

La jachère n'est seulement pratiquée qu'à Wallala par 10% des producteurs. Le paillage est pratiqué par 20% des producteurs non bénéficiaires (NB) et l'association culturale par 30% des producteurs du village de Sorkon.

Mode de gestion des résidus de cultures

Les résultats consignés dans le tableau 1, nous indiquent que les résidus de cultures sont diversement utilisés quel que soit le groupe.

On note qu'à Sorkon, 35% des producteurs non bénéficiaires (NB) et 30% des producteurs bénéficiaires (B) collectent les tiges des céréales et les fanes des légumineuses (arachide, niébé) comme fourrage. A Wallala ces résidus sont compostés par 35% des producteurs B et 25% des producteurs NB, déportés en grande partie dans les ménages comme combustible par 25% des producteurs de Gnigwaman.

Technologies innovantes de gestion de la fertilité des sols: taux d'adoption

La figure 4 montre qu'au moins une technologie a été adoptée quel que soit le village ou le groupe.

Ainsi, à Wallala et à Sorkon le compostage en fosse (Ctge f) a été mieux adopté par respectivement 60% et 50% des producteurs bénéficiaires (B) des appuis de l'Union Nationale des Producteurs de Coton du Burkina Faso (UNPCB). A Gnigwaman tous les enquêtés ont affirmé avoir au moins une fois échangé avec ceux de Sorkon sur les processus de production du compost et sur la mise en place de cordon pierreux simples (CP simples) et de la haie vive (HV). Parmi les technologies, le compostage fut fortement adopté par 20% des producteurs du village témoin (Gnigwaman) où les producteurs n'ont pas bénéficiés de l'appui l'UNPCB.

La bande enherbée (BE) est la moins adoptée. Seul 10% des B de Sorkon l'ont adoptée.

Effets des aménagements sur le rendement en coton

L'analyse de variance n'a pas montré de différence significative quant à la densité des plants sur les parcelles aménagées et non aménagées (Tableau 2). Quant aux taux de capsules éclatées, l'analyse de variance montre qu'il existe une différence hautement significative ($p \leq 0,001$) entre les traitements.

Au niveau des parcelles aménagées, on enregistre des taux de capsules éclatées variant sensiblement de 79,1% (CP+App FO) à 77% (CP simple) contre 75,3% (App FO) à 63,5% (témoin) pour les parcelles non aménagées.

Pour ce qui est du rendement, la différence est hautement significative ($p \leq 0,000$) entre les traitements (Tableau 2). Les meilleurs rendements sont notés au niveau des parcelles aménagées en CP+App FO avec 768 kg/ha. Elles sont secondées par celles sur lesquelles la FO a été appliquée; 601 kg/ha. Par contre sur les parcelles aménagées en CP simple (490 kg/ha) et celles témoin (453 kg/ha); on enregistre de faibles rendements.

Effets des aménagements sur les caractéristiques chimiques des sols

L'analyse de variance montre qu'il n'existe pas de différence significative ($p \geq 0,67$) pour ce qui est de l'acidité des sols. Pour l'ensemble, on note un pH eau inférieur à 7. Aussi à l'instar des résultats sur le pH eau, ceux relatifs à la teneur en MO et en azote ne présentent pas de différence significative.

Toutefois ces teneurs ont tendance à être plus élevées au niveau des parcelles App FO (MO=2,43% et N=0,14%) et CP simple (MO=2,26% et N=0,11%) que chez le témoin (MO=2,10 % et N=0,11 %). Pour ce qui est des valeurs du C/N, on note une légère hausse sur les parcelles CP simple (11,81%) comparativement aux témoins (11,72%).

Concernant le phosphore total (P.total), l'analyse de variance révèle une différence significative entre les traitements. Sur les parcelles App.FO, nous notons une teneur en P.total plus élevée (224,48 mg/kg de sol) que sur les autres. Cette teneur est sensiblement la même au niveau des parcelles CP+App FO (169,67 mg/kg de sol) et celles des témoins (169,25 mg/kg de sol).

Aucune différence significative n'est révélée entre les traitements pour ce qui concerne les teneurs en phosphore assimilable (P.ass) et le potassium total (K.total).

Au niveau des bases échangeables, on note une absence de différence significative entre les traitements. Cependant au niveau de la teneur en K^+ , des écarts existent suivants les traitements. La forte tendance en K^+ est de 0,57 Cmol-1kg⁻¹ de sol et est enregistrée sur les parcelles App FO et la faible est de 0,21 Cmol-1kg⁻¹ de sol pour CP+App FO.

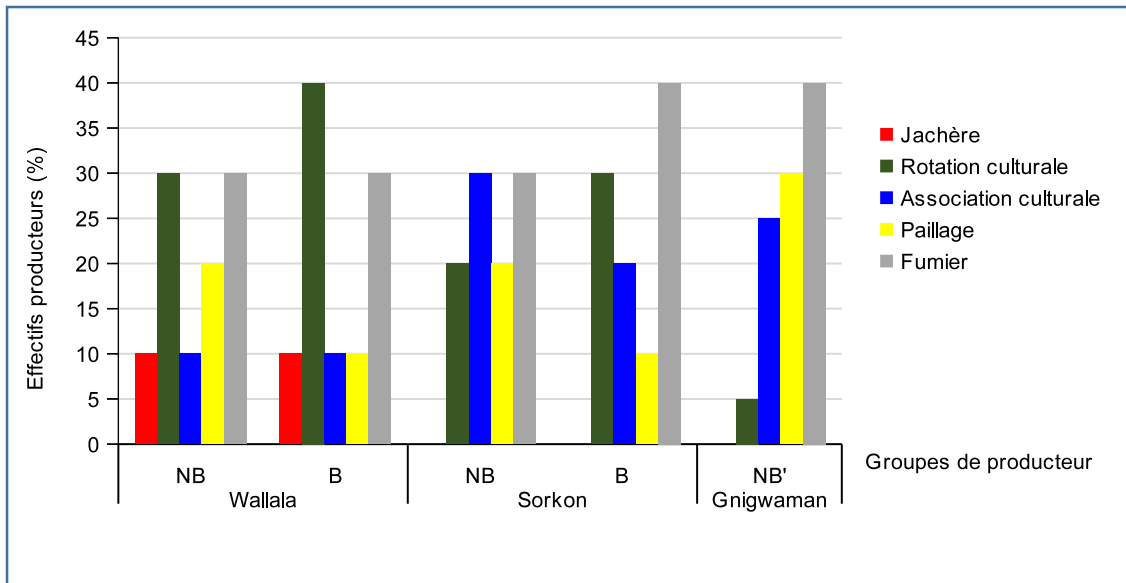


Figure 3: Technologies locales de gestion de la fertilité des sols appliquées selon les groupes.

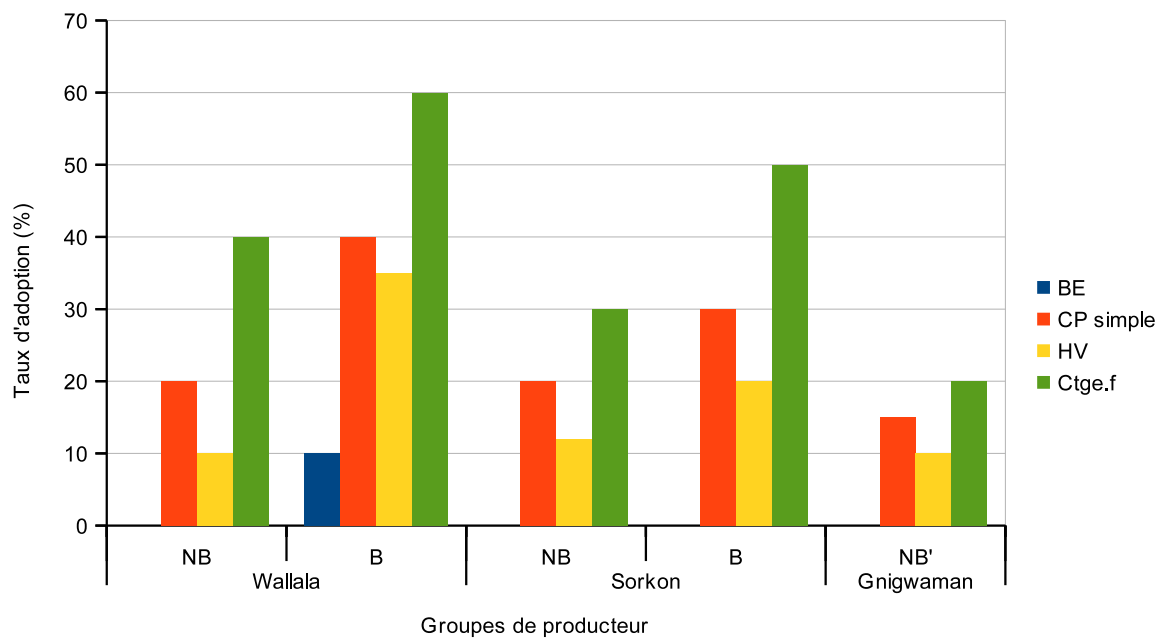


Figure 4: Taux d'adoption des différentes technologies par villages et par groupes.

Tableau 1
Modes de gestion de résidus de cultures selon les groupes.

Villages	Groupes	Modes de gestion					
		Fourrage	compostage	Combustible	Echange/fumier	Abandon/champ	Incinérer/champ
Wallala	NB	14%	25%	19%	7%	13%	22%
	B	16%	35%	14%	5%	13%	17%
Sorkon	NB	35%	10%	15%	5%	20%	15%
	B	30%	11%	12%	9%	10%	28%
Gnigwaman	NB'	24%	15%	25%	2%	22%	12%

Tableau 2
Comparaison de la densité, du taux de capsules éclatées et rendement par traitements.

Traitements	Densité (plants/ha)	Taux capsules éclatées (capsules/ha)	Rendement (Kg/ha)
App FO	60 833	75,34 a	601 b
CP Simple	58 241	77,00 a	490 bc
CP+App FO	59 907	79,10 a	768 a
Témoin	59 167	63,50 b	453 c
ddl	3	3	3
F	1,26	6,59	8,43
Pr > P	0,3	0	0
ET	2 971,05	9,96	186,81
Signification	NS	S	HS

Les valeurs suivies de la même lettre dans chaque colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5% selon le test de Fisher.

Tableau 3
Variations du pH eau et des éléments nutritifs des sols en fonction des traitements.

Traitements	pH eau	MO (%)	N (%)	C/N	P.total (mg/kg de sol)	P.ass (mg/kg de sol)	K. total (mg/kg de sol)	K.disp (mg/kg de sol)
App FO	6,98	2,43	0,14	11,05	244,48 a	2,95	4 583,21	182,33
CP simple	6,67	2,27	0,11	11,81	169,67 b	1,34	1 946,85	188,96
CP+App FO	6,69	2,18	0,1	12,19	160,30 b	0,85	3 224,47	162,44
Témoin	6,72	2,1	0,11	11,72	169,25 b	1,26	3 163,63	165,76
ddl	3	3	3	3	3	3	3	3
F	0,54	1,16	1,16	0,17	5,21	1,79	2,74	0,08
Pr > P	0,67	0,38	0,38	0,91	0,03	0,23	0,11	0,97
ET	0,32	0,23	0,03	1,74	43,67	1,32	1368,65	66,84
Signification	NS	NS	NS	NS	S	NS	NS	NS

Les valeurs suivies de la même lettre dans chaque colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5% selon le test de Fisher.

Tableau 4
Teneur en bases échangeables en fonction des traitements.

Traitements	Mg ⁺⁺ (Cmol+Kg ⁻¹ sol)	Ca ⁺⁺ (Cmol+Kg ⁻¹ sol)	K ⁺ (Cmol+Kg ⁻¹ sol)	Na ⁺ (Cmol+Kg ⁻¹ sol)	CEC (Cmol+Kg ⁻¹ sol)	SBE (s) (Cmol+Kg ⁻¹ sol)	Taux saturation (v %)
App FO	4,54	11,85	0,57	0,07	18,06	17,01	95,34
CP simple	6,51	9,19	0,43	0,04	21,48	16,17	74,94
CP+App FO	5,68	11,24	0,21	0,02	19,31	17,15	86,55
Témoin	6,74	10,94	0,44	0,007	23,48	18,13	77,77
ddl	3	3	3	3	3	3	3
F	0,58	0,44	2,72	1,66	0,95	0,11	2,84
Pr > P	0,65	0,73	0,11	0,25	0,46	0,95	0,11
ET	1,13	2,75	0,2	0,04	4,22	3,64	11,62
Signification	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Tableau 5
Coût total par quantité d'intrant utilisé par producteur.

Désignations	Quantité	Unité	Coût unitaire (FCFA)	Coût total (FCFA)
Semences	30	kg	35	1.050
Batik	5	g	550	2.750
Neem	4	kg	250	1.000
FO	27	Charrette (s) *	1 750	47.250
TOTAL				52.050

*1 charrette = 118,50 kg.

Tableau 6
Coût total par quantité d'intrant utilisé par producteur.

Opérations	Fréquence	Nombre de personne/ha	Nombre de jours/ha	Coût/personne/jrs	Coût total opérations (FCFA/ha)
Epandage FO	1	5	3	500	7 500
Labour (manuelle)	1	10	2	500	10 000
Semis	1	10	1	500	5 000
Ré-semis	1	5	1	500	2 500
Démariage	1	10	1	300	3 000
Sarclage (manuelle)	3	5	2	500	15 000
Buttage	1	7	4	500	14 000
Traitement Bio pesticide	3	1	1	500	1 500
Coût de réalisation de CP/ha	1	14	1	2500	35 000
Autres					10 000

Tableau 7
Valeurs du produit brut et de la marge brute en fonction des traitements.

Traitements	PB (FCFA/ha)	DO (FCFA/ha)	DI (FCFA/ha)	MB (FCFA/ha)
App FO	225 375	68 500	52050	104 825
CP Simple	183 750	68 000	4 800	110 950
CP+App FO	288 000	75 500	52 050	160 450
Témoin	169 875	61 000	4 800	104 075

Tableau 8
Contraintes liées à l'adoption des technologies.

Technologies	Contraintes	Wallala		Sorkon		Gnigwaman
		NB (%)	B (%)	NB(%)	B (%)	NB' (%)
Cordon Pierreux	Faible disponibilité de moellons	63	69,5	73	75	65
	Manque de matériels	76,5	73	60	58	75,5
	Exige beaucoup de temps	52	41	55	45,8	45
	Effet non perceptible	65,1	71	53,2	47	62
	Main d'œuvre importante	70,5	67,5	54	60	58
Compostage	Manque de matières premières	61	58,4	41	55	63
	Manque de matériels	72	82	78	80	78,6
	Coût de réalisation élevé	78,2	75	75,3	64	84,3
Haie Vive	Indisponibilité de Semences/plants	48	67	90	92	87
	Exige trop d'entretiens	50,1	60	43	57,5	91
	Main d'œuvre importante	38	45,2	40	43,7	40,7
Bande Enherbée	Complexe	10	15	5	8	9
	Effet non perceptible	25	60	3	5	2
	Crée des conflits (agriculteur-éleveur)	30	57	35	20	25

Aussi, l'application de la FO comparativement aux autres traitements, favoriserait un taux important de bases échangeables. En effet, on note 95,34% de saturation contre 86,55%; 77,77% et 74,94% respectivement sur les parcelles avec CP+App FO, témoins et CP Simple (Tableau 4).

Analyses économiques dans les exploitations coton biologiques

Evaluation des coûts des intrants et opérations culturales

Pour 1 ha de coton biologique, les producteurs utilisent en moyenne 30 kg de semence de coton; 27 charretées de fumure organique (FO) en moyenne soit 3,2 t/ha (Tableau 5). Cette quantité est supérieure à celle de 2011 qui est de 2,8 t/ha. Les dépenses en intrants varient selon que le producteur fait recours à la FO ou pas pour amender sa parcelle. Les dépenses s'élèvent à 52.050 CFA/ha sur les parcelles aménagées en CP+App FO et celles amendées en FO. Elles sont de 4.800 CFA/ha pour celles aménagées en CP simple et témoin.

Les dépenses liées aux opérations culturales sont un peu élevées au niveau des exploitations ayant mis en œuvre la technologie CP+App FO (75.500 CFA) comparativement au témoin (61.000 CFA).

Pour ceux ayant opté pour l'application de la FO exclusivement ou la réalisation de CP simple, les dépenses diffèrent de 500 CFA seulement. Elles de 68.500 CFA pour la technologie App FO et 68.000 CFA pour celle CP simple.

L'opération la plus coûteuse et qui nécessite plus de mains d'œuvres (14 personnes) est celle liée à la mise en place des CP (35.000 CFA/ha).

La durée de vie des CP étant estimée en cinq ans, le coût d'amortissement est évalué à 7.000 CFA/an.

Le traitement bio pesticide des champs est la moins coûteuse avec seulement 1.500FCFA/ha (Tableau 6).

Valeur du produit brut des producteurs

Les résultats obtenus indiquent que les producteurs ayant adopté la technique CP+App FO ont un produit brut élevé (288.000 CFA/ha) que les autres. Cette valeur est de 225.275 FCFA/ha et de 183.750 CFA/ha respectivement pour les producteurs ayant adopté la FO et le CP simple.

Comparativement à ces trois traitements la plus faible valeur du produit brut est enregistrée chez le témoin avec seulement 169 875 FCFA/ha (Tableau 7).

La marge brute varie selon que le producteur ait appliqué une technologie ou pas. Les plus élevées sont enregistrées au niveau des exploitations aménagées en CP+App de FO et en CP Simple avec respectivement 160.450 CFA et 110.950 CFA/ha. En revanche, elle est sensiblement identique au niveau des exploitations ayant recours à la FO pour fertiliser leur parcelle (104.825 CFA) et le témoin (104.075 CFA).

Contraintes liées à l'adoption de chaque technologie

Les contraintes liées à l'adoption des différentes technologies sont synthétisées dans le tableau 8. Ainsi pour le cordon pierreux, la faible disponibilité de moellons est soulignée par 73% des NB de Sorkon et le manque de matériels d'extraction et de transport par 75,50% des NB' du village témoin. Pour 70,50% des NB de Wallala cette technologie nécessite une main d'œuvre importante. Pour 63% des NB' de Gnigwaman, le manque de matières premières rendrait difficile le compostage.

L'effet immédiat non perceptible constitue la contrainte majeure au niveau de la bande enherbée. Cette contrainte est notée par 60% des producteurs B de Wallala.

Discussion

Dans la zone cotonnière de Dano, le système de culture est basé sur la production du coton et des céréales (sorgho, mil) en rotation culturale. Les résidus issus des cultures notamment des céréales sont prioritairement utilisés à 30% pour l'alimentation du bétail et à 17% comme source d'énergie dans les ménages, seulement 16% sont laissés au champ et 22 % pour la production de la FO.

Ces résultats posent ainsi la problématique de la gestion des résidus de cultures dans les systèmes de production agricole au Burkina Faso qui sont en majorité de types agro-pastoraux.

Ainsi, on assiste à une exploitation quasi continue des sols avec une faible restitution de résidus de cultures dans les champs (13). Cette forme de gestion est très inquiétante dans un contexte d'intensification agricole où ces résidus de cultures constituent l'essentiel de la matière première dans le processus de la production de la FO.

Eu égard aux prix des engrais chimiques et leur indisponibilité, les apports organiques sont une alternative pour l'amélioration et ou le maintien de la fertilité des sols dans les zones cotonnières (10). Mais malheureusement dans la zone cotonnière de Dano où les sols sont en majorité pauvres, les résidus sont peu restitués au sol par les producteurs. Afin de pallier cette situation, des technologies innovantes ont été promues.

De l'étude il ressort qu'au moins un producteur applique une technologie quel que soit le village et ou le groupe. Le compostage et le CP simple ont connu un bon taux de réalisation au niveau des groupes B à Sorkon et à Wallala. La proximité du village témoin (Gnigwaman) de celui de Sorkon (5 km) où des producteurs ont été formés, a influencé l'adoption de certaines technologies par les producteurs dudit village. Cependant ces taux sont faibles (Compostage=20 % et CP=15 %).

En effet, la mise en œuvre de la plupart des technologies promues nécessite un minimum d'équipement (charrette, pioches, brouettes, etc.). Or à Gnigwaman, la majorité des producteurs ne disposent pas de ces équipements d'où ces faibles taux d'adoption. Ce qui voudrait dire que le niveau d'équipement influe sur l'adoption d'une technologie. En plus du niveau d'équipement, il existe d'autres facteurs qui influent positivement la décision d'adoption des technologies innovantes au nombre desquels nous retenons le nombre d'actifs et le sexe (8).

Effets des aménagements sur le rendement du coton et sur les caractéristiques des sols

L'étude révèle que le taux de capsules éclatées varie d'une technologie à une autre. Il est significativement plus élevé au niveau des parcelles CP+App FO (70,10%) et CP simple (77%) que dans celles des témoins (63,50%). L'apport de la FO sur les parcelles CP+App FO pourrait justifier ce meilleur taux si toutefois le taux obtenu au niveau des parcelles App FO était supérieur à celui des parcelles CP simple. On pourrait affirmer que l'effet des CP associant l'apport de la FO est l'explication la plus plausible qui sous-tend ce fort taux enregistré sur les parcelles CP+App FO.

L'un des paramètres qui influe positivement sur le rendement pour certaines cultures reste la densité. Pour le maïs, le rendement à l'hectare serait fonction de la densité des plants (3).

Dans notre cas, les résultats ne sont pas significatifs pour affecter le rendement ce malgré que les producteurs aient respecté la densité recommandée par les sociétés cotonnières à savoir 50.000 à 62.500 plants à l'hectare. Les différentes densités appliquées par les producteurs se situent entre 58.241 et 60.833 plants/ha.

L'analyse de variance révèle une différence hautement significative ($P \leq 0,00$) entre les technologies quant aux rendements obtenus. Ils sont significativement élevés sur les parcelles CP+App FO (768 kg/ha), App FO (601 kg/ha), CP simples (490 kg/ha) que sur celles témoins où on enregistre un faible rendement (453 kg/ha).

De ce constat, nous déduisons que l'aménagement des exploitations en CP avec ou sans apport de FO permet d'obtenir des rendements en coton graine supérieurs comparativement aux exploitations où aucune technologie de maintien et ou d'amélioration de la fertilité des sols n'est prise. Cette amélioration est nettement perceptible lorsque les parcelles sont aménagées en CP avec un apport de FO que si elles sont dissociées. Nos résultats révèlent que la technologie CP+App FO a induit un supplément de rendement de 167 kg/ha et de 278 kg/ha respectivement pour la FO et pour les CP. L'obtention du meilleur rendement sur les parcelles CP+App FO résulte des effets combinés de ces deux technologies. En effet, leurs influences au niveau des parcelles proviennent de leurs capacités à réduire le ruissellement, à conserver les particules de terres arrachées. Aussi, en étant une barrière physique ces CP, immobilisent certains substrats organiques (feuilles mortes, tige, déchets d'animaux) dans le champ. Ainsi, le champ devient alors le siège d'une intense activité microbienne dû au fait de l'humidité du sol et de substrats. L'une des principales activités de ces micro-organismes est la décomposition de la matière organique. Les résultats de cette décomposition sont la libération de certains nutriments tels que l'azote, le phosphore, le potassium et aussi des microéléments indispensables à la croissance des plants.

La réduction du ruissellement favorise l'infiltration de l'eau et améliore le stock d'eau du sol (17). Ainsi l'eau ne constituant pas un facteur limitant, les plants ont bénéficié d'une condition hydrique favorable à leur croissance et développement. Cette condition hydrique a été beaucoup améliorée avec l'apport de la FO au niveau des parcelles CP+App FO. En effet, la FO offre de multiples avantages tant pour le sol que pour la plante. Pour Ouédraogo *et al.* (12), la FO permet d'améliorer la structure et le statut organique du sol. La minéralisation de la FO permet de fournir aux cultures les éléments nutritifs. La combinaison de technologies CP+App FO, constitue un moyen efficace de gestion de la fertilité des sols et d'amélioration des rendements des cultures dans les exploitations agricoles de façon globale et celles de coton biologique de façon particulière.

Bien que les technologies permettent d'améliorer les rendements du coton, leur effet sur la fertilité du sol n'est pas important pour induire une augmentation significative des paramètres chimiques du sol par rapport au témoin. Cela peut être dû d'une part à la non maîtrise des techniques de production de la FO et d'autre part à celle relative à la réalisation de cordons pierreux. Selon Blanchard *et al.* (2), il existe une grande diversité de fumures organiques paysannes à l'Ouest du Burkina Faso cependant leur teneur en carbone et en azote restent faibles.

Les capacités de production de la FO des exploitations sont faibles et cela ne permet pas d'adopter des quantités suffisantes à même d'avoir un effet significatif. Les contraintes de productions de la FO (charrette pour ramasser les résidus et FO, fosse à composté, etc.) et celles liées à réalisation de cordons pierreux (faible disponibilité de moellons, main d'œuvre important, etc.) en sont des justificatifs. Ainsi, les producteurs de coton en général, font recourt aux engrais chimiques afin de satisfaire aux besoins nutritionnels des plants. L'utilisation accentuée de ces engrais chimique est l'une des causes de l'acidification des sols notamment dans la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso (5). Bien que nos résultats révèlent que les sols de notre zone d'étude soient sensiblement neutres (pH compris entre de 6,67-6,98), les sols demeurent vulnérables à une éventuelle acidification du fait de l'engouement manifeste des producteurs de coton de Dano à l'utilisation des engrais chimique comme seul recourt pour améliorer les rendements.

Hors, l'une des conséquences liées à l'acidité des sols est l'indisponibilité de certains nutriments pour la plante (20). C'est notamment le cas du phosphore qui est un des nutriments essentiels pour la plante au cours de sa croissance et son développement et qui n'est pas assimilable à un pH acide (4).

En plus du phosphore, la disponibilité de l'azote est capitale pour le cotonnier notamment l'accroissement du volume des capsules (7, 14). Une carence du sol en azote exercerait non seulement une action dépressive sur le rendement mais aussi sur la qualité du coton graine (1). Des études ont montré que la teneur en azote augmente proportionnellement au stock de la MO du sol (9, 15).

Mais malheureusement, le constat fait par notre étude est que les résidus de cultures qui constituent des sources importantes en N sont de moins en moins collectés pour la production de la FO. A l'instar de la technologie application de la FO, la mise en place exclusivement de CP dans les exploitations de coton biologiques à Dano, n'ont pas significativement contribué à rehausser le niveau de fertilité des sols. De l'analyse des caractéristiques chimiques des sols, il ressort que les sols des exploitations aménagées exclusivement en CP ont des caractéristiques chimiques statistiquement identiques à ceux des exploitations témoins.

En effet, la réalisation de cordons pierreux requiert le respect de certaines règles (la détermination de la courbe de niveau, de la pente, l'écartement en cordon, etc.). Le respect de ces règles détermine l'efficacité des cordons pierreux.

Ainsi les cordons pierreux au lieu de contribuer à atténuer les effets de la dégradation des sols, s'ils sont mal réalisés deviennent inefficaces si toutefois la technique n'est pas accompagnée d'un apport de fumier ou de compost (18).

Cela met en évidence la nécessité de la combinaison des techniques CP+App FO dans les zones cotonnières du Burkina Faso où les sols sont à un niveau de dégradation très avancé. Les efforts doivent de plus en plus viser au rétablissement d'un équilibre entre l'utilisation rentable des sols agricoles et leur préservation sur le long terme. Ainsi une large diffusion des techniques CES/DRS est à encourager.

Amélioration des revenus des producteurs

Pour les enquêtés il apparaît sans doute que les technologies promues ont contribué à améliorer leurs revenus. Ils expliquent cela par l'augmentation de leurs rendements et leur indépendance vis-à-vis de l'engrais minéral. D'après nos résultats, la technologie CP+App FO même si elle est relativement coûteuse elle a permis aux adoptants d'avoir une marge brute intéressante (160.450 FCFA/ha) comparativement aux autres. Les francs supplémentaires engendrés sont de 55.625 CFA pour la FO et 49.500 CFA pour le CP simple. De l'avis des producteurs, cette différence résulte du fait qu'avec cette technologie le niveau de la fertilité des sols est amélioré et consécutivement le rendement en coton.

Cette conclusion est partagée par Zougmoré *et al.* (19) qui affirment que la combinaison des techniques de conservation des eaux et des sols et de défense et restauration des sols (CES/DRS) et de la fertilité organique améliore les caractéristiques chimiques du sol et sa productivité. Par contre la mise en place exclusive de CP (sans un apport de FO) au regard de la marge brute engendrée et comparativement au témoin constitue une perte pour le producteur. Ce qui voudrait dire que le CP uniquement comme technologie n'est pas recommandable aux producteurs dans la zone cotonnière de Dano.

Conclusion

Notre étude effectuée dans les exploitations cotonnières de trois villages de Dano, s'était fixée comme objectif général d'évaluer l'impact des actions de maintien et d'amélioration de la fertilité des sols à Dano (Burkina-Faso).

Elle a permis de montrer qu'au moins une technologie est adoptée quel que soit le village ou le groupe. Les taux d'adoption sont différents d'un village à un autre et d'un groupe à un autre.

Les adoptants sont majoritairement les producteurs ayant été formés et ayant bénéficié d'un appui technique et financier (formations, conseils) de la part de l'Union Nationale des Producteurs de Coton du Burkina Faso (UNPCB). Les technologies les plus adoptées sont les cordons pierreux simples (CP simples) et le compostage. Leurs adoptions ont été facilitées par la mise à la disposition des producteurs du groupe B de petits matériels (Pioches, gants, brouettes, pelles et charrettes).

Cependant de nombreuses contraintes freinent l'adoption des technologies par un plus grand nombre des enquêtés. Sont de ces contraintes: le coût élevé des technologies, leur complexité, le manque de matières premières, l'insuffisance des équipements. Pour ce qui est du rendement et du revenu des producteurs, l'on note qu'au niveau des parcelles aménagées en CP+App FO les rendements sont en hausse comparativement à celles témoins.

Aussi la marge brute la plus intéressante est enregistrée sur ces mêmes parcelles aménagées (CP+App FO). Ces différences sont la preuve que ces actions de CES/DRS peuvent non seulement induire une nette amélioration des rendements, mais aussi permettent aux producteurs de dégager une marge brute satisfaisante. En sus, nos travaux ont permis de montrer que l'apport de la FO soutenu ou non par un aménagement de la parcelle en CP, permettrait d'accroître les teneurs des sols en phosphore. En revanche, l'aménagement exclusif de la parcelle en CP simples occasionnerait une faible teneur en bases échangeables.

Remerciements

Les auteurs remercient l'Union Nationale des Producteurs de Coton du Burkina Faso (UNPCB) qui nous a accompagné financièrement.

Leur reconnaissance va également à l'endroit des groupements de producteurs de coton (GPC) des villages (Wallala, Sorkon et Gniwama) de Dano (Burkina Faso) qui se sont prêtés à nos questions.

Références bibliographiques

1. Bado B.V., 2002, *Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso*. Thèse de doctorat: Université Laval-Québec, 197 p.
2. Blanchard M., Coulibaly K., Bognini S., Dugué P. & Vall E., 2014, Diversité de la qualité des fumures organiques produites par les paysans d'Afriques de l'Ouest: quelles conséquences sur les recommandations de fumure? *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **18**, 4, 512-523.
3. Coulibaly K., 2012, Performance technico-économique des associations maïs/niébé et maïs/mucuna en situation réelle de culture au Burkina-Faso: potentiels et contraintes. *Tropicultura*, **30**, 3, 147-154.
4. Compaoré E., Fardeau C. F., Morel J.L., Sedogo M.P., 2001, Le phosphore biodisponible des sols: une des clés de l'agriculture durable en Afrique de l'Ouest. *Cah. Agri.*, **10**, 81-85.
5. Dakuo D., 1994, *Les carences en potassium sur le cotonnier (Gossypium hirsutum L.) dans les systèmes de culture: cas de la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso*. Thèse de doctorat, Université Nationale de Côte d'Ivoire. 141 p.
6. Kiba D.I., 2012, *Diversité des modes de gestion de la fertilité des sols et leurs effets sur la qualité des sols et la production des cultures en zones urbaine, périurbaine et rurale au Burkina Faso*. Doctorat Unique en Développement Rural, Option: Systèmes de Production Végétale, Spécialité: Sciences du sol. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB), 120 p.
7. Koulibaly B., Traoré O., Dakuo D., Zombré P.N. & Bondé D. 2010. Effets de la gestion des résidus de récolte sur les rendements et les bilans culturaux d'une rotation cotonnier-maïs-sorgho au Burkina Faso. *Tropicultura*, **28**, 3, 184-189.
8. Koutou M., Havard M., Ouedraogo D., Sangaré M., Toillier A., Thiombiano T. & Vadouhe D.S., 2016, Facteurs d'adoption des innovations d'intégration agriculture-élevage: cas du *Mucuna pruriens* en zone cotonnière Ouest du Burkina Faso. *Tropicultura*, **34**, 4, 424-439.
9. Nacro H.B., 1997, *Hétérogénéité de la matière organique dans un sol de savane humide (Lamto, Côte d'Ivoire): caractérisation chimique et étude in vitro, des activités microbiennes de minéralisation du carbone et de l'azote*. Thèse de Doctorat, Spécialité Ecologie Générale. Paris IV. 302 p.
10. Naitombaidé M., Lompo F., Gnankambary Z., Ouandaogo N. & Sedego P.M., 2010, Les pratiques culturales traditionnelles appauvrissent les sols en zones des savanes du Tchad. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **4**, 4, 871-881.
11. Ouattara B., 2009, *Analyse diagnostic du statut organique et de l'état structural des sols des agrosystèmes cotonniers de l'ouest du Burkina Faso (Terroir de Bondoukou)*. Thèse Doctorat d'Etat, Sciences du sol, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 165 p.
12. Ouédraogo E., Mando A. & Zombré N.P., 2001, Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. *Agric. Ecosyst. Environ.*, **84**, 259-66.
13. Pieri C., 1989, *Les processus majeurs d'évolution de la fertilité. Les termes et l'évolution du bilan organique des sols cultivés*. In : "Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara", Ministère de la Coopération, Paris, pp 277-336.
14. Richard L., Vaez-Zadeh, 1975, Etude de la fertilisation azotée du cotonnier en Iran. *Coton Fibres Tropicales*, **30**, 3, 301-320.
15. Somé N. A., Traoré K., Traoré O., Tassebedo M., 2007. Potentiel des jachères artificielles à *Andropogon* spp dans l'amélioration des propriétés chimiques et biologiques des sols en zone soudanienne (Burkina Faso). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **11**, 3, 245-252.
16. Traoré O., Koulibaly B., Dakuo D., 2007, Effets comparés de deux formes d'engrais sur les rendements et la nutrition minérale en zone cotonnière au Burkina Faso. *Tropicultura*, **25**, 4, 200-203.
17. Yaméogo J.T., Hien M., Lykke A.M., Somé A.N. & Thiombiano A., 2011, Effet des techniques de conservation des eaux et des sols, zaï forestier et cordons pierreux, sur la réhabilitation de la végétation herbacée à l'Ouest du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **5**, 1, 56-71.
18. Yaméogo T.J., 2012: *Réhabilitation d'écosystème forestier dégradé en zone soudanienne du Burkina Faso: impacts des dispositifs CES/DRS*. Thèse de doctorat en Sciences du sol, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso/Institut du Développement Rural, 161 p.
19. Zougmoré R., Gnankambary Z., Guillobez S., Stroosnijder L., 2002. Effect of stone lines on soil chemical characteristics under continuous sorghum cropping in semi-arid Burkina Faso. *Soil Tillage Res.*, **66**, 47-53.
20. Zougmoré R., Ouattara K., Mando A. & Ouattara B., 2004, Rôle des nutriments dans le succès des techniques de conservation des eaux et des sols (cordons pierreux, bandes enherbées, zaï et demi-lunes) au Burkina Faso. *Sécheresse*, **15**, 1-8.

F. Noufé, Burkinabè, Ing., Chercheur, Université Nazi Boni, Institut du Développement Rural, Bobo-Dioulasso, Burkina-Faso.

K. Coulibaly, Burkinabè, PhD, Enseignant chercheur, Université Nazi Boni, Institut du Développement Rural, Bobo-Dioulasso, Burkina-Faso.

A. Kambou, Burkinabè, DEA, Chargé du contrôle et certification, Union Nationale des Producteurs de Coton du Burkina-Faso, Bobo-Dioulasso Burkina-Faso.

S. Traore souleymane, Burkinabè, Msc, Maintien et de l'amélioration de la fertilité des sols, Union Nationale des Producteurs de Coton du Burkina-Faso, Bobo-Dioulasso Burkina-Faso.

H. Tankoano, Burkinabè, Ing., Chef du service suivi évaluation, Union Nationale des Producteurs de Coton du Burkina-Faso, Bobo-Dioulasso Burkina-Faso.

Efficacité d'un insecticide à base de neem dans la lutte contre les ravageurs du cotonnier au Bénin

G. Bonni¹, M. Adegnika¹ & A. Paraïso²

Keywords: Cotton- Pests- *Azadirachta indica*- Insecticide- Efficacy- Performance- Benin

Résumé

L'effet d'un insecticide à base de neem, *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae), a été évalué dans un essai comparatif avec les produits insecticides de synthèse sur les chenilles du cotonnier: *Haritalodes derogata*, *Helicoverpa armigera*, *Earias* sp., *Pectinophora gossypiella* et *Thaumatotibia leucotreta*. L'expérimentation a été conduite dans deux localités, aires de distribution des espèces, Kandi et Savè, situées respectivement dans la zone septentrionale et centrale du Bénin. La formulation de neem contenait 0,5% d'Azadirachtine et a été utilisée aux doses de 2, 3 et 4 l/ha. Les formulations insecticides de synthèse contenaient de l'emamectine 24 g/l + acetamipride 32 g/l; de la cyperméthrine 35 g/l + chlorpyrifos 300 g/l et du betacyfluthrine 45 g/l + imidaclopride 100 g/l. Les différentes applications ont été réalisées selon le programme calendaire de protection du cotonnier recommandé dans chacune des deux régions. Au total, dix traitements ont été réalisés avec l'insecticide à base de neem et six traitements avec les trois insecticides de synthèse. Les résultats ont montré que l'insecticide à base de l'huile de neem était autant efficace que le témoin de référence (cyperméthrine 35g/l+chlorpyrifos 300 g/l) contre des chenilles endocarpiques (*Pectinophora gossypiella* et *Thaumatotibia leucotreta*). L'insecticide à base de neem a réduit le pourcentage de plants attaqués par le phyllophage (*Haritalodes derogata*), de 25% contre 100% de réduction par le produit chimique de synthèse. Un effet dose de l'insecticide à base de neem a été observé avec 36,1%; 29,8% et 6,1% de plants attaqués, pour les doses de 2; 3 et 4 l/ha respectivement. Les rendements de coton graine obtenus des parcelles traitées à l'extrait aqueux de neem ont été supérieurs à ceux des parcelles non traitées. En zone endocarpique, ces rendements issus des parcelles traitées à l'extrait de neem ne sont pas différents statistiquement de ceux des parcelles traitées au produit de synthèse utilisé. Cet insecticide à base de neem pourrait être utilisé dans un système de gestion intégrée des chenilles à régime endocarpique.

Summary

Efficacy of an Neem Based Insecticide in the Control of Cotton Pests in Benin

The effect of an insecticide based on neem, *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae), has been evaluated in a comparative trial with synthetic insecticides on cotton caterpillars: *Haritalodes derogata*, *Helicoverpa armigera*, *Pectinophora gossypiella* and *Thaumatotibia leucotreta*. The experiment was conducted in two localities Kandi and Savè, species distribution areas. Those areas are located in the northern and central Benin. The neem formulation contained 0.5% of Azadirachtin and was used at the doses of 2, 3 and 4 l/ha. The synthetic insecticides contained emamectin 24 g/l + acetamiprid 32 g/l; cypermethrin 35 g/l + 300 g/l chlorpyrifos and beta-cyfluthrin 45 g/l + imidacloprid 100 g/l. The different applications were performed according to the calendar program of cotton protection recommended in each of the two regions. In total, ten treatments were carried out with the neem based insecticide and six treatments with the three synthetic insecticides. The results showed that the neem based insecticide was as effective as the synthetic insecticide (cypermethrin 35g/l+chlorpyrifos 300 g/l) in the control of endocarpic caterpillars, *P. gossypiella* and *T. leucotreta*. The neem based insecticide reduced the percentage of damaged plants by the leaf-cutting ants (*Haritalodes derogata*), by 25% against 100% reduction by the chemical synthetic insecticide. A dose effect of the neem based insecticide was observed with 36.1%, 29.8% and 6.1% of the damaged plants, for doses of 2, 3 and 4 l/ha respectively. Cotton yields of plot treated with aqueous extract of neem were higher than those of the untreated plots. In endocarpic area, yields obtained from the plots treated with neem extract insecticide were not statistically different from those of the chemical insecticides. This study indicates the neem based insecticide could be used in an integrated management system for endocarpic caterpillars.

¹Institut National des Recherches Agricoles du Bénin; Centre de Recherches Agricoles Coton et Fibres, Parakou, Benin.

²Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Laboratoire de Protection des Végétaux, de Pathologie et de Parasitologie des abeilles, Parakou, Benin.

*Auteur correspondant: gustavebonni@yahoo.fr

Reçu le 25.05.17 et accepté pour publication le 10.04.18

Introduction

Au Bénin, la culture cotonnière est l'un des plus importants secteurs agricoles de par sa contribution à l'entrée de devises et à la création d'emplois, notamment dans les secteurs du transport, de l'artisanat, de l'industrie et du commerce. Elle joue également un rôle de locomotive pour toutes les autres cultures (7, 11). Cependant depuis la production record de 427.000 tonnes de la campagne 2004-2005 (17), la filière cotonnière connaît une crise et enregistre de façon continue des contre-performances imputables aux problèmes internes de gestion de la filière (21), à la baisse de la fertilité des sols et aux bioagresseurs inféodés au cotonnier. Sur plus de 1.300 espèces de bioagresseurs identifiées sur le cotonnier dans le monde, 500 ont été répertoriées en Afrique (20, 36, 35).

Une dizaine d'espèces ont une incidence économique majeure au Bénin, comme par exemple *Pectinophora gossypiella* et *Thaumatotibia leucotreta*. Ces deux espèces endocarpiques constituent plus de 50% des espèces rencontrées dans la zone Centre et Sud du Bénin (35, 13, 12). Ces deux espèces se retrouvent beaucoup plus, dans la zone côtière du Bénin, de la Côte d'Ivoire et du Togo.

Pour les contrôler, les produits utilisés depuis plus de deux décennies sont des pyréthrinoïdes vis-à-vis desquels *Helicoverpa armigera*, l'un des principaux ravageurs du cotonnier au Bénin, a développé une résistance, (4, 18, 24, 19). Pour gérer cette résistance, l'utilisation des pyréthrinoïdes a été interdite pendant les 80 premiers jours de végétation. Cette mesure n'est pas sans incidence sur le contrôle des chenilles endocarpiques.

La recherche de produits alternatifs aux pyréthrinoïdes est donc nécessaire d'une part pour contrôler les chenilles endocarpiques, et d'autre part pour gérer la résistance de *H. armigera* aux pyréthrinoïdes.

Dans ce contexte les biopesticides peuvent contribuer à une agriculture durable en réduisant l'utilisation des produits chimiques de synthèse (3, 25, 32). Des études ont montré que les insecticides botaniques peuvent jouer un rôle important dans les programmes de gestion des bioagresseurs de par leur efficacité et du fait qu'ils complètent l'action des ennemis naturels (1, 28, 30).

L'azadirachtine produite par le neem, *Azadirachta indica* A. Juss (famille des Meliaceae), peut contrôler plus de 400 espèces d'insectes dont certains ravageurs du cotonnier (5, 15, 32).

En plus de leur effet insecticide, certains produits à base de neem ont un effet négligeable sur les auxiliaires et un faible impact sur l'environnement (30, 8, 9).

L'objectif de cette étude est de tester l'efficacité d'un biopesticide à base du neem pour le contrôle des chenilles à régimes endocarpique et exocarpique qui s'attaquent au cotonnier et de comparer son efficacité à celle des insecticides de synthèse communément utilisés dans la protection du cotonnier au Bénin.

Matériel et méthodes

Sites d'expérimentation

L'expérimentation a été conduite en 2014 à Gobé (2°25'6"E, 8°00'149"N), Commune de Savè et à Angaradébou (2°20'E, 11°20'N), Commune de Kandi. Savè est situé dans la zone Centre du pays avec une pluviométrie de 1.000-1.300 mm (Figure 1). Le climat est de type soudanien. Le couvert végétal est constitué par une savane parsemée d'arbres et d'arbustes. Il y subsiste encore des îlots de forêts dont la forêt classée de l'Ouémé. Les sols qu'on y rencontre sont des sols ferrugineux tropicaux qui du fait de l'exploitation humaine font place par endroit aux sols latéritiques infertiles.

Kandi est situé dans la zone sèche du Nord du Bénin, département de l'Alibori avec une pluviométrie annuelle variant entre 900-1.000 mm. Les sols sont ferrugineux sur socle cristallin avec près du fleuve Niger des sols alluviaux. La végétation savanicole est dominée par des épineux. La période de croissance végétative (PCV) est de 140 jours. Le climat est du type soudano-sahélien.

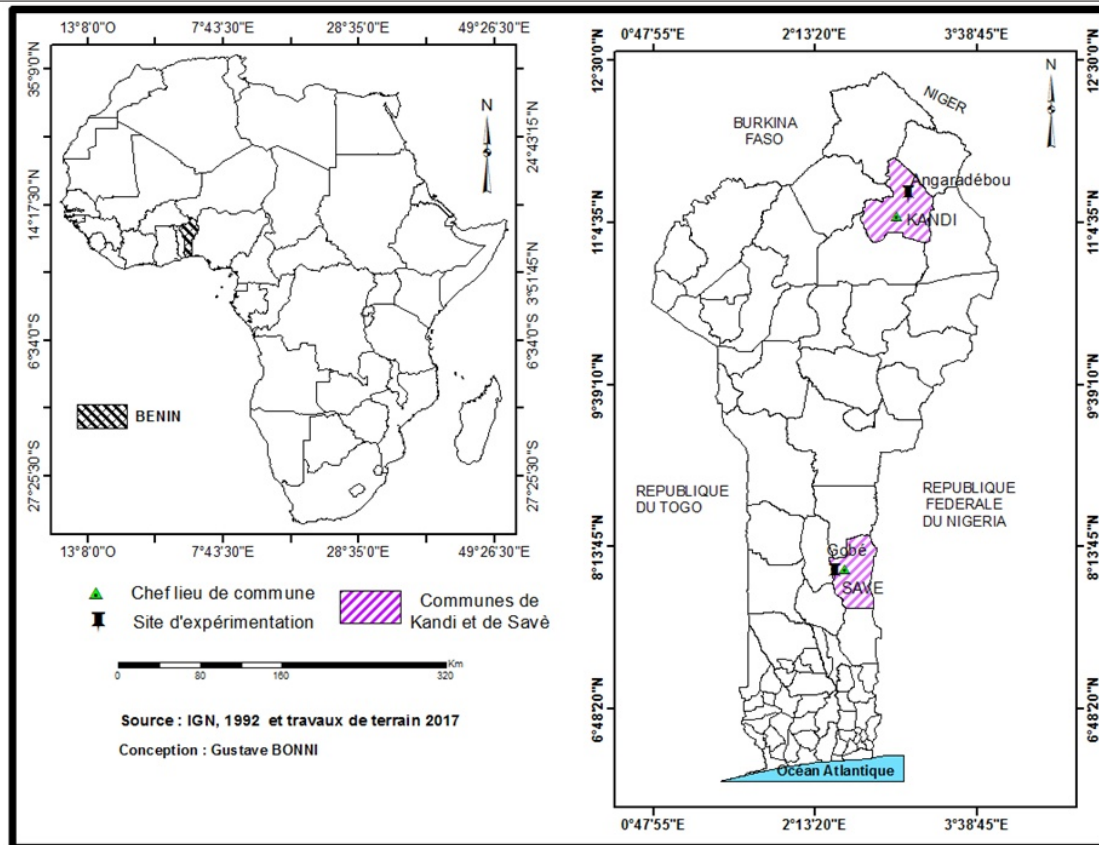


Figure : Sites de l'étude: Angaradébou (Kandi) et Gobé (Savè).

Matériel végétal

La variété de cotonnier utilisée était la variété H 279-1, issue des travaux d'amélioration intra spécifique de l'espèce *Gossypium hirsutum* L. du Centre de Recherches Agricoles Coton et Fibres (13).

Pesticides utilisés

Les produits et associations de produits testés sont présentés dans le tableau 1. Les produits de synthèse utilisés sont des insecticides homologués au Bénin. L'insecticide botanique (azadirachtine 0,5%) testé est commercialisé au Bénin et a été utilisé aux doses de 2, 3 et 4 l/ha. La formulation à base d'emamectine 24 g/l-acetamiprid 32 g/l a été utilisée à la dose de 0,5 l/ha, celle de Cyperméthrine 35g/l-chlorpyrifos 300 g/l à la dose de 1 l/ha et enfin, celle de betacyfluthrine 45 g/l- imidachloprid 100 g/l à la dose de 0,2 l/ha. Ces différentes formulations sont consignées dans le tableau 1.

Dispositif expérimental et traitements phytosanitaires

L'essai a été conduit pendant la campagne cotonnière 2014-2015. Le semis du cotonnier a été réalisé le 15 juin au Nord et le 17 juillet au centre dès que les pluies se sont installées. La variété de cotonnier utilisée était la H279-1. Le semis a été réalisé à raison de 5 graines par poquet et démarré ensuite à 2 plants par poquet.

Le dispositif était un bloc de Fisher de 7 traitements et de 4 répétitions avec des parcelles élémentaires de 8 lignes de 9 m de long), dont 6 lignes ont été traitées. L'espace entre deux lignes était de 0,8 m et entre les plants de 0,4 m; soit 62.500 plants/ha. L'engrais azoté a été apporté le 25 juin au Nord et le 29 juillet au Sud et l'urée au 40^{ème} jour après le semis (j.a.s). Deux sarclo-binages ont été réalisés aux 15^{ème} et 35^{ème} j.a.s. et un sarclo-buttagé le 40^{ème} j.a.s.

Six applications d'insecticides ont été réalisées avec un appareil à dos de type Solo 425 contenant 2,5 litres d'eau + la quantité de produit pour traiter les parcelles de produits de synthèse du 45^{ème} au 120^{ème} jour après la levée (j.a.l.) du cotonnier.

Dix applications ont été par contre réalisées sur les parcelles recevant la solution de Neem, du 30^{ème} au 120^{ème} jour après levée (j.a.l.), à raison d'un traitement par semaine. La parcelle non traitée était utilisée comme témoin absolu. Celles traitées avec les produits binaires cyperméthrine 35 g/l- chlorpyrifos éthyl 300 g/l et emamectine 24 g/l-acetamipride 32 g/l ont été utilisées comme témoin de référence.

Tableau 1
Objets mis en comparaison.

Matières actives et concentration	Dose l/ha
Non traité	-
Emamectine 24 g/l-acetamiprid 32 g/l	0,5
Cyperméthrine 35 g/l-chlorpyrifos 300 g/l	1,0
Betacyfluthrine 45 g/l- Imidachloprid 100 g/l	0,2
Azadirachtine 0,5%	2,0
Azadirachtine 0,5%	3,0
Azadirachtine 0,5%	4,0

Observations

Les observations réalisées ont porté sur:

- L'analyse sanitaire des capsules vertes (ASCV) pour le dénombrement des chenilles endocarpiques, notamment *Pectinophora gossypiella* et *Thaumatotibia leucotreta*. Elle a consisté à échantillonner 50 capsules vertes de même âge (de diamètre supérieur à 2 cm). Ces capsules ont été collectées sur les lignes N°s 2 et 7, chaque semaine dans chaque parcelle élémentaire, du 80^{ème} au 115^{ème} jour après la levée. Elles ont été réparties en capsules saines et attaquées (trouées et piquées). Les ravageurs en présence ont été identifiés et dénombrés.
- Les chenilles exocarpiques (*Helicoverpa armigera* et *Earias* sp.) ont été dénombrées directement sur les organes fructifères et sur 30 plants observés par groupe de 5 plants par lignes, sur les 6 lignes centrales. Ces groupes de plants sont disposés suivant une diagonale.
- L'analyse sanitaire des capsules à maturité (ASCM) a été réalisée à la récolte sur la ligne 3 et sur une distance de 7 m délimitée au centre de la ligne. Le nombre de capsules mûres saines et attaquées (desséchées, percées/trouées ou pourries) a été enregistré. Des échantillons de coton issus des capsules mûres ont été répartis en coton blanc sain issu des capsules saines, en coton blanc issu des capsules attaquées et en coton jaune.
- Ces différents échantillons ont été pesés et le pourcentage de coton jaune a été évalué (32). La récolte de coton graine a été réalisée en trois passages sur les deux lignes centrales de la parcelle et sur une distance de 7 m en laissant 1 m de bordure aux deux extrémités de chaque ligne (37).

Analyse statistique

Les analyses des résultats ont été réalisées à l'aide du logiciel d'analyses statistiques STATENTO. Les coefficients de variation calculés sur les variables naturelles non transformées, la transformation retenue pour chaque variable, la valeur du test F de Snedecor pour l'effet blocs et l'effet traitement sont précisés. Lorsque l'effet traitement est significatif au seuil de 0,05; un classement des moyennes est réalisé au moyen du test de Newman et Keulh.

Les objets significativement différents l'un de l'autre sont identifiés par des lettres différentes (a, b, c,...). La lettre a, est toujours attribuée au meilleur objet, que ce soit le moins attaqué par les bioagresseurs ou le plus productif. Les variables ont été transformées sauf la variable 'Rendement'.

Résultats

Analyse sanitaire des capsules vertes

A Gobé, l'objet traité avec l'insecticide à base de neem a présenté un pourcentage de capsules saines (53,5%) et un pourcentage de capsules percées (1,5%), statistiquement équivalent à celui du témoin de référence, cyperméthrine 35 g/l- chlorpyrifos 300 g/l (53% et 0%). Le nombre de chenilles de *Pectinophora gossypiella* et de *Thaumatotibia leucotreta* dans la capsule a été aussi réduit ($p>0,05$) (Tableau 2).

A Angaradébou, l'objet traité à l'insecticide à base de neem à 2 et 3 l/ha a présenté un pourcentage de capsules saines faible par rapport à celui du témoin de référence, emamectine 24 g/l-acetamipride 35 g/l. Par contre, le pourcentage de capsules saines issues des parcelles traitées à la dose de 4 l/ha de l'extrait de neem lui a été équivalent (Tableau 3). Les résultats similaires ont été observés pour le pourcentage de capsules percées où la parcelle traitée à la forte dose de l'extrait de neem a donné un taux de capsules percées de $18,0\pm 1,0$ % équivalent à celui de la parcelle de référence ($14\pm 0\%$) (Tableau 3).

Les nombres moyens de chenilles de *H. armigera* dans les capsules vertes des parcelles traitées à 3 et 4 l/ha, a été respectivement de 3,25 et 1,50 chenilles par 50 capsules échantillonnées. Ces nombres moyens de chenilles ont été équivalents à celui obtenu avec le produit de synthèse utilisé comme référence. Par contre le nombre moyen de chenilles de *H. armigera* dans les capsules vertes des parcelles traitées à 2 l/ha a été plus élevé ($p=0,039$) (Tableau 3).

Les nombres moyens de chenilles de *Earias* spp. dans les capsules vertes ne met pas en évidence une différence entre les différents traitements ($p=0,0572$) (Tableau 3).

Les chenilles exocarpiques (*H. armigera* et *Earias* sp.)

A Gobé, zone de moyenne infestation de chenilles à régime exocarpiques, les populations des deux espèces (*H. armigera* et *Earias* spp.) ont été faibles. Le nombre de chenilles récoltées sur les parcelles traitées à l'extrait aqueux de neem ne montre aucune différence significative par rapport au nombre récolté sur les autres parcelles traitées ou non (Tableau 4). A Angaradébou, zone de fortes pullulations, les résultats ont montré que le nombre moyen de chenilles carphophages (*H. armigera* et *Earias* spp.) récolté sur les parcelles traitées à l'extrait aqueux de neem a été significativement plus élevé par rapport à celui du témoin de référence (emamectine 24 g/l-acetamipride 32 g/l) et par rapport à la parcelle non traitée soit respectivement 8; 2,6 et 7,5 chenilles/30 plants observés contre 7,5 pour la parcelle non traitée et à 8,0 chenilles/ 30 plants pour l'extrait aqueux de neem. Les résultats ont été similaires pour *Earias* sp. (Tableau 5).

Les chenilles phyllophages

A Gobé, le pourcentage de plants attaqués par *Haritalodes derogata* sur la parcelle traitée à l'extrait de neem a été équivalent à celui de la parcelle témoin traitée avec les produits de synthèse et significativement plus faible que celui de la parcelle non traitée (Tableau 6).

A Angaradébou, le pourcentage de plants attaqués dans les parcelles traitées à l'extrait de neem a été significativement plus faible par rapport à celui de la parcelle non traitée et plus élevé par rapport à celui des parcelles traitées avec les produits de synthèse.

Un effet dose-réponse du produit à base de neem a été observé avec 36,1; 29,8 et 6,1% de plants attaqués pour les doses de 2, 3 et 4 litres/ha respectivement (Tableau 7).

L'Analyse sanitaire des capsules mûres: Taux de coton jaune

A Gobé, le taux de coton jaune sur les parcelles traitées avec l'extrait de neem à 2 l/ha s'est amélioré avec 19,9 % contre 25,4 % sur la parcelle témoin traitée avec les produits de synthèse ($p=0,08$) (Tableau 8).

A Angaradébou, le taux de coton jaune a été de 1,2% sur les parcelles traitées au neem à 2 l/ha contre 0,4% pour le témoin traité avec le produit de synthèse ($p=0,025$), (Tableau 9).

Le rendement de coton graine

A Gobé, le rendement de coton graine obtenu sur les parcelles traitées avec l'insecticide botanique est équivalent à celui des parcelles traitées avec le produit de référence (Cyperméthrine 35 g/l-Chlorpyrifos 300 g/l).

L'augmentation de la dose de l'insecticide botanique a amélioré le rendement de coton graine mais les rendements obtenus avec les différentes doses ne sont pas statistiquement différents entre eux (Tableau 10).

A Angaradébou, les rendements sont plus élevés qu'à Gobé. Ceux des parcelles traitées à l'insecticide botanique ont été inférieurs à celui du témoin de référence (emamectine 24 g/l-acetamid 32 g/l) (Tableau 11).

Tableau 2
Analyse sanitaire des capsules vertes à Gobé.

Traitement	Pourcentage de capsules saines	Pourcentage capsules percées	Nombre de chenilles de <i>P. gossypiella</i> et de <i>T. leucotreta</i> dans 50 capsules
Non traité	32,0±1,17	b 6,0±0,35	b 4,1±0,48 a
Emamectine 24 g/l-acetamid 32 g/l	35,5±1,12	ab 0,5±0,18	a 3,0±0,47 a
Cyperméthrine 35 g/l-chlorpyrifos 300 g/l	53,0±2,02	a 0,0±0,32	a 1,1±0,29 a
Betacyfluthrine 45 g/l- Imidachloprid 100 g/l	51,5±1,53	a 1,5±0,04	a 2,5±0,51 a
Azadirachtine 0,5%	53,5±0,56	a 1,5±0,18	a 2,9±0,28 a
Azadirachtine 0,5%	52,5±1,71	a 0,5±0,22	a 1,6±0,45 a
Azadirachtine 0,5%	53,0±0,55	a 0,5±0,32	a 1,4±0,38 a
Prob. F Objet	0,08	0,03	0,68
% CV	29,40	33,90	84,80

Tableau 3
Analyse sanitaire des capsules vertes à Angaradébou.

Traitement	Pourcentage de capsules saines	Pourcentage de capsules percées	Nombre de chenilles de <i>H. armigera</i>	Nombre de chenilles de <i>Earias sp.</i>
Non traité	68,5±1,00 cd	24±1,00 cd	4,25±0,00 bc	1,0±0,00 a
Emamectine 24 g/l- acetamiprid 32 g/l	82,5±0,00 a	14±0,00 a	1,50±0,00 a	1,0±0,00 a
Cyperméthrine 35 g/l- chlorpyrifos 300 g/l	72,5±1,00 bcd	21±1,00 ab	3,25±0,00 ab	0,0±0,00 a
Betacyfluthrine 45 g/l- Imidachlopid 100 g/l	74,5±1,00 bc	18,5±1,00 ab	2,25±0,00 abc	0,0±0,00 a
Azadirachtine 0,5%	66,0±1,00 d	26,5±1,00 b	4,00±0,00 bc	0,75±0,00 a
Azadirachtine 0,5%	72,5±0,00 bcd	21±0,0 bcd	3,25±0,00 ab	0,0±0,00 a
Azadirachtine 0,5%	77,5±1,00 ab	18±0,1,00 abc	1,50±0,00 a	0,25±0,00 a
Prob. F Objet	0,00	0,00	0,04	0,06
% CV	4,21	14,01	36,13	140,68

Tableau 4
Nombre moyen de chenilles de *H. armigera* et *Earias sp.* à Gobé.

Traitement	<i>H. armigera</i>	<i>Earias sp.</i>
Non traité	0,6 ± 0,16	0,7 ± 0,04
Emamectine 24 g/l-acetamiprid 32 g/l	0,3 ± 0,16	0,3 ± 0,14
Cyperméthrine 35 g/l-chlorpyrifos 300 g/l	0,4 ± 0,05	0,2 ± 0,05
Betacyfluthrine 45 g/l- Imidachlopid 100 g/l	0,7 ± 0,04	0,4 ± 0,05
Azadirachtine 0,5%	0,3 ± 0,16	0,3 ± 0,16
Azadirachtine 0,5%	0,4 ± 0,06	0,3 ± 0,07
Azadirachtine 0,5%	0,4 ± 0,05	0,4 ± 0,06
Prob. F Objet	0,17	0,28
% CV	47,65	42,39

Tableau 5
Nombre moyen de chenilles de *H. armigera* et *Earias sp.* à Angaradébou.

Traitement	<i>H. armigera</i>	<i>Earias sp.</i>
Non traité	7,5±0,18 c	1,5±0,16 c
Emamectine 24 g/l-acetamiprid 32 g/l	2,6±0,23 a	0,5±0,22 ab
Cyperméthrine 35 g/l-chlorpyrifos 300 g/l	8,7±0,33 de	0,3±0,03 a
Betacyfluthrine 45 g/l- Imidachlopid 100 g/l	5,7±0,32 b	0,7±0,03 b
Azadirachtine 0,5%	13,4±0,18 g	2,1±0,16 d
Azadirachtine 0,5%	10,4±0,19 f	2,2±0,10 d
Azadirachtine 0,5%	8,0±0,08 cd	1,8±0,07 cd
Prob. F Objet	0,00	0,00
% CV	2,80	14,80

Tableau 6
Pourcentage de plants atteints par *H. derogata* à Gobé.

Traitement	<i>H. derogata</i>
Non traité	0,71±0,24 b
Emamectine 24 g/l-acetamiprid 32 g/l	0,02±0,02 a
Cyperméthrine 35 g/l-chlorpyrifos 300 g/l	0,00±0,00 a
Betacyfluthrine 45 g/l- Imidachlopid 100 g/l	0,06±0,04 a
Azadirachtine 0,5%	0,31±0,15 a
Azadirachtine 0,5%	0,20±0,16 a
Azadirachtine 0,5%	0,1±0,05 a
Prob. F Objet	0,00
% CV	28,20

Tableau 7
Pourcentage de plants atteints par *H. derogata* à Angaradébou.

Traitement	<i>H. derogata</i>
Non traité	48,0±0,15 d
Emamectine 24 g/l-acetamiprid 32 g/l	0,0±0,10 a
Cyperméthrine 35 g/l-chlorpyrifos 300 g/l	0,0±0,00 a
Betacyfluthrine 45 g/l- Imidachlopid 100 g/l	0,0±0,00 a
Azadirachtine 0,5%	36,1±0,15 cd
Azadirachtine 0,5%	29,8±0,10 c
Azadirachtine 0,5%	6,1±0,05 b
Prob. F Objet	0,00
% CV	32,80

Tableau 8
Analyses sanitaires des capsules mûres à Gobé:
Pourcentage de coton jaune.

Traitement	% de coton jaune
Non traité	22,8±5,66 bc
Emamectine 24 g/l-acetamiprid 32 g/l	25,4±2,64 bc
Cyperméthrine 35 g/l-chlorpyrifos 300 g/l	25,7±4,08 bc
Betacyfluthrine 45 g/l- Imidachlopid 100 g/l	13,9±1,69 a
Azadirachtine 0,5%	19,9±4,78 ab
Azadirachtine 0,5%	22,9±1,97 bc
Azadirachtine 0,5%	24,3±2,70 bc
Prob. F Objet	0,08
% CV	12,70

Tableau 9
Analyse sanitaire des capsules mûres à Angaradébou:
Pourcentage de coton jaune.

Traitement	% coton jaune
Non traité	2,6±0,46 c
Emamectine 24 g/l-acetamiprid 32 g/l	0,4±0,40 a
Cyperméthrine 35 g/l-chlorpyrifos 300 g/l	1,5±0,31 bc
Betacyfluthrine 45 g/l- Imidachlopid 100 g/l	0,8±0,37 ab
Azadirachtine 0,5%	1,2±0,86 b
Azadirachtine 0,5%	1,6±0,33 bc
Azadirachtine 0,5%	1,3±0,55 b
Prob. F Objet	0,03
% CV	23,90

Tableau 10
Production de coton graine à Gobé.

Traitement	Rendement (kg/ha)
Non traité	551± 63,71 bc
Emamectine 24 g/l-acetamiprid 32 g/l	705±153,63 ab
Cyperméthrine 35 g/l-chlorpyrifos 300 g/l	662±162,29 ab
Betacyfluthrine 45 g/l- Imidachlopid 100 g/l	824±204,27 a
Azadirachtine 0,5%	533±188,04 abc
Azadirachtine 0,5%	637±45,16 ab
Azadirachtine 0,5%	705±126,50 ab
Prob. F Objet	0,05
% CV	26,60

Tableau 11
Production de coton graine à Angaradébou.

Traitement	Rendement (kg/ha)
Non traité	958±32,47 c
Emamectine 24 g/l-acetamiprid 32 g/l	1770±182,12 a
Cyperméthrine 35 g/l-chlorpyrifos 300 g/l	1228±64,64 bc
Betacyfluthrine 45 g/l- Imidachlopid 100 g/l	1339±191,77 b
Azadirachtine 0,5%	1248±33,68 bc
Azadirachtine 0,5%	1426±69,20 b
Azadirachtine 0,5%	1431±42,57 b
Prob. F Objet	0,01
% CV	16,90

Discussion

L'objectif de la présente étude était d'évaluer l'efficacité d'une formulation à base de neem à différentes doses dans la lutte contre les principaux ravageurs du cotonnier au Bénin. Les résultats ont montré que cet insecticide peut s'utiliser dans la gestion des chenilles endocarpiques et exocarpiques du cotonnier. Les chenilles endocarpiques passent une grande partie de leur cycle à l'intérieur de la capsule alors que les chenilles exocarpiques vivent beaucoup plus à l'extérieur de la capsule, sur les organes reproducteurs. L'étude a montré que les chenilles carpophages à régime exocarpique (*H. armigera* et *Earias* sp.) sont moins sensibles à l'insecticide botanique, avec des densités de population variant de 13,4; 2,6 et 7,5 chenilles d'*H. armigera* sur 30 plants observés, respectivement sur les parcelles traitées avec la formulation de neem, avec des produits de synthèse et sur la parcelle non traitée ($p < 0,05$). Les mêmes tendances ont été observées avec *Earias* sp. (chenille exocarpique). Ces résultats ont corroboré avec ceux obtenus au laboratoire par Muhammad Rafic *et al.* (22).

Ces auteurs ont observé que *P. gossypiella* (chenille endocarpique) est plus sensible que *H. armigera* (chenille exocarpique) à des extraits aqueux de neem avec un fort taux de mortalité, une baisse de l'alimentation et avec un effet répulsif de la solution. Notre étude a montré lors de l'analyse sanitaire des capsules vertes que les doses les plus élevées (3 et 4 l/ha) ont mieux contrôlé *H. armigera* par rapport à celle de 2 l/ha. En effet, l'azadirachtine n'a pas un effet dissuasif sur l'oviposition de *H. armigera* (Hüber) (26). Cela pourrait justifier sa faible sensibilité à l'extrait de neem. Les insecticides à base de neem perdent souvent leur efficacité après exposition aux intempéries, quelques heures après leur application (16, 28, 30). Les conditions agro-écologiques de la zone septentrionale, zone de prédilection des chenilles carpophages à régime exocarpique, avec un fort ensoleillement, pourraient constituer un facteur limitant à l'expression des réelles potentialités de cet insecticide botanique. Douro Kpindou *et al.* (5), ont étudié l'efficacité de différents pesticides, notamment des produits chimiques de synthèse, des champignons entomopathogènes et l'extrait de neem sur les ravageurs du cotonnier.

Les pourcentages de boutons floraux et de capsules attaqués par les carpophages sur les parcelles traitées aux biopesticides sont significativement supérieurs à ceux des parcelles traitées avec un produit de synthèse. Ce résultat confirme l'effet limité de l'extrait de neem par rapport aux produits de synthèse observé dans cette étude sur *H. armigera* et *Earias* sp., malgré les doses croissantes testées. L'effet de l'insecticide botanique, quoique faible sur *H. armigera* met cependant en évidence son effet dose. Les fortes doses (3 et 4 l/ha) ont eu un effet équivalent à celui de l'insecticide de synthèse. Il a été montré au laboratoire, que lorsque la concentration de l'insecticide à base de neem diminue, le taux de mortalité d'*Helicoverpa armigera* diminue également (22). En zone de fortes infestations par les chenilles endocarpiques, l'analyse sanitaire des capsules vertes et des capsules à maturité a montré que l'insecticide botanique à 2 l/ha a une efficacité équivalente à celles des produits de synthèse. Les taux de capsules saines et de capsules percées n'ont pas été significativement différents de ceux observés avec le témoin de référence. La densité de la population des chenilles endocarpiques a été réduite par rapport à celle des parcelles non traitées. Ces résultats confirment ceux obtenus par Nboyine *et al.* (23). En effet, ces auteurs ont observé que l'extrait aqueux de neem avait réduit significativement l'abondance des chenilles carpophages, des pucerons et de la mouche blanche par rapport à la parcelle témoin. L'extrait aqueux de neem a amélioré le taux de coton jaune en zone de pullulation des chenilles endocarpiques par rapport à celui de la zone Nord (zone à chenilles exocarpiques). Le pourcentage de coton jaune est naturellement plus élevé dans cette zone (12, 13), dû aux attaques des chenilles endocarpiques. Le taux de coton jaune obtenu dans la zone à chenilles endocarpiques équivaut à celui obtenu avec les produits chimiques de synthèse, ce qui confirme l'effet de l'extrait de neem dans le contrôle de ces chenilles (*Pectinophora gossypiella* et *Thaumatotibia leucotreta*). En zone Nord où le taux de coton jaune est relativement plus faible, (0,8 à 2,6%), l'extrait de neem a produit un taux de coton jaune plus élevé que le témoin traité avec un produit de synthèse. Les produits à base de neem améliorent les rendements de coton graine au champ (6, 3, 23). Le rendement obtenu dans cette étude avec l'insecticide botanique a été équivalent à celui du témoin de référence, cyperméthrine 35 g/l-chlorpyrifos 300 g/l dans la zone à chenilles endocarpiques. Les travaux de certains auteurs (6, 23) ont montré une amélioration du rendement en fonction de l'augmentation de la dose, ce qui confirme nos résultats. Sur le phyllophage, *H. derogata*, l'insecticide botanique a réduit de façon significative le pourcentage de plants attaqués par rapport à celui de la parcelle non traitée. Ces résultats confirment ceux déjà obtenus (22, 23, 33). Son effet était resté cependant faible sur ce phyllophage par rapport aux produits de synthèse

utilisés et qui contiennent des pyréthrinoïdes. Les pyréthrinoïdes sont toxiques à de faibles doses pour les insectes. Leur toxicité passe par leur aptitude à empêcher la fermeture des canaux sodiques au niveau des axones des neurones, inhibant ainsi la repolarisation des cellules nerveuses et la génération d'un potentiel d'action: les neurones devenant inactifs, l'animal est paralysé (2, 10). L'insecticide botanique par contre, a un effet plus lent. Il a la potentialité d'empêcher l'insecte de se nourrir, agit sur sa métamorphose et sur sa reproduction (1, 5). L'effet remarquable de l'extrait de neem observé sur le contrôle des chenilles endocarpiques montre que cette formulation pourrait avoir une action systémique. Schmutterer (31) a observé que l'azadirachtine contenu dans les extraits de neem a une durée de 4-5 jours en milieu naturel et que cette durée pourrait être plus longue en cas d'effet systémique de la matière active.

Conclusion

Notre étude a permis de mesurer l'efficacité d'une formulation phytosanitaire à base d'extrait de neem pour lutter contre plusieurs ravageurs du cotonnier au Bénin. Les populations des chenilles carpophages à régime exocarpique ont été moins bien contrôlées que celles des chenilles à régime endocarpique. L'insecticide botanique bien qu'ayant permis de réduire le nombre de plants attaqués par le phyllophage *H. derogata*, présente une efficacité plus faible que celle des insecticides de synthèse. Des études sur l'utilisation de ce produit en association avec d'autres insecticides botaniques sont à envisager pour renforcer son efficacité sur les chenilles exocarpiques dans la zone septentrionale. Utilisé seul, la dose de 3 à 4 l/ha serait recommandée. En zone Centre et Sud, où les populations des chenilles endocarpiques sont importantes, cet insecticide botanique pourrait être utilisé à 2 l/ha dans un programme de gestion intégrée contre ces ravageurs. Toutes ces études pourraient permettre d'envisager à court terme l'utilisation d'insecticide à base d'extrait de neem pour protéger les parcelles de cotonnier contre les bioagresseurs au Bénin. Cette alternative à l'emploi de matières actives de synthèse constituerait une avancée notoire pour protéger la santé des cotonculteurs et préserver l'environnement.

Remerciements

Nous remercions les responsables du Laboratoire de Protection des Végétaux, de Pathologie et de Parasitologie des abeilles et ceux du Centre de Recherche Agricole Coton et Fibres pour leur appui technique et financier. Nous remercions également les Drs. Douro, Baimey et Batamoussi pour les différentes observations et orientations sur ce document, sans oublier C. Akokponhoun et P. Gnanvè pour le suivi des expérimentations.

Références bibliographiques

1. Ascher K.R.S., 1993, Nonconventional insecticidal effects of pesticides available from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Arch. Insect Biochem. Physiol.*, **22**, 433-449.
2. David E.R., & Philip J.F., 2000, Pyrethroid Insecticides: Poisoning Syndromes, Synergies, and Therapy. *J. Toxicol.*, **38**, 2.
3. Dhingra S., Walia S., Kumar J., Singh S., Singh G. & Parmar B.S. 2008. Field efficacy of Azadirachtin-A, tetrahydroazadirachtin-A, NeemAzal and endosulfan against key pests of okra (*Abelmoschus esculentus*). *Pest Manag. Sci.*, **64**, 11, 1187-1194.
4. Djihinto A., 1999, *Résistance aux pyréthrinoïdes observée chez Helicoverpa armigera (Hübner, 1808) (Lépidoptère, Noctuidae) Ravageurs du cotonnier au Nord Bénin*. Mémoire de Diplôme d'Etudes approfondies, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier, 36 p.
5. Douro Kpindou O. K., Paraiso A., Djegui D. A., Maffon S., Glitho I. A., Tamo M., 2013. Comparative study of the efficacy of entomopathogenic fungi, chemicals and botanical pesticides management of cotton pest and their natural enemies in Benin. *Int. J. Sci. Adv. Tech.*, **3**, 1, 21-33.
6. El Shafie HAF, Basedow T., 2003, The efficacy of different neem preparations for the control of insects damaging potatoes and egg plants in Soudan. *Crop Prot.*, **22**, 1015-1022.
7. DPP/MAEP (Direction de la Programmation et de la prospective/Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche), 2010, *Annuaire statistique: Campagnes agricoles 2008 et 2009*. DPP/MAEP-PADSA/DANIDA, Cotonou, Bénin.
8. Gnimmassou A.Y.Y., 2005, *Utilisation des mixtures d'insecticides synthétiques et botaniques dans la gestion des ravageurs du cotonnier et leur impact sur la biodiversité des ennemis naturels*. Mémoire d'Ingénieur, FSA/UAC, Bénin, 52 p.
9. Haseeb M., Liu T.-X. and Jones W.A., 2004. Effect of selected insecticides on *Cotesia plutellae* endoparasitoid of *Plutella xylostella*. *Biocontrol.*, **49**, 33-46.
10. Henk P.M., Vijverberg & vanden Bercken J., 1990, Neurotoxicological effects and the mode of action of pyrethroid insecticides. *Critical Rev. Toxicol.*, **21**, 2.
11. IFPRI-LARES, 1998, *National Survey of Small Farmers in Benin*. International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington DC, USA.
12. INRAB/CRA-CF., 2006-2007, *Rapport de Campagne Expérimentation Phytosanitaire*, 97 p.
13. INRAB/CRA-CF., 2004-2005, *Rapport de Campagne Expérimentation Phytosanitaire*, 84 p.
14. INRAB/CRA-CF., 2012, *Des réponses aux 22 questions des acteurs à la recherche agricole d'appui à la filière cotonnière au Bénin*. 27 p.
15. Isman M.B., 1999, *Neem and related natural products*. In: *Biopesticides: use and delivery*. Ed. Hall F.R., Menn J.J., Springer, Humana Totowa, 139-153.
16. Koul, O., Isman M.B. and Ketkar C.M., 1990. Properties and uses of neem, *Azadirachta indica*. *Can. J. Bot.*, **68**, 1-11.
17. MAEP, 2010, *Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole (PSRSA). Version finale*, 112 p.
18. Martin T., Ochou G., Hala-N'klo F., Vassal J.M., Vaissayre, 2000, Pyrethroid resistance in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) in West Africa. *Pest Manag. Sc.*, **56**, 6, 549-554.
19. Martin T., 2003, *La résistance aux insecticides de Helicoverpa armigera (Hübner) en Afrique de l'Ouest: du mécanisme à la gestion*. Thèse de doctorat de l'université de Toulouse III, 80 p.
20. Matthews G., 1996, The importance of scouting in cotton IPM. *Crop Prot.*, **15**, 369-374.
21. MEF, 2010, *Evaluation ex-ante de la mise en œuvre des stratégies de relance du pôle coton-textile au Bénin*. Rapport final. 86 p.
22. Muhammad Rafic M., Umar Dahot S., Habib N., Mahadev M. & Nadir A., 2012, Efficacy of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) callus and cells suspension extracts against three lepidopteran insect of cotton. *J. Med. Plant Res.*, **6**, 40, 5344-5349.
23. Nboyine J.A., Abudulai M., Opare-Atakora Y., 2013, Field efficacy of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) based biopesticides for the management of insect-pests of cotton in Northern Ghana. *J. Exp. Biol. Agric. Sci.*, **1**, 4, 321-327.
24. Ochou G. & Martin T., 2002, Pyrethroid resistance in *Helicoverpa armigera* (Hübner): Recent developments and prospects for its management in Côte d'Ivoire, West Africa. *Resist. Pest Manag. Newsletter*, **12**.
25. Rathod S.T., Borad P.K., Bhatt N.A., 2009, Bio-Efficacy of neem based and synthetic insecticides against red pumpkin beetle, *Aulacophora foveicollis* (Lucas) on bottle gourd. *Pest Manag. Hortic. Ecosystems*, **15**, 2, 150-154.
26. Saxena K.N. & Rembold H., 1984, *Orientation and ovipositional responses of Heliothis armigera to certain neem constituents*. Proceedings of the second International neem Conference, Rauichsho Izhausen, Germany. Pp. 199-210.
27. Saxena K.N. & Basit A., 1982, Inhibition of oviposition by volatile of certain plants and chemicals in the leafhopper, *Amrasca devetans* (Distant). *J. Chem. Ecol.*, **8**, 329-338.
28. Shoil M., Greenberg S.M., Allan T., Showler A.T. & Tong-Xiang L., 2005. Effects of neem-based insecticides on beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Insect Sci.*, **12**, 17-23.
29. Showler A.T., Greenberg S.M. & Arnason J.T., 2004, Deterrent Effects of Four Neem-Based Formulations on Gravid Female Boll Weevil (Coleoptera: Curculionidae) Feeding and Oviposition on Cotton Squares. *J. Econ. Entomol.*, **97**, 2, 414-421.
30. Schmutterer H., 1990. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Ann. Rev. Entomol.*, **35**, 271-297.
31. Schmutterer H., 1988. Potential of Azadirachtin-containing pesticides for integrated control in developing and industrial countries. *J. Insect Physiol.*, **34**, 713.
32. Shafiq M.A., Nadeem A. & Fazil H., 2012, Potential of Biopesticides in Sustainable Agriculture, Strategies for Sustainability. *Environ. Protection Strategies Sustainable Dev.*, 529-595.

33. Togbé C. E., Haagsma, R., Zannou, E., Gbèhounou G., Déguénon J.M., Vodouhè S., Kossou D. and Van Huis A., 2015, Field evaluation of the efficacy of Neem oil of (*Azadirachta indica* A. Juss) and *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. in Cotton. *J. Applied Entomol.*, **39**, 3, 217-228.
34. Vaissayre M., Deguine JP., 1996, Cotton protection programmes in francophone Africa. *Phytoma*, **489**, 26-29.
35. Vaissayre M, Ochou GO, Hema OS, Togola M., 2006, Quelles stratégies pour une gestion durable des ravageurs du cotonnier en Afrique sub-saharienne? *Cah. Agric.*, **15**, 80-84.
36. Vaissayre M., Cauquil J., 2000, *Principaux ravageurs et maladies du cotonnier en Afrique au Sud du Sahara*. Editions du CIRAD, Montpellier, France.
37. Vayssaire M, 1982. Méthodes d'échantillonnage des populations d'insectes dans les cultures cotonnières d'Afrique. *Entomophaga*, **Special issue**, 25-29.

G. Bonni, Béninois, Doctorant, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin; Centre de Recherches Agricoles Coton et Fibres, Cotonou, Benin.

M. Adegnika, Béninois, Msc, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin; Centre de Recherches Agricoles Coton et Fibres, Cotonou, Benin.

A. Paraïso, Béninois, PhD, Enseignant-Chercheur, Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Laboratoire de Protection des Végétaux, de Pathologie et de Parasitologie des abeilles (LAPPAB). Parakou, Bénin.

Analyse des performances techniques des clarificateurs et déshydrateurs d'huile de palme au Bénin

R.H. Ahouansou^{1,2*}, P.B. Agbobatinkpo^{1,3}, C.H. Sossou² & E.A. Sanya²

Keywords: Palm oil- Throughput- Moisture content- Yield- Clarification- Dehydration- Benin

Résumé

La clarification et la déshydratation sont deux opérations importantes dans la technologie de fabrication de l'huile de palme. Une clarification inefficace et une mauvaise déshydratation peuvent entraîner des pertes importantes d'huile et la détérioration de ses qualités organoleptiques et nutritives. On retrouve au Bénin chez les transformateurs, des clarificateurs et des déshydrateurs artisanaux, semi-artisanaux et des clarificateurs-déshydrateurs. Cette étude vise à évaluer les performances techniques de ces équipements. Les résultats montrent que les clarificateurs artisanaux, semi-artisanaux et les clarificateur-déshydrateurs ont respectivement une capacité horaire de 23,33 kg/h; 216,66 et 327 kg/h avec la variété de fruit Tenera. Ces équipements permettent d'obtenir des huiles de teneurs en eau résiduelle respective de 1,20%; 1,05% et 1,30%. Les rendements de clarification sont respectivement de 92,90%; 82,4% et 79,8%. Les déshydrateurs artisanaux, semi-artisanaux et le clarificateur-déshydrateur ont réduit de près de 3 à 4 fois les teneurs en eau des huiles obtenues par les clarificateurs. Toutefois, le seuil de 0,1%, adopté pour norme internationale comme celui offrant une bonne conservation de l'huile n'est pas atteint dans la majorité des cas. Pour y parvenir, il faudrait chauffer l'huile à une température de 128 °C.

Summary

Analysis of the Technical Performances of Clarifiers and Palm Oil Dehydrators in Benin

Clarification and dehydration are two important operations in the palm fruit processing technology. Inefficient clarification and a poor dehydration can lead to significant losses of palm oil and damage of organoleptic and nutritive qualities. In Benin, palm oil processors use artisanal and semi-artisanal boilers, dehydrators, and clarifier-dehydrators. The aim of this study is to evaluate the technical performances of these equipments. The results showed that the artisanal, semi-artisanal boilers and clarifier-dehydrators had a hourly throughput respectively of 23.33 kg/h; 216.66 and 327 kg/h with palm variety Tenera. The moisture content of the palm oil obtained with these equipments were respectively 1.20%; 1.05 and 1.3%. The clarification yields were respectively 92.9%; 82.4% and 79.8%. The artisanal, semi-artisanal dehydrator and clarifier-dehydrator reduced the moisture content of the boiled oil by nearly 3 to 4 times. However, the threshold of 0.1%, adopted for international standard offering good conservation of oil, was not reached in the majority of cases. To achieve this, the oil should be heated to a temperature of 128 °C.

¹Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, Programme Technologie Agricole Alimentaire, Cotonou, Bénin.

²Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Appliquée, Cotonou, Bénin.

³Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire des Sciences Alimentaires, Cotonou, Bénin.

⁴Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, Programme analyse de la politique agricole, Cotonou, Bénin.

*Auteur correspondant: Email: gnankis@yahoo.fr

Introduction

L'huile de palme est devenue aujourd'hui le produit oléagineux le plus consommé au monde et elle est à l'origine d'une filière agro-industrielle prospère, dopée par la demande en carburants d'origine végétale (21). Le palmier à huile pousse dans les pays tropicaux humides: le Golfe de Guinée en Afrique d'où il est originaire, l'Amazonie et l'Amérique Centrale et enfin l'Asie du Sud-Est où il est de loin le plus présent aujourd'hui. Quinze millions d'hectares au total sont plantés dans le monde. La moitié des aliments transformés en contiennent ainsi que bon nombre de cosmétiques. Elle est utilisée de plus en plus par les véhicules comme carburant (18, 21). Deux pays, l'Indonésie et la Malaisie produisent presque 87% de la production mondiale (12). Cette huile est utilisée à 80% dans l'agroalimentaire, 19% dans l'oléochimie et 1% pour le biocarburant (14). La variété Tenera est la plus cultivée à cause de sa forte teneur en huile (29). La transformation du palmier permet d'obtenir de l'huile de palme, du savon, du vin de palme, de la vannerie, des fertilisants, des produits de la médecine traditionnelle (racines), du matériel de construction (tronc) (8, 19).

Les plus grands producteurs régionaux sont le Nigeria, la Côte d'Ivoire suivis à un degré moindre du Cameroun, du Ghana, de la Sierra Leone, du Bénin et du Liberia. La production du Bénin en 2013 est estimée à 56.000 tonnes d'huile contre 960.000 tonnes pour le Nigeria et 415.000 tonnes pour la Côte d'Ivoire et 225.000 tonnes pour le Cameroun (11). L'activité de transformation des fruits de palmier en huile apporte aux acteurs d'importants revenus (10). Son importance a amené plusieurs pays à adopter des plans de développement de la filière (18). Au Nigeria, il faut environ 623.650 Naira pour installer une petite unité de transformation des fruits de palmier en huile. La marge brute sur la transformation de 100 régimes de palme est estimée à 44.000 Naira et la marge nette à 14.000 Naira (25). Au Bénin, l'utilisation de la presse Dékanme manuelle permet de dégager une marge nette annuelle de 653.000 FCFA contre 503.430 pour la pratique paysanne. Le seuil de rentabilité de cette presse est de 14,40 tonnes de fruits (1).

La filière palmier à huile demeure l'une des filières dont le développement devient impérieux afin que le Bénin retrouve sa place sur le marché international dans le contexte de la mondialisation et de la crise monétaire et économique sevrant au Nigeria. L'huile produite au Bénin ne peut s'imposer que si elle répond aux normes internationales de qualité admises (3, 28). Les qualités organoleptique et hygiénique de ce produit nécessitent une amélioration pour sa compétitivité sur le plan sous-régional et international (9).

Selon une enquête de la Banque Ouest Africaine de Développement (BOAD) sur comment relancer la filière des oléagineux, l'huile de palme présente les meilleurs atouts pouvant aider les dirigeants africains à résorber le déficit de leurs pays en huile. Cette huile est déjà intégrée dans les habitudes alimentaires des consommateurs de l'espace de l'Union économique et monétaire ouest-africaine (UEMOA) et présente de grandes possibilités de développement notamment dans les pays côtiers: Côte d'Ivoire, Bénin, Togo, etc. (3).

Ces dernières années sont marquées au Bénin par le développement des palmeraies sélectionnées privées avec un besoin de plus en plus croissant en équipements pour la transformation (15). En effet, la méthode traditionnelle d'extraction d'huile ne permet pas de maximiser les marges bénéficiaires. Pour faire face à ce besoin, réduire la pénibilité du travail et améliorer la qualité du produit, différents équipements, notamment les presses à huile, ont été développés au Bénin et dans la sous-région ouest et centre africaine.

Depuis 2000, le Programme Technologie Agricole Alimentaire (PTAA) a entrepris des travaux de recherche sur les équipements de transformation du palmier à huile: les presses manuelles (1), les presses motorisées (4, 23), les dépulpeurs (6), les défibreuses (5) et les concasseurs de noix (7). Malgré l'introduction de ces équipements, les performances des unités de transformation restent à optimiser pour améliorer leur niveau de compétitivité. Certains auteurs (2) ont rapporté que les opérateurs doivent adopter de bonnes pratiques de transformation pour utiliser de façon efficace les ressources disponibles. Jusque là aucune étude n'a été réalisée sur les performances techniques des clarificateurs, des déshydrateurs et les clarificateurs-déshydrateurs de sorte que leurs performances réelles soient demeurées inconnues.

L'efficacité technique du clarificateur a une influence sur le taux d'extraction d'huile et le rendement de clarification. Une clarification inefficace entraîne des pertes importantes d'huile et la détérioration de ses qualités organoleptiques et nutritives.

Le déshydrateur opère la réduction du taux d'humidité de l'huile lui conférant ainsi une teneur en eau résiduelle aussi faible qu'il le peut. Une huile ayant une teneur en eau résiduelle relativement élevée se conservera moins bien et des exemples de détérioration de la qualité de l'huile en cours de conservation dans les unités de transformation des Unions Régionales pour l'Aménagement Rural (URCAR) sont fréquents et interpellent les chercheurs et équipementiers.

La présente étude s'est fixée alors comme objectif d'évaluer les performances techniques des équipements de clarification et de déshydratation existant et de faire des recommandations pour leur utilisation optimale.

Matériel et méthodes

Matériel végétal

Les fruits de palmier naturel (*Dura naturel*) et les fruits du palmier sélectionné (*Tenera*) ont été utilisés dans cette étude portant sur pour l'évaluation des clarificateurs et déshydrateurs.

Les tests ont été réalisés sur la ferme de Tovizounkou à Fouditi (Ikpinlè; commune de Adja-Ouèrè) au Grand-Agonvi à Ikpinlè et à Avrankou. L'étude a été faite avec le clarificateur simple, le clarificateur semi-artisanal et le clarificateur déshydrateur. Les déshydrateurs simple et semi-artisanal ont été également évalués.

Clarificateur artisanal

Le clarificateur est constitué d'un fût métallique de forme cylindrique ayant une capacité de 200 litres (Photo 1). Le jus brut recueilli après le pressage est versé dans le fût auquel il est ajouté de l'eau dans la proportion de 3 litres de jus brut pour 1 litre d'eau. L'ensemble est chauffé pendant 1 h 30 mn environ. Après le chauffage, la même quantité d'eau y est ajoutée pour accélérer la décantation.

Il est alors obtenu une séparation en différentes couches des produits. On trouve de haut en bas, dans l'ordre: de l'huile propre, les cellules oléifères non rompues, des impuretés, l'eau en excès, le sable et enfin la boue au fond du fût.



Clarificateur semi-artisanal

On distingue deux types de clarificateurs semi-artisanaux: le clarificateur semi-artisanal simple (discontinu) et le clarificateur-déshydrateur (en continu). Le clarificateur semi-artisanal est également réalisé en feuilles de tôle par mécano-soudure.

C'est une cuve cubique d'environ 1,20 m d'arête. Il repose sur des supports en fer cornière de 50 qui déterminent son foyer de combustion. Il est muni d'un entonnoir d'environ 12 cm de diamètre soudé à un tuyau qui descend le long du clarificateur jusqu'à 25 cm environ du fond. Il y est aménagé un robinet de récupération d'huile. Son fonctionnement est identique au précédent, à la seule différence qu'il possède un robinet de récupération d'huile (situé au 1/3 environ de sa hauteur à compter de son bord supérieur) et un robinet de vidange des boues aménagé en sa base.

Clarificateur-déshydrateur

Le clarificateur en continu est réalisé en trois compartiments comprenant un clarificateur, un déshydrateur et une cuve à eau (Photo 2, Figure 1). Le clarificateur est composé d'un premier décanteur 9 placé dans un second 4, d'un déshydrateur 13 et d'un bac à eau 12. Le premier décanteur est muni d'un entonnoir 1 de conduit d'eau. L'huile est totalement clarifiée dans un second décanteur relié au déshydrateur par un tuyau 10 de récupération d'huile. Chacun de ces décanteurs est muni d'un tuyau de vidange 7. Le déshydrateur 13 utilise la chaleur provenant de la canalisation d'évacuation des fumées 16 issues du foyer réalisé de façon combinée au clarificateur. Cette chaleur chauffe l'eau du bac 12.

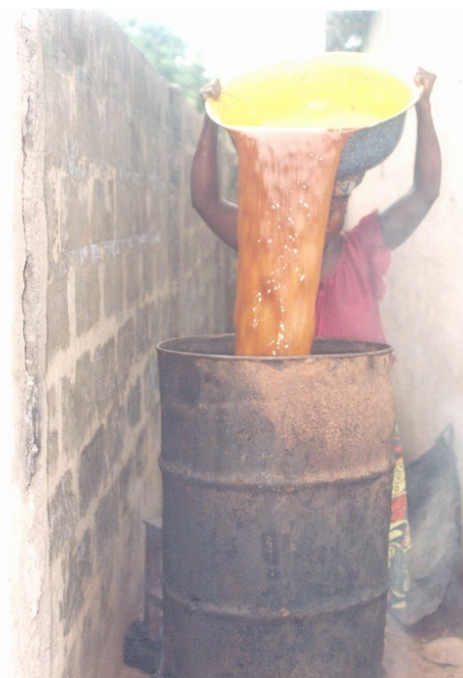
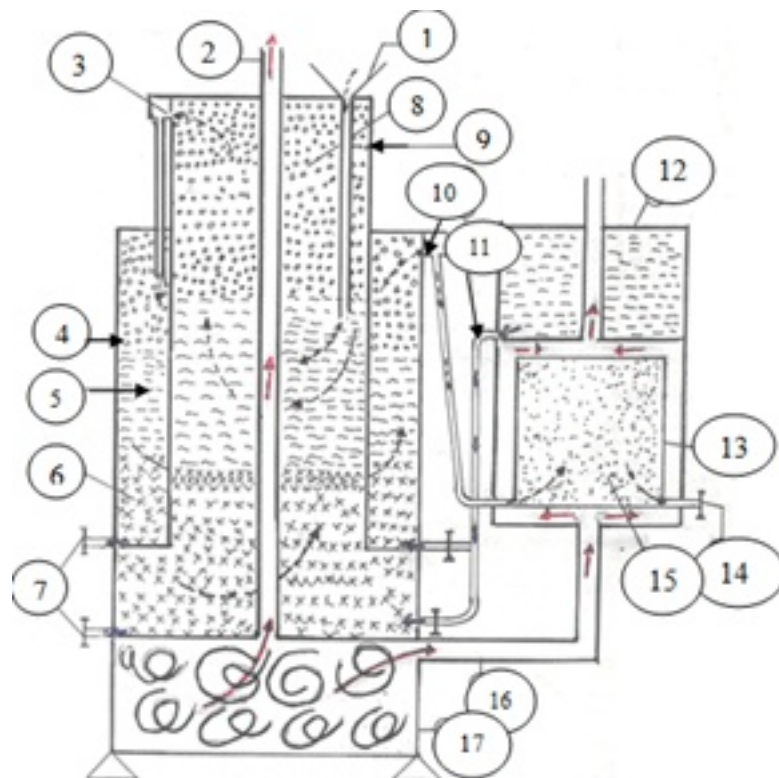


Photo 1: Clarificateur simple artisanal.



Photo 2: Clarificateur-déshydrateur.



1- Entonnoir, 2- Cheminée centrale, 3- Orifice sortie huile pré clarifiée, 4- Deuxième décanteur, 5- Eau, 6- Boue, 7- Robinet de vidange, 8- Huile 1ère clarification, 9- Premier décanteur, 10- Orifice sortie huile clarifiée, 11-Robinet d'apport d'eau chaude, 12- Bac d'eau chaude, 13- Déshydrateur, 14- Robinet récupération huile finie, 15- Huile déshydratée, 16- Cheminée secondaire, 17- Foyer

Circuit de la fumée (flèches continues rouges)

Circuit de l'eau (flèches continues noires)

Circuit de l'huile (flèches discontinues noires)

Figure 1: Coupe transversale du clarificateur-déshydrateur.

L'eau contenue dans le premier décanteur rempli au quart, est chauffée à ébullition. Le jus brut issu du pressage des fruits y est introduit par l'entonnoir pour y être mélangé avec l'eau bouillante. Après 40 à 45 mn de chauffage, le robinet de la cuve est ouvert pour y introduire l'eau chaude venant de la cuve 12. En ce moment précis, l'huile surnageant ainsi l'eau et la boue, déborde le premier décanteur pour se déverser dans le second par l'orifice 10. À ce niveau, l'huile est de nouveau cuite environ 30 mn, de l'eau chaude y est introduite une deuxième fois à partir du bac 12. Par le même procédé l'huile déborde et découvre un orifice et le canal lié qui l'achemine jusqu'au déshydrateur 13. Dans ce dernier, la chaleur provenant de canalisation d'évacuation des fumées permet d'éliminer les traces d'eau encore présentes dans l'huile clarifiée. L'ouverture du robinet de récupération située à la base de l'appareil permet de recueillir l'huile déshydratée.

Les déshydrateurs

Le déshydrateur artisanal est une marmite en aluminium (Photo 3). L'huile clarifiée y est versée et chauffée pendant 30 mn. Ce qui permet à l'opératrice (transformatrice) de réduire sensiblement la teneur en eau résiduelle de l'huile clarifiée. Le chauffage se fait sous un feu relativement doux.

Le déshydrateur semi-artisanal ou déshydrateur simple de forme cylindrique, est réalisé en mécano-soudure. L'huile clarifiée y est versée et est chauffée. Il est également muni à sa partie inférieure d'un robinet de récupération d'huile. Le tableau 1 donne les caractéristiques dimensionnelles des différents clarificateurs et déshydrateurs ainsi décrits et testés dans la présente étude.

Procédé de transformation

Deux procédés de transformation des fruits du palmier à huile ont été utilisés dans le cadre de cette étude (Figure 2). Le premier dit "Procédé artisanal" est fait pour caractériser les clarificateurs et déshydrateurs artisanaux. Le second dit "procédé semi-artisanal" est utilisé pour évaluer les performances des clarificateurs et déshydrateurs semi-artisanaux. Ainsi, le jus brut obtenu à l'issue du dépulpage et lavage de la pâte huileuse ou par pressage est clarifié avec le clarificateur approprié puis l'huile obtenue est déshydratée.



1: Marmite de séchage en aluminium 2 : Foyer en terre de barre; 3: Robinet de récupération de l'huile; 4: Tank de séchage; 5: Chambre de combustion.

Photo 3: Déshydrateur artisanal (marmite chauffés).

Tableau 1
Caractéristiques techniques des clarificateurs et déshydrateurs.

Types d'équipements		Dimensions (en cm)	Volume (l)
Clarificateur artisanal (fût)		Hauteur: 93; rayon: 29,50	229
Clarificateur semi-artisanal simple (discontinu)		Hauteur: 120,5; Longueur: 122; largeur: 121	1601
Clarificateur-déshydrateur Semi-artisanal en continu	1 ^{er} décanteur	Hauteur: 136; rayon: 60	1385
	2 ^e décanteur	Hauteur: 100; rayon: 85	2044
	Séchoir	Hauteur: 74; rayon: 38	302
	Cuve à eau	Hauteur: 8 ; rayon: 38	327
Déshydrateur artisanal (Marmite en aluminium)		Diamètre: 30	250
Déshydrateur semi-artisanal		Hauteur: 120; Diamètre: 120	1350

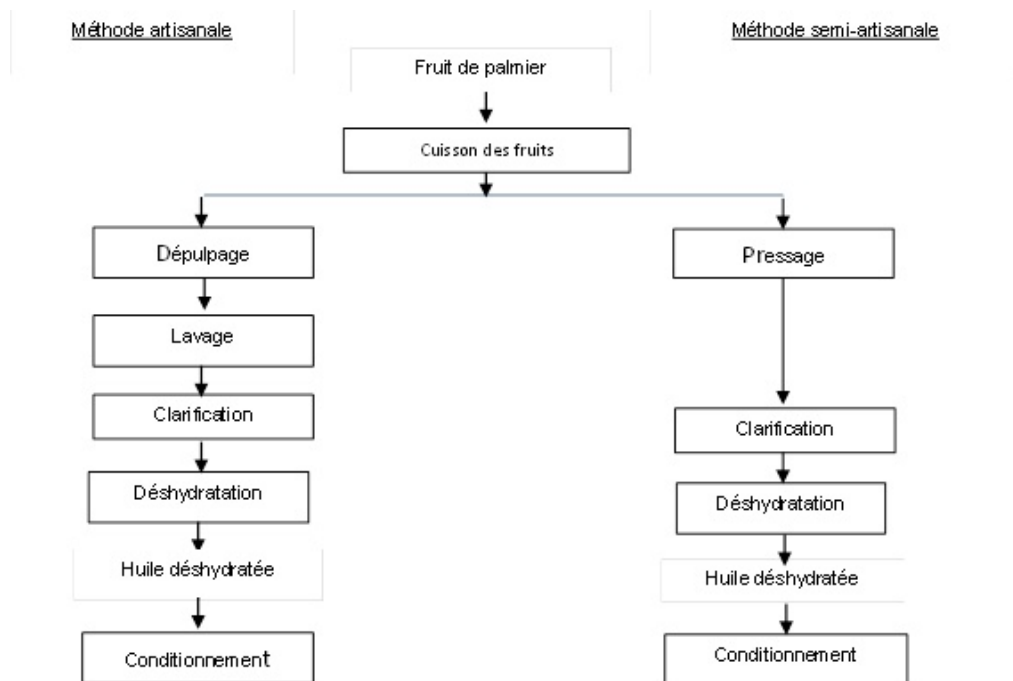


Figure 2: Processus comparatifs de transformation en huile des fruits de palmier par les méthodes artisanale et semi-artisanale.

Dispositif expérimental

Dans la présente étude, les traitements suivants ont été réalisés :

- Traitement T_0 : Clarificateur artisanal+ déshydrateur artisanal;
- Traitement T_1 : Clarificateur semi-artisanal+ déshydrateur semi-artisanal;
- Traitement T_2 : Clarificateur-déshydrateur.

Chaque traitement est réalisé avec les variétés de fruits naturelles et sélectionnées. Six répétitions sont effectuées par essai et par variété à raison de 100 kg de fruits par répétition pour la technologie artisanale et 500 kg de fruits pour la technologie semi artisanale en raison de la capacité de cette dernière.

A chaque répétition, les données suivantes ont été collectées: masse de fruit; durée de cuisson; durée de pressage; durée de clarification; durée de séchage; masse d'huile finie; masse des noix palmistes et masse des fibres; nombre de personnes ayant réalisé chaque opération; quantité d'eau (en cuisson et clarification).

Des prises d'échantillons de fruits et des tourteaux découlant ont été effectuées au cours des essais pour les analyses de leurs teneurs en huile rémanente mais également des échantillons d'huiles clarifiées pour la détermination de leurs teneurs en eau résiduelle au laboratoire, autant de paramètres qui complètent ceux énumérés précédemment.

Caractérisation des clarificateurs et déshydrateurs

Les performances des clarificateurs ont été évaluées à travers les paramètres tels que: la Capacité horaire, le Rendement d'extraction et la Teneur en eau de l'huile en sortie.

Quant aux déshydrateurs, leurs performances ont été évaluées à travers leur Capacité horaire et la Teneur en eau de l'huile déshydratée. Une courbe caractéristique du déshydrateur semi-artisanal a été établie également.

La Capacité horaire (C_h) correspond à la quantité d'huile clarifiée (resp. déshydratée) par le clarificateur (resp. le déshydrateur) en une heure. Elle est déterminée par la formule I.

$$C_h = m_e / T_e \text{ (kg/h)} \quad (I)$$

Avec m_e la masse d'huile (kg) et T_e la durée de clarification ou de déshydratation (heure).

Le rendement de clarification (R_c) mesure la part d'huile extraite qui est effectivement récupérée après la clarification. Pour y arriver, Il faut d'abord calculer la masse d'huile extraite des fruits cuits et ensuite y rapporter à celle de l'huile effectivement trouvée à la fin du traitement de clarification appliqué. Elle est déterminée par la formule II.

$$R_c = (M_{h2} / M_{jb}) = (M_{h2}) / r M_f \quad (II)$$

Avec :

M_{h2} : masse de l'huile finie extraite (kg); r : rendement d'extraction juste après pressage ou lavage (%); M_f : masse des fruits cuits (kg) et M_{jb} : masse du jus brut (kg).

Le rendement d'extraction r est déterminé par la méthode de Fournier *et al.* (15).

En effet, soit T_1 (%) la teneur en huile des fruits; N_1 : le pourcentage de noix contenus dans les fruits cuits, T_2 (%): le pourcentage d'huile dans les tourteaux et N_2 : le pourcentage de noix contenues dans les tourteaux. Le rendement d'extraction r se calcule par la formule de Fournier *et al.* (15) (Equation III).

$$r = 1 - (T_2 / N_2) / (T_1 / N_1) \quad (III)$$

La teneur en eau de l'huile a été déterminée suivant la norme ISO-662-1998. Pour chaque test effectué, l'échantillon d'huile finie est introduit dans un flacon préalablement taré et pesé. L'ensemble est porté à l'étuve à 105 °C pendant 3 h et pesé après refroidissement au dessiccateur pendant 15 mn. Le taux d'humidité représente la portion d'eau perdue par l'échantillon traité.

Cinétique de séchage de l'huile : Six cent cinquante (650) litres d'huile sont chauffée dans le déshydrateur semi-artisanal muni d'un agitateur et d'un thermomètre. Trois prélèvements d'huile chauffée de 200 g sont effectués par intervalles de 10 °C à partir de 50 °C. Les teneurs en eau des échantillons prélevés sont déterminées au laboratoire du Programme Technologie Agricole Alimentaire (PTAA).

Analyses statistiques

Toutes les données ont été collectées au moins en trois répétitions. Les valeurs acquises pour les différents paramètres mesurés ont été ensuite traitées, à travers les calculs des valeurs moyennes, d'écart types et de fréquences, avec le logiciel SPSS 12.0. Les données ne vérifiant pas les tests de normalité de Ryan-Joiner et d'homogénéité de variance de Levene, sont soumises à ceux non paramétriques de Kruskal-Wallis. Celles vérifiant les tests de normalité et d'homogénéité sont soumises au test de Student-Newman-Keuls. Les différentes courbes découlant sont réalisées sous le logiciel MS Excel 2010 également utilisé pour indiquer les équations de tendance et les coefficients de corrélation des modèles mathématiques (16, 17).

Résultats et discussions

Capacité horaire des clarificateurs

Le tableau 2 présente les capacités horaires des différents clarificateurs d'huile de palme testés avec les fruits naturels de la variété locale et les fruits sélectionnés de la variété Tenera. Le clarificateur-déshydrateur présente la plus grande capacité en huile. Ceci explique aisément la raison pour laquelle elle est adoptée par les grandes unités de transformation telles que les Unions Régionales des Coopératives d'Aménagement Rural (URCAR). Le clarificateur semi-artisanal simple est surtout plus utilisé par les grands groupes privés de transformation de fruits de palmiers des zones de Pobè, Ikpinlè et Sakété dans le Département du Plateau au Bénin. Une différence significative est observée entre les capacités des différents types de clarificateurs en fonction de la variété de fruits de palmiers (naturels ou sélectionnés). Cela s'explique par la forte teneur en huile des fruits des palmiers de la variété sélectionnée Tenera (35-45%) contre 12-17% pour les fruits de la variété naturelle. Une unité de transformation des fruits de palme en huile comprend normalement un cuiseur, une presse ou un dépulpeur, un clarificateur et un déshydrateur. On pourra conseiller la presse Dékanme, de capacité horaire de 653 kg/h et de taux d'extraction de 22-27 % sur fruit sélectionné Tenera; (13, 15), couplé au clarificateur semi-artisanal aux petits et moyens transformateurs. Par contre, la presse Tovitech, de capacité horaire 950-1.000 kg/h et de taux d'extraction de 25-30 offrant ainsi des performances relativement plus élevées, est recommandée pour accompagner le clarificateur-déshydrateur. Le dépulpeur de fruits, de capacité horaire 348 kg/h et de taux d'extraction de 26,60% (6), est plus adapté, dans son utilisation optimale, au clarificateur semi-artisanal.

Teneur en eau de l'huile des clarificateurs

Le tableau 3 montre les valeurs de la teneur en eau des huiles issues des différents systèmes de clarification. Les huiles obtenues à partir des différents systèmes de clarifications ont une Teneur en eau supérieure à la norme. La plupart des valeurs obtenues sont 3 à 11 fois supérieures à la norme qui est de 0,10%. Les mêmes tendances sont obtenues par Fournier *et al.* (15) qui rapportent des teneurs en eau comprises entre 0,10 et 0,60%. Ces valeurs sont aussi supérieures à la norme. C'est dire que les huiles obtenues des différents systèmes de clarifications et conditionnées sans un séchage préalable se conserveront moins bien car l'eau est le catalyseur de la réaction d'acidification de l'huile.

C'est malheureusement le cas chez les femmes transformatrices du secteur artisanal qui n'ont pas intégré l'opération de séchage dans leur procédé d'extraction-clarification d'huile de palme. En réalité, ces dernières ne la trouvent pas importante, mais la considèrent plutôt contraignante et consommatrice de bois.

Aussi faudrait-il mentionner le fait que les prix, sur le marché des huiles séchées et non séchées, ne se distinguent pas, d'où les dépenses supplémentaires pour le séchage s'avèrent pour elles inopportunes. Selon les actrices transformatrices de fruits de palmiers en huile du secteur artisanal, elles ne trouvent pas de raison de sécher l'huile car seulement 43,75% d'entre elles arrivent à peine à stocker une partie de leur production (30). Selon cette même source 71,43% des productrices d'huile de palme estiment avoir des besoins constants de liquidité financière. De sorte que, l'huile produite est aussitôt vendue aux grossistes qui, quant à eux, en constituent des stocks attendant la hausse des prix pour les écouler. L'huile stockée subit alors des altérations dues à l'augmentation du taux d'acidité (31), au rancissement et à la prolifération des microorganismes. Fournier *et al.* (15) ont rapporté des taux d'acidité des huiles obtenues des différents systèmes artisanaux compris entre 5,30% et 16%. D'autres auteurs (24, 33) ont également révélé la présence des microorganismes (les *Pseudomonas*, les *Lactococcus* et les *Bacillus*) dans l'huile de palme et la charge de ces microorganismes augmente avec la durée de stockage (33). Ces commerçantes masquent souvent la détérioration de l'huile par un réchauffage et/ou un mélange avec de l'huile fraîche avant juste de les soumettre à la vente. Les conséquences réelles de telles pratiques sur la santé humaine sont très peu connues. L'absence de déshydratation de l'huile a également été observée dans la sous-région (2, 23).

Le manque d'un dispositif adapté et peu contraignant pourrait expliquer la faible motivation des artisanes pour adopter le séchage dans leur procédé de production d'huile de palme. En effet, l'opération de séchage est délicate parce qu'elle exige non seulement un taux d'humidité acceptable mais aussi une parfaite maîtrise de la part de l'opératrice-manipulatrice notamment pour éviter le blanchiment et la calcination de l'huile. La conception d'un déshydrateur performant et adapté aux petites unités transformatrices pourra alors contribuer à motiver cette catégorie d'actrices du secteur qui produisent 75% de l'huile de palme au Bénin à adopter le séchage de l'huile comme une opération incontournable de la technologie. Un tel équipement pourra être utile aussi aux transformatrices du karité en beurre ou de l'arachide en huile.

Tableau 2
Capacités horaires des clarificateurs d'huile de palme testés.

Equipements	Capacité horaire (kg/h)	
	Fruits naturels	Fruits sélectionnés (Tenera)
Clarificateur artisanal	16,66 ± 0,48 a	23,33 ± 0,65 a
Clarificateur semi-artisanal	158 ± 13 b	216,66 ± 18,61 b
Clarificateur-déshydrateur	220 ± 20,9 c	327 ± 16,45 c

Tableau 3
Teneur en eau de l'huile à la sortie du clarificateur.

Equipements	Teneur en eau (%)	
	Fruits naturels	Fruits sélectionnés (Tenera)
Clarificateur artisanal	0,97 ± 0,24 a	1,20 ± 0,43 a
Clarificateur semi-artisanal	1,21 ± 0,22 a	1,05 ± 0,13 a
Clarificateur-déshydrateur	1,25 ± 0,27 a	1,30 ± 0,29 a
Norme	<0,1	<0,1

Rendement de clarification

Les résultats des études de rendement de la clarification effectuées en fonction des types d'équipements (artisanal, semi-artisanal et clarificateur-déshydrateur) et de la variété de palmiers (naturelle ou sélectionnée) sont portés sur la figure 3. La figure 3 montre que les clarificateurs artisanaux présentent les rendements de clarification les plus élevés indépendamment de la variété de fruit contrairement au clarificateur-déshydrateur qui affiche les plus faibles rendements.

La faible capacité des clarificateurs artisanaux combinée au savoir-faire des transformatrices, leur confère une maîtrise favorisant l'extraction de la majorité de l'huile surnageant. Ceci confirme les résultats de Fournier *et al.* (15) qui indiquent que lorsque l'on considère les pourcentages d'huile extraite, on constate une supériorité sur le plan technique des procédés artisanaux, utilisant le lavage ou le pressage, ce qui va à l'encontre d'une idée reçue fortement diffusée selon laquelle les procédés artisanaux sont peu efficaces et peu efficaces (15). Au prix d'une productivité horaire très basse, les artisanes réussissent en fait à extraire autant d'huile que le feraient des machines. La complexité de la manipulation du clarificateur-déshydrateur associée à son utilisation par les hommes moins habitués aux opérations de transformation, expliquent le faible rendement de clarification. L'huile résiduelle est récupérée dans le bac florentin dans lequel est rejetée la boue après la clarification. Cette huile résiduelle est récupérée le lendemain après refroidissement et recuite pour être vendue comme huile de seconde qualité aux producteurs de savon.

L'amélioration du savoir-faire et le degré de technicité des ouvriers pourraient permettre d'améliorer ce résultat. Ces résultats montrent aussi, que des travaux de recherche pour améliorer les performances de l'équipement sont nécessaires. Ces travaux d'adaptation pourraient aller dans le sens de l'amélioration de l'ergonomie (Photo 2).

Teneurs en eau des huiles sorties des déshydrateurs

Le tableau 4 présente les valeurs moyennes et écarts-types des teneurs en eau résiduelle des huiles obtenues en sortie des différents déshydrateurs. De l'analyse de ces résultats, il ressort que l'adoption du séchage final dans le procédé de transformation des fruits de palmiers en huile de palme permet de réduire environ de 3 à 4 fois la teneur en eau par rapport à celle de l'huile non séchée. Les analyses statistiques ne montrent pas de différences significatives au seuil de 5% entre les différents taux enregistrés. Cependant, il est noté une certaine efficacité des séchoirs. Mais cette efficacité est relative car les teneurs en eau de l'huile finie restent supérieures de 2 à 4 fois à la valeur normative admise qui est de 0,10%. Ces résultats confirment ceux rapportés au Nigeria (27) où des teneurs en eau résiduelle des huiles de palme dans la région d'Ibadan se situaient entre 0,53 et 0,73%. Ces valeurs sont supérieures à la teneur en eau de 0,29% recommandée au Nigeria par les organismes compétents (22, 24, 32).

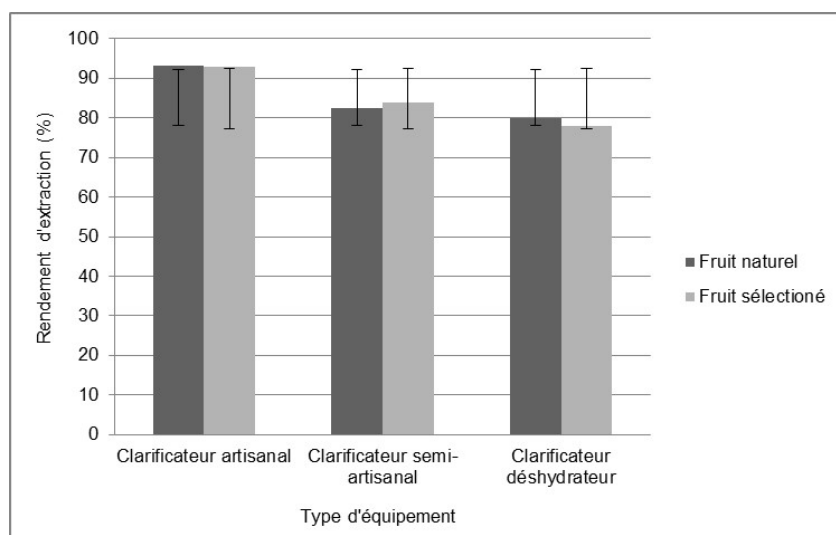


Figure 3: Rendements de clarification en fonction des types de clarificateurs.

Ces auteurs ont indiqué que les huiles produites dans la région d'Ibadan, ne respectent pas les normes microbiologiques et hygiéniques établies par le Nigeria Agency For Food and Drug Administration Council (NAFDAC) tout en rajoutant que les conséquences d'une telle situation pourraient bien affecter la santé des consommateurs.

Le clarificateur-déshydrateur fournit le plus mauvais résultat avec l'obtention d'huiles de teneurs en eau résiduelle plus élevées (de 0,38 à 0,43%) que celles des autres équipements testés là où la norme exige une valeur inférieure à 0,10%. Il est vrai que le clarificateur et le séchoir sont combinés en un seul. Cela a certainement eu des effets néfastes sur l'efficacité du séchage conduisant ainsi à des teneurs en eau résiduelle élevées. Toutes choses qui pourraient être à la base de l'altération de l'huile de palme produite dans les grandes unités comme celles de l'URCAR.

Pour remédier à cette situation, Il est souhaitable de séparer le séchage de la clarification. C'est cette solution qui est d'ailleurs actuellement adoptée par l'unité de transformation de l'URCAR du Grand Agony de nos analyses, la principale difficulté de cette opération est celle de la maîtrise du régime de séchage.

Généralement, les opérateurs ne savent pas à quel moment devrait être arrêté le séchage afin d'obtenir une teneur proche de la valeur normalisée. Pour répondre à leur préoccupation, la courbe de séchage d'huile de palme par le déshydrateur semi-artisanal a été tracée et présentée à la figure 4.

Cette courbe montre l'évolution de la teneur en eau en fonction de la température de l'huile. D'une teneur en eau initiale de 1,18%, la valeur indiquée par la norme de 0,10% est atteinte à la température de 128 °C. C'est à dire que pour une bonne conduite du séchage, l'huile de palme doit être portée à la température de 128 °C. Cette température est deux fois inférieure au point de fumée de l'huile qui est de 230-240 °C (26). Certains travaux ont montré que la dégradation de la vitamine E dans l'huile est provoquée quand elle est chauffée à une température comprise entre 210 °C et 278 °C (20).

C'est à dire que le chauffage de l'huile à 128 °C assure une teneur en eau résiduelle respectant les normes, élimine les microorganismes responsables de la dégradation de la qualité (27), mais aussi, préserve la vitamine E, recherchée dans l'huile de palme (20).

Tableau 4
Teneur en eau de l'huile à la sortie du déshydrateur.

Equipements	Teneur en eau (%)	
	Fruits naturels	Fruits sélectionnés (Tenera)
Clarificateur artisanal	0,20 ± 0,12 c	0,29 ± 0,2 b
Clarificateur semi-artisanal simple	0,32 ± 0,15 b	0,34 ± 0,17 b
Clarificateur-déshydrateur	0,38 ± 0,27 a	0,43 ± 0,29 a
Norme	<0,1	<0,1

Les valeurs moyennes dans une même colonne portant des lettres différentes sont statistiquement différentes au seuil de probabilité de 5 %.

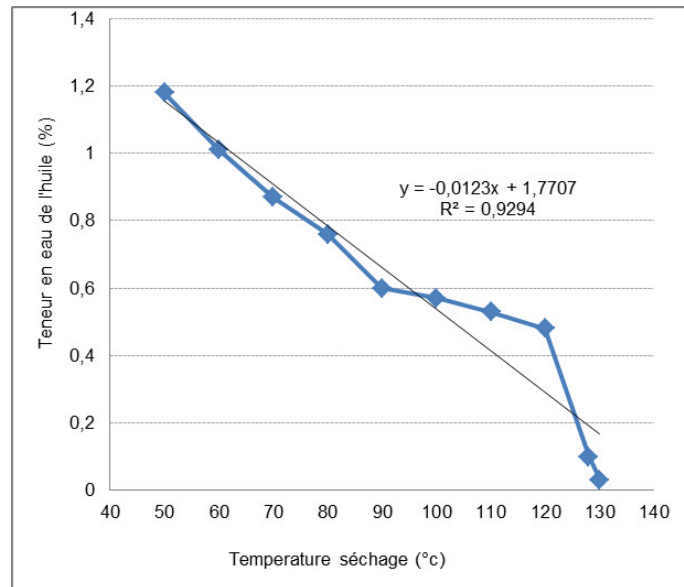


Figure 4: Courbe de séchage du déshydrateur sémi-artisanal.

Le modèle mathématique, capable de décrire convenablement l'évolution des données recueillies sur la teneur en eau résiduelle de l'huile de palme (H en %) en fonction de sa température (T en °C) est de tendance quasi linéaire et d'équation (IV).

$$H = -0,00123T + 1,7707 \quad (IV)$$

Avec un coefficient de corrélation $R^2 = 0,929$. Les déshydrateurs devront être dotés de thermomètre et d'agitateur afin de contrôler la température de l'huile et d'en éviter la calcination des fractions solides. Le clarificateur-déshydrateur est constitué d'une cheminée centrale 2 (Figure 1) destinée à drainer les fumées issues de la chambre de combustion. Cette cheminée est conçue pour être en contact avec les différents produits (jus brut, huile, eau et boue) présents dans le premier décanteur 5 et ainsi permettre d'utiliser la chaleur perdue dans la cheminée pour chauffer ces différents produits. Cependant, l'adoption d'une telle disposition de la cheminée induit quelques conséquences sur la qualité de l'huile. En effet le contact de la cheminée avec les différents produits de la clarification exige son nettoyage permanent conformément aux règles d'hygiène. Mais l'exiguïté de l'espace se trouvant entre la cheminée et la paroi du premier décanteur ne favorise pas cet entretien. En conséquence, cette importante action est souvent négligée par les opérateurs qui abandonnent ladite cheminée dans un état de saleté indescriptible. Aussi, la cheminée est-elle réalisée en tôle noire qui se rouille sous l'effet des fumées chaudes et de l'humidité. L'état avancé de la corrosion de la cheminée provoque des perforations de sa paroi par lesquelles la fumée, de façon diffuse, migre à l'intérieur de l'huile du premier

décanteur pour provoquer l'altération de la qualité de l'huile reconnaissable par l'odeur des fumées. Enfin, la position centrale de la cheminée rend très difficile son remplacement en cas de détérioration avancée sous l'action de la corrosion.

Suite à cette analyse diagnostique, il est recommandé l'adoption d'un positionnement latéral de la cheminée qui favorise son changement en cas de rouille sans grande difficulté. Ce choix évitera le contact de la cheminée avec les différents produits et faciliterait l'entretien du premier décanteur tout en améliorant la qualité du produit au détriment bien évidemment du chauffage qu'elle procurait. L'URCAR du Grand Agony a sollicité l'appui du PTAA pour l'amélioration de la qualité de l'huile produite dans son unité de transformation. En effet l'huile produite par cette unité se conserve moins bien (elle rancie vite) et dégage une odeur de fumée, toutes choses qui diminuent sa valeur marchande obligeant l'unité à liquider le produit à bas prix. Près de 45% d'huile produite par cette unité se détériore et est vendue comme une huile de deuxième qualité avec des pertes de 100 CFA par litre d'huile.

Aux niveaux des unités artisanale ou semi-artisanale, les huiles clarifiées et déshydratées sont généralement stockées à température ambiante dans des bidons en plastique de 20-25 litres ou des tonneaux de 120 litres ou 200 litres. Ils sont fermés hermétiquement pour éviter l'entrée de l'air humide qui est une source d'oxydation de l'huile (11). Dans certains cas, les bidons sont ensuite disposés sur des palettes sinon, la fraîcheur due à la remontée capillaire pourrait provoquer la dégradation de l'huile. Des renforcements de capacité doivent être organisés au profit des acteurs de la filière afin que les bonnes pratiques de stockage et conservation soient adoptées. Cela devrait leur permettre d'améliorer le niveau de compétitivité de l'huile produite localement.

Conclusion

La présente étude a permis d'évaluer les performances techniques des clarificateurs et déshydrateurs artisanaux, semi-artisanaux simples de même que les clarificateur-déshydrateurs. L'étude a montré que les clarificateurs ont un effet limité sur la réduction de la teneur en eau de l'huile. Les clarificateurs testés permettent d'obtenir une huile dont la teneur en eau varie entre 0,90% et 1,30%. Ces valeurs obtenues sont 9 à 11 fois supérieures à la norme internationale fixée à 0,10%. D'où la nécessité d'intégrer des séchoirs au procédé de transformation de fruits de palmiers en huile. Les séchoirs testés dans les présents travaux de recherche permettent une réduction sensible de la

teneur en eau résiduelle de l'huile: jusqu'à 0,20 à 0,40% sans toutefois atteindre la valeur normalisée de 1% favorisant une bonne conservation de l'huile dans la majorité des cas. L'analyse de la cinétique de séchage de l'huile a montré que la teneur en eau normalisée ne pourrait être atteinte qu'à la température de 128 °C. Des améliorations dans la fabrication du clarificateur-déshydrateur sont proposées. Pour améliorer la qualité de l'huile, la cheminée du clarificateur-déshydrateur devra être supprimée de la partie centrale et placée de façon latérale.

De plus, il faudrait séparer la clarification du séchage pour une amélioration de l'efficacité des deux opérations.

Références bibliographiques

- Adégbola P.Y., Singbo A.G., Ahouansou R. & Savi M-C, 2003, Analyse socio-économique de la presse manuelle à huile de palme «Dékanmé». *Bull. Recherche Agron. Bénin*, **40**, 1-9.
- Adeniyi O.R., Ogunsola G.O. & Oluwusi D. 2014, Methods of Palm Oil Processing in Ogun state, Nigeria: A Resource Use Efficiency Assessment., *Am. Int. J. Contemporary Res.*, **4**, 8, 173-179.
- Agbokou, 2016, Benin, Que faire pour développer la filière palmier à huile ; [https:// louisagbokou.com / 2016 / 07/07/ benin](https://louisagbokou.com/2016/07/07/benin).
- Ahouansou R.H., Adégbola P.I., Houssou P., Ahounou J.L., Akplogan F., Savi M-C., Singbo A., Olou D., Monhouanou J. & Mensah G.A., 2011, *Fiche technique: Technologies améliorées de transformation des fruits de palme à petite échelle au Bénin*, ISBN: 978-99919-868-1-4.
- Ahouansou R.H., Amonsou E. & Senou I., 2010, Mise au point et évaluation technique de défibreuse de tourteau de palme. *Bull. Recherche Agron. Bénin*, **60**, 43-49.
- Ahouansou R.H., Monhouannou J., Savi M.C., Akplogan F. & Djossou P., 2008, Evaluation des performances technique et économique d'un dépulpeur de fruits de palme au Bénin. *Bull. Recherche Agron. Bénin*, **60**, 43-49.
- Ahouansou R., Houssou P. & Singbo A., 2006. Mise au point et évaluation technique de concasseur de noix palmiste. *Bull. Recherche Agron. Bénin*, **51**, 20-27.
- Carrere R., 2010. *Oil palm in Africa: Past, present and future Scenarios*. World Rainforest Movement Series on tree plantations 15. December, Montevideo.
- DANA, 2002, *Méthodes appropriées pour l'amélioration de la qualité de l'huile de palme produite au Bénin*. Document DANA, PTAA. 33p .
- Ezealaji N.L.O. 2011, Economics of Palm oil storage and marketing in Imo State, Nigeria. *Afr. J. Market. Manage.*, **3**, 10, 253- 260.
- FAO, 2011, *The State of Food and Agriculture - Food and Agriculture Organization*. [www.fao.org /docrep /013/i2050e/i2050e.pdf](http://www.fao.org/docrep/013/i2050e/i2050e.pdf).
- FAO 2016, Huile de palme-Pays producteurs; [https:// fr.actualitix.com/pays/wld/huile-de-palme-pays-producteurs.php](https://fr.actualitix.com/pays/wld/huile-de-palme-pays-producteurs.php); .
- Fassinou A., 2002, *Etude comparative des presses à huile de palme OPC, Dekanme et Colin*. Mémoire du Diplôme d'Etudes Agricoles Tropicales, LAMS/MESRS/Bénin, 41 p.
- FFAS, Fonds Français pour l'Alimentation et la Santé, 2012, *L'huile de palme, aspect nutritionnels, sociaux et environnementaux, Etats des lieux*. 20 p.
- Fournier S., Ay P., Jannot C., Okounlola-Biaou A. & Pédé E., 2001, *L'huile de palme au Bénin et au Nigeria: Dynamiques des systèmes artisanaux*. CERNA, CIRAD, SRPH/INRAB/MAEP/Bénin, 134 p.
- Glele Kakai R, Sodjinou E. & Fonton N., 2006, *Conditions d'application des méthodes statistiques paramétriques: applications sur ordinateur*. Bibliothèque Nationale, Bénin.
- Glèlè Kakai R. & Kokode G., 2004, *Techniques statistiques univariées et multivariées: applications sur ordinateur*. Bibliothèque Nationale, Bénin.
- Hoyle D. & Levang P., 2012, *Oil palm development in Cameroon. Ad hoc Working Paper. World Wide Fund for Nature WWF*, Institut de Recherche pour le développement (IRD), Center for International Forestry Research (CIFOR), Yaoundé, Cameroon.
- Ibitoye O.O., Akinsorotan A.O., Meludu N.T. & Ibitoye B.O., 2011, Factors affecting oil palm production in Ondo state of Nigeria. *J. Agr. Soc. Res.*, **11**, 1.
- Kuppithayanant N., Hosap P. & Chinnawong N., 2014, The effect of heating on vitamin E decomposition in edible palm oil. *Int J. Env Rural. Dev.*, **5-2**, 121-125.
- Michiels C., 2011, *L'huile de palme dans les échanges mondiaux: enjeux stratégiques et sujets de polémiques*. Rapport technique CTB, 32 p.
- NIS, 1992, Nigerian Industrial Standards for Edible vegetable oil, 5-12.

23. Nchanji Y. K., Tataw O., Nkongho R. N. & Levang P., 2013, *Artisanal Milling of Palm Oil in Cameroon*. Working Paper 128. Bogor, Indonesia: CIFOR.
24. Ohiman E.I., Emeti C.I., Sylvester C., Izah S.C. & Eretinghe D.A., 2014, Small-Scale Palm Oil Processing Business in Nigeria; Feasibility Study. *Greener J. Bus. Manag. Studies*, **4**, 070-082.
25. Ohimain E.I., Daokoru-Olukole C., Izah S.C. & Alaka E.E., 2012, Assessment of the quality of crude palm oil produced by smallholder processors in Rivers State, Nigeria. *Nigerian J. Agr. Food Environ.*, **8**, 28-34.
26. Ollé M., 2002, *Analyse des corps gras, Techniques de l'Ingénieur, Traité Analyse et Caractérisation*, **3**, 325.
27. Onifade D.A. & Bolarinwa O.O., 2016, Microbiological and Physiochemical Analysis of Palm oil Sold in Ibadan, Nigeria. *Sc. Engineering Perspectives*, **1**, 33-41.
28. PASREA, 2012, *Projet de Sécurisation des Revenues des Exploitants agricoles*, Rapport d'évaluation final, MAEP, 60 p.
29. Rieger M., 2012, Oil Palm Taxonomy. www.fruitcrops.com.
30. Savi M.C., Adégbola P.Y., Singbo A.G. & 2002, *Typologie des unités de transformation des fruits de palme en huile*. Rapport technique PAPA/CRA-Agonkanmey/INRAB/MAEP. 19-20.
31. Soumanou M., 1986, *Influence du mode de préparation sur la qualité et la stabilité de l'huile de palme*. Mémoire de fin d'études, FSA/UNB, Abomey-Calavi, Bénin, 98p.+annexes.
32. SON, 2000, Standard Organization of Nigeria. *Standards for edible refined palm oil and its processed form*. 2-5.
33. Tagoe S.M.A., Dickinson, M.J. & Apetorgbor M.M., 2012, Factors influencing quality of palm oil produced at the cottage industry level in Ghana. *Int. Food Res. J.*, **19**, 1, 271-278.

R.H. Ahouansou , Béninois, PhD, Enseignant-Chercheur, Institut National des Recherches Agricoles du Benin, Programme Technologie Agricole Alimentaire, Cotonou, Bénin; Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Appliquée, Cotonou, Benin.

P.B. Agbatinkpo, Beninois, PhD, Enseignant-Chercheur, Institut National des Recherches Agricoles du Benin, Programme Technologie Agricole Alimentaire, Cotonou, Bénin; Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire des Sciences Alimentaires, Cotonou, Bénin.

C.H. Sossou, Béninois, PhD, Chercheur, Institut National des Recherches Agricoles du Benini, Programme analyse de la politique agricole, Cotonou, Benin.

E.A. Sanya, Béninois, Professeur, PhD, Enseignant-Chercheur, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Appliquée, Cotonou, Benin.

Evaluation of Different Options: Host Plant Resistance, Weed Management, and Fertilization for the Development of an Integrated Pest Management Strategy for the Sweet Potato Weevil in Burkina Faso

S. Koussoube^{1,2*}, M.N. Ba^{1,3}, F. Traoré¹, C.L. Dabire-Binso¹ & A. Sanon²

Keywords: *Cylas puncticollis*- Resistant varieties- Hand weeding- Fertilizers- Burkina Faso

Summary

The sweet potato weevil (SPW) (*Cylas puncticollis*) is a destructive pest feeding on the sweet potato in Burkina Faso. This weevil causes severe damage to the tuber, and the infested tuber is unsuitable for human consumption or animal feed. This problem calls for effective control management, especially for non-chemical approaches. A field experiment was carried out from 2012 to 2015 with the aim to develop management methods. Different control methods, including host-plant resistance, weeds management and crop fertilization, were tested. The results showed that two varieties, Zappalo-1 and Resisto were free of any SPW damage (0%). Similarly, when plots were not weeded tubers of the BF11 variety were free of any SPW damage (0%). Finally, the combination of manure and mineral fertilizer significantly reduced the damage due to the SPW to score as low as 1 compare to 3.5 in the absence of manure. From the current study, it can be concluded that an integrated approach combining resistant varieties, good weeding practices and fertilizer application could be implemented to control the SPW in Burkina Faso.

Résumé

Evaluation de différentes options : résistance variétale, gestion des mauvaises herbes et fertilisation pour le développement d'une stratégie de gestion intégrée du charançon de la patate douce au Burkina Faso

Le charançon de la patate douce (*Cylas puncticollis*) est un insecte ravageur de la patate douce au Burkina Faso. Il cause de sérieux dégâts sur les tubercules, les rendant impropres à la consommation humaine et à la nutrition animale. Ce problème nécessite des moyens de lutte efficaces, en particulier des méthodes de contrôle non chimique. Dans le but de développer de telles méthodes, des expérimentations au champ ont été conduites de 2012 à 2015. Différentes méthodes de lutte incluant la résistance variétale, la gestion des mauvaises herbes et la fertilisation ont été testées. Les résultats ont montré que deux variétés, Zappalo-1 et Resisto, étaient immunes de tout dégât (0%) du charançon. En outre, lorsque les parcelles n'étaient pas désherbées, on n'enregistrait aucun dégât (0%) du charançon sur la variété BF11. Enfin, la combinaison de la fumure organique et de l'engrais minéral a significativement réduit les dégâts causés par le charançon à un score aussi bas que 1 comparé à un score de 3.5 en absence de fumure organique. Ainsi, à partir de cette étude, on peut conclure qu'une approche intégrée combinant des variétés résistantes, de bonnes pratiques de désherbage et une application de fertilisants pourrait être mise en place pour contrôler le charançon de la patate douce au Burkina Faso.

¹Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, CREAM de Kamboinsé, Ouagadougou, Burkina Faso.

²Université de Ouaga1, Pr Joseph Ki-Zerbo, Unité de Formation et de Recherches en Sciences de la Vie et de la Terre, Laboratoire d'Entomologie Fondamentale et Appliquée, Ouagadougou, Burkina Faso.

³International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Niamey, Niger.

*Auteur correspondant: Email: b.malick@cgiar.org

Reçu le 20.02.17 et accepté pour publication le 08.12.17

Introduction

The sweet potato is the major tuber crop in Burkina Faso followed by yam and potato (12). Sweet potato production is scattered across the country, but the major production area includes the Nahouri and Sissili provinces in the south and Kéné Dougou province in the southwest. Sweet potato constitutes a major source of revenue for women, who are the main actors in the post-harvest activities. There is a growing interest in sweet potato production in Burkina Faso, especially as the orange-fleshed sweet potato reduces vitamin A deficiency, which affects over 30% of infants under 5 years old (19). The national production of sweet potato in Burkina Faso has risen from approximately 50,000 tons in the late 90s to over 160,000 tons in 2013 (12). However, this production increase is mainly due to the extension of the cultivated area. The national yields are below 15t/ha with a potential yield of at least 25t/ha given the currently available varieties. This yield gap is due to many production constraints, mainly poor soils and cultural practices, water stresses, diseases and insect pests. Among insect pests, weevils from the genus *Cylas* are of major concern for farmers (20). Weevil species from the genus *Cylas* are the major worldwide sweet potato insect pests (16). In Africa, the major species include *Cylas puncticollis* Boheman and *Cylas brunneus* F (33), while in America and Asia, *Cylas formicarius* is the major species encountered (36). The species present in Burkina Faso is *Cylas puncticollis* (20). The sweet potato weevil feeds on different parts of the host plant. The females use their mouthparts to dig small cavities in the roots, stems and tubers, and they then deposit eggs. When the egg hatches, the larva usually tunnels directly into the stem and/or tuber and feeds on the stems and/or tubers as they grow. Developing larvae cause plant wilting or complete senescence. Field damages lead to significant yield losses and a reduction of the marketability of the infested tubers (36, 39). Additionally, in response to the insect attacks, the plants produce terpenes, which render the tuber unsuitable for human consumption (45). The weevils continue to feed on the tuber after the harvest and are able to destroy the tuber within a few months of storage (21). Damage, which appears as holes in the tuber, leads to a significant loss in tuber weight, and reduces the market value (37). The challenges in storing tubers in the presence of weevils has led farmers to sell their sweet potatoes at low harvest-time prices shortly after harvest, whereas the most profitable prices could be achieved if they were able

to extend storage to a few more months. Different control strategies have been developed to control the sweet potato weevil, including chemical control, cultural management, biological control, and host plant resistance (6, 29, 42). Most of the challenges with these management practices are related to their applicability and economic costs. For instance, in South-East Asia and the West Indies, a mass-trapping pheromone appeared promising (1) but failed in Africa mainly because of the cost of the technology, which was not affordable for smallholder farmers (38). So far, the management strategy in Africa relies on the development of tolerant/resistant varieties and crop management practices (23, 29, 43). The current paper reports on host plant resistance to the SPW, the effect of crop weeding on SPW damage, and the effect of crop fertilization on SPW damage for application in Burkina Faso. The different management practices were tested separately and if conclusive will serve as a basis for the development of an integrated management strategy for the SPW in Burkina Faso.

Materials and Methods

Study Environment

The experiments included on-farm field trials and on-station trials.

The on-station trials were carried out at the research station of the *Institute of Environment and Agricultural Research* (INERA) in Kamboinse in central Burkina Faso (latitude: 12°28'N, longitude: 32°1'W). The on-station fertilizer application trials were carried out over two successive years in 2012 and 2013, and the weeding management practice trials were carried out over two successive years in 2014 and 2015. A total rainfall of 699.9 mm, 762.9 mm, 550.7 mm and 904.9 mm was recorded in 2012, 2013, 2014 and 2015, respectively. For all years, the average relative humidity reached 78% during the rainy season and dropped to 21% during the dry season. The temperature ranged from 24-34 °C during the cropping season.

The on-farm varietal screening for host plant resistance were carried out in Southern Burkina Faso in the district of Leo in the Sissili province. This province is one of the top three sweet potato producers in the country. This location belongs to the South-Sudanian agroecology with a unimodal rainfall pattern, and the rainy season lasts from May to October. A total rainfall of 1024.8 mm was recorded in 2013 in the district of Leo.

The average relative humidity reached 80% during the rainy season and dropped to 19% during the dry season, and temperatures ranged from 25.6 °C to 33 °C. Two villages were selected for conducting the field varietal screening: Mouna (latitude: 11°9' 16,437" N; longitude: 2° 4' 58,818" W), which is 4 km north of Leo, and Benaverou (latitude: 11° 3' 59,664" N; longitude: 2° 9' 28,204" W), which is 10 km South of Leo. Both locations are hotspots for the sweet potato weevil.

Screening for host-plant resistance to the sweet potato weevil

A total of 30 sweet potato varieties were selected for the host plant resistance screening. The material was selected from the Burkina Faso national collection maintained at different research stations of the Institute of Environment and Agricultural Research (INERA). Because of the growing interest in the orange-fleshed sweet potato our material included 13 orange-fleshed varieties in addition to the white-fleshed varieties. The material included 8 local landraces, 12 improved INERA varieties, and 10 exotic varieties. The 30 varieties were planted in a randomized complete bloc design with 4 replications. The planting occurred in late September 2013 towards the end of the rainy season, and the plants were watered every 7 days. Within each replication, each variety was planted on ridges of 5 m long with an intra-ridge spacing of 1 m and an inter-ridge spacing of 30 cm. A space of 2 m was left between adjacent blocks. The mineral fertilizer NPK 15-15-15 was applied to the entire plot three weeks after planting at a dose of 350 kg per ha. All the plots were kept free of any insecticide application and fenced to prevent cattle damage. Data on the sweet potato weevil population were collected 6 weeks and 17 weeks after planting. The number of weevils was recorded on all plants of the central ridges of each variety. Along with number of weevils, we also counted the number of holes per stem on the principal stem of the same plants. At harvest, the damage from the SPW on the tubers was recorded using (40) 1-5 scoring, where in 1=0% damage; 2=1-25% damage; 3=26-50% damage; 4=51-75% damage; and 5=>75% damage. The tubers were then sorted, and tubers with weights below 100 g and/or signs of weevil damage were considered unmarketable. The yields of marketable tubers and unmarketable tubers were computed.

Investigating the effect of different fertilizer applications on SPW damage

The trial was carried out with the orange-fleshed sweet potato variety, TIB 440060, which is moderately tolerant to the SPW. The material was transplanted in early July in both 2012 and 2013 under a split plot design including 3 principal treatments: i) no application of manure; ii) application

of manure at a dose of 20 t/ha per year; and iii) application of manure at a dose of 20t/ha every two years. The sub-plots included 4 different NPK mineral fertilizer doses: i) 15-0-45; ii) 30-0-90; iii) 0-30-100; and iv) 30-30-0. Each subplot had an area of 8 m² and included 4 ridges of sweet potato plants of 2 m long, an intra-ridge spacing of 1 m, and an inter-ridge spacing of 0.80 cm. A space of 1 m was left between adjacent plots and replications.

The manure was applied before planting, and the NPK fertilizer was applied three weeks after planting.

Investigating the effect of sweet potato weeding on SPW damage and yields

The plant materials included two sweet potatoes varieties: BF 11 and Ejumula-2, all sensitive to the sweet potato weevil. The two varieties were planted in mid-July in a randomized complete bloc design with 4 replications. For each replication, each of the two varieties was planted in six different plots of 10.5 m² on ridges of 3.5 m long, with an intra-ridge spacing of 1 m and an inter-ridge spacing of 0.30 cm. A space of 1 m was left between adjacent plots and replications. The mineral fertilizer NPK 15-15-15 was applied to the entire plot three weeks after planting at a dose of 350 kg per ha. Tomatoes preceded the sweet potatoes. All the plots were kept free of any insecticide application. Within each replication, the 12 plots of the 2 sweet potato varieties were randomly selected for the application of the following weeding management practices: 1) No weeding throughout the cropping season=Control; 2) One single hand-weeding of plots 4 weeks after planting (WAP); 3) One single hand-weeding of plots 6 WAP; 4) One single hand-weeding of plots 8 WAP; 5) One single hand-weeding of plots 10 WAP; 6) Five hand-weeding occurrences of plots at 2-week intervals from 2 WAP onwards. The data were recorded for all plants in the central ridges of each plot and included the following: i) Number of holes/stem; ii) Number of damaged tubers; iii) Number of marketable tubers; and iv) Yield of marketable tubers using the same method as above.

Data analysis

All of the data were subjected to ANOVA (PROC GLM) using the SAS software version 9.1 (SAS 2003). When ANOVAs were significant, the means were separated using the Student–Newman–Keuls test at the 5% level. For the experiment on weeding management, we first compared different weeding treatments and then compared each combination of variety, weeding and seasonal effects. For the experiment on fertilizers, we compared the different manure treatments, then the mineral fertilizers treatments, and finally the effects of combining manure and mineral fertilizer. T-test was used for comparison of locations.

Résultats

Sweet potato weevil damage in the field and effects on yield

The average number of weevils per plant ranges between 0.2-0.71 with significant differences in location ($t_{1,238} = -5.58$, $P < 0.0001$). The SPW damaged up to 55% of the sweet potatoes stems at both locations ($t_{1,238} = 0.31$, $P = 0.75$; Figure 1). However, a significantly higher proportion of tubers were damaged at the Mouna location (40.5%) than at Benaverou (10.52%) ($t_{1,238} = -7.87$, $P < 0.0001$; Figure 1).

The varieties reacted differently to the SPW, with damaged tubers ranging between 2 and 89% (Mouna: F29, 90=5.23, $P < 0.0001$; Benaverou: F29, 90=3.23, $P < 0.0001$). Using the Stather et al. (40) 1-5 damage scoring scheme, and the data of the site with higher SPW infestation, two varieties appeared to be resistant -appalo-1 and Resisto-, 12 were moderately resistant, 6 were Moderately Sensitive and 10 were Sensitive (Table 1).

Overall, the sweet potato tuber yield ranged between 2-93 and 3.48 t/ha with no significant difference between locations ($t_{1, 238} = -1.18$, $P = 0.23$). Likewise the proportion of marketable tubers was not affected by locations ($t_{1, 238} = 1.82$, $P = 0.06$). The yield of marketable tubers was significantly affected by the variety, the highest yields being BF77*TAINUNG-10, CAROMEX, BF59*TIB-3, and BF 14 (Table 1).

Effect of fertilizers on sweet potato damage

The mineral fertilizer alone did not affect the SPW damage but affected the yield of marketable tubers. There was no effect of manure alone on either damage or yield. However, the combination of manure and mineral fertilizer significantly affected the SPW damage and the yield of marketable tubers (Table 2). This was particularly true when the K content in the mineral fertilizer was very high (Table 2).

Effect of weeding and weeding timing on SPM damage and yields

The percentage of damaged stems varied between 0-82% with no significant difference between varieties (Table 3). However, the weeding of the plots and the timing of the weeding significantly affected the SPW damage to tubers (Table 3). Thus, the plots that were not weeded at all or that were weeded once 10 weeks after planting had a significantly lower amount of damage, especially for the variety BF11 (Table 3). Both varieties had lower tuber yields in 2015 than in 2014 ($F = 40.92$; $P < 0.0001$). For the variety BF11, continuous hand weeding led to a higher yield of marketable tubers (Table 3). In contrast, for the second variety, EJUMULA 2, a delayed weeding at 6 weeks after planting led to a significantly higher tuber yield (Table 3). The yield of marketable tubers followed the same trends as overall tuber yield for each of the two varieties (Table 3).

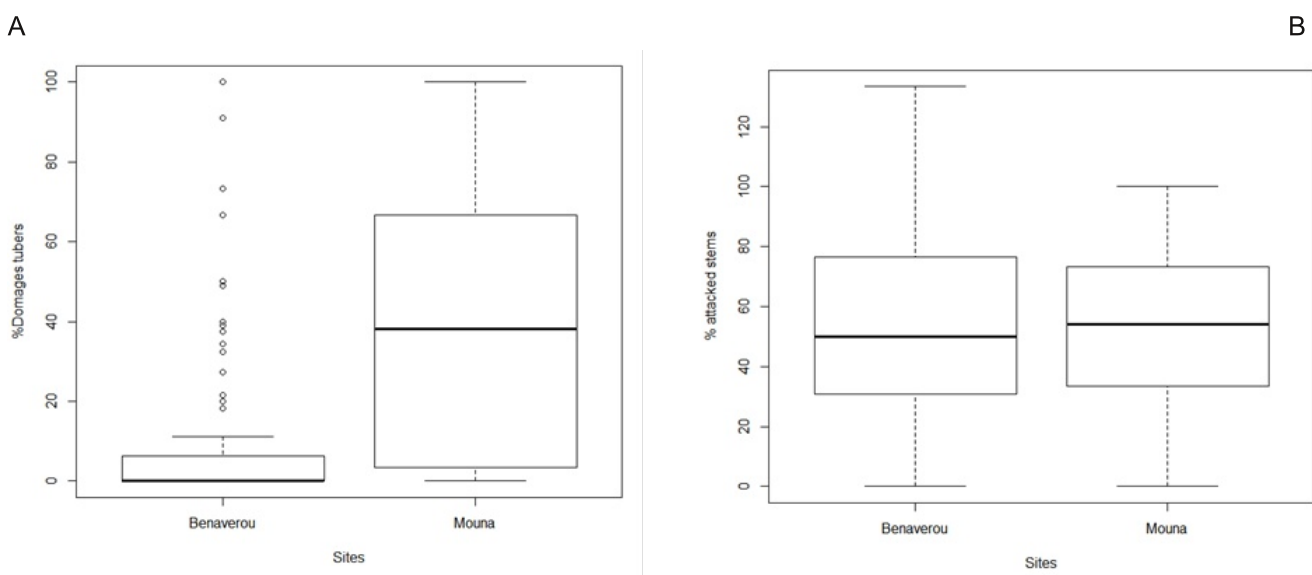


Figure 1: Percentage damaged tubers (A) and attacked stems (B) due to sweet potato weevils *Cylas puncticollis* at two locations in 2013.

Tableau 1
Severity of damages, status of the different sweet potato varieties and yield of marketable tubers.

Varieties	*Damage score	Status	Yield of marketable tubers (t/ha)	
			MOUNA	BENAVEROU
RESISTO	1.0±0.0e	R	0.1±0.0b	0.4±0.2de
ZAPPALO -1	1.0±0.0e	R	0.2±0.1b	0.5±0.0de
BF138	1.5±0.2ed	MR	0.1±0.6b	0.2±0.1de
BF59*CIP-1	1.5±0.2ed	MR	0.5±0.5b	0.9±0.3cde
BF59*RESISTO-3	1.5±0.2ed	MR	0.5±0.2b	0.2±0.0de
BF59*TIB-1	1.5±0.2ed	MR	0.9±0.2b	2.1±0.2cdbe
BF77*TAINUNG-10	1.5±0.2ed	MR	7.3±1.7a	6.3±1.4ab
BF80-3	1.5±0.2ed	MR	0.1±0.1b	2.1±1.9cdbe
BF92*CIP-6	1.5±0.2ed	MR	0.5±0.2b	0.2±0.0de
BF59*RESISTO-10	2.0 ±0.4ed	MR	2.9±1.7ab	1.3±0.5cde
BF59*TIB-3	2.0±0.0ed	MR	4.3±0.9ab	5.1±1.2cadb
BF82*TAINUNG22	2.0±0.4ed	MR	2.7±1.6ab	1.6±1.0cde
TIB440060	2.0±0.4ed	MR	1.6±0.5b	3.1±1.1cdbe
TIEBELE-2	2.0±0.0ed	MR	3.5±1.1ab	3.0±0.4cdbe
BF14	2.5±0.2ced	MS	3.9±1.0ab	2.1±1.1cdbe
BF51	2.5±0.61ced	MS	3.9±2.8ab	1.7±0.8cdbe
BF59*CIP-4	2.5±0.2ced	MS	0.8±0.6b	0.6±0.6de
EJUMULA-1	2.5±0.6ced	MS	0.1±0.0b	0.1±0.1 ^e
BF77*TAINUNG-2	3.0±0.8cedb	MS	3.3±1.0ab	1.2±0.3cde
ZAPPALO 3-1-3	3.0±0.8cedb	MS	0.15±0.06b	0.0±0.0 ^e
BF 10	3.5±0.2cadb	S	2.2±1.04ab	5.2±1.3cadb
BF 59	3.5±0.6cadb	S	3±2.86ab	8.1±0.9a
CAROMEX	3.5±0.6cadb	S	4.95±1.74ab	4.2±1.5cadbe
EJUMULA-2	3.5±0.6cadb	S	0.6±0.6b	2.3±0.8cdbe
BF-3	4.0±0.4cab	S	1.2±0.8b	5.7±1.1cab
BF59*RESISTO-4	4.0±0.0cab	S	1.7±0.4b	5.1±1.3cadb
BF59*RESISTO-7	4.0±0.0 cab	S	1.0±0.4b	1.9±0.0cdbe
CIP199062-1	4.0±0.0cab	S	1.5±1.0b	4.5±1.3cadbe
JEWEL	4.5±0.2ab	S	2.8±0.5ab	0.3±0.1de
BF 18	5.0±0.0a	S	0.5±0.2b	5.6±2.1cab

*(40) 1-5 damage scoring

R= Resistant, MR=Moderately Resistant, MS=Moderately Sensitive, S=Sensitive

Tableau 2
Combine effect of manure and mineral fertilizers on sweet potato weevils damage and yields in two consecutive seasons.

Manure	NPK doses	Damage score		Marketable tubers (T/ha)	
		2012	2013	2012	2013
No manure	15-0-45	2.75±0.25ab	3.50±0.25a	1.10±0.44b	2.06±0.84a
	30-0-90	1.25±0.25b	1.75±0.47ab	8.87±1.77ab	8.69±3.54a
	0-30-100	2.00±0.40ab	2.25±0.47ab	3.10±1.26ab	7.12±3.34a
	30-30-0	3.25±0.47a	3.20±0.475a	3.70±1.51ab	3.37±1.37a
20 t/ha of manure per year	15-0-45	2.50±0.86ab	2.25±0.25ab	1.50±0.61b	1.37±0.47a
	30-0-90	2.50±0.28ab	2.00±0ab	10.00±2.00a	8.44±3.44a
	0-30-100	1.25±0.25b	1.75±0.25ab	7.80±3.18ab	11.62±4.74a
	30-30-0	1.00±0.00b	1.00±0.00b	3.40±1.38ab	2.19±0.89a
20t/ha of manure every two years.	15-0-45	2.25±0.47ab	1.75±0.47ab	3.10±1.26ab	4.44±1.81a
	30-0-90	1.75±0.25ab	1.75±0.25ab	4.62±0.92ab	5.69±2.17a
	0-30-100	1.50±0.28ab	2.00±0ab	6.60±2.69ab	9.56±3.90a
	30-30-0	2.25±0.47ab	2.00±0.57ab	1.75±0.66b	1.56±0.66a
		$F_{11,84}=2.80$; P=0.0097	$F_{11,84}=3.21$; P=0.0039	$F_{11,84}=3.17$; P=0.0043	$F_{11,84}=1.74$; P=0.1000
Season effect		$F_{1,94}=10.62$; P=0.0016		$F_{1,94}=1.20$; P=0.27	
Manure effect		$F_{3,93}=0.62$; P=0.5400		$F_{3,93}=0.71$; P=0.4900	
Mineral fertilizer effect		$F_{3,92}=1.91$; P=0.1300		$F_{3,92}=6.42$; P=0.0005	
Manure x Mineral fertilizer		$F_{3,84}=3.14$; P=0.0014		$F_{3,84}=2.93$; P=0.0025	

Tableau 3
Percentage of tubers damaged by weevil and yield of marketable tubers on two sweet potato varieties under different weeding regimes in 2014 and 2015.

		Damaged tubers (%)		Marketable tubers (T/ha)	
		2014	2015	2014	2015
BF11	No weeding	0.00±0.00c	0.00±0.00b	0.30±0.21b	0.59±0.42b
	Continuous hand weeding	42.12±11.02cab	66.14±10.00a	2.25±0.56a	1.47±0.05a
	4 WAT	68.30±7.67a	60.42±13.95a	0.89±0.49b	0.11±0.02b
	6 WAT	32.09±9.35cab	42.69±20.92ab	1.15±0.26b	0.04±0.02b
	8 WAT	49.34±13.48ab	81.94±11.86a	0.54±0.12b	0.11±0.01b
	10 WAT	27.04±11.33cab	29.12±7.9ab	0.60±0.05b	0.23±0.05b
EJUMULA-2	No weeding	30.83±10.83cab	33.89±9.7ab	0.16±0.06b	0.00±0.00b
	Continuous hand weeding	31.91±6.33cab	62.98±13.11a	0.48±0.14b	0.00±0.00b
	4 WAT	35.14±11.65cab	82.61±17.39a	0.13±0.01b	0.21±0.04b
	6 WAT	16.58±4.78cb	61.50±18.31a	0.55±0.27b	0.00±0.00b
	8 WAT	35.24±11.41cab	77.31±10.46a	0.74±0.3b	0.06±0.01b
	10 WAT	34.09±7.54cab	0±0b	0.21±0.06b	0.00±0.00b
		P=0.0059	P=0.0022	P=0.0003	P<0.0001
		F=3.03	F=3.48	F=4.49	F=11.25
		DF=11	DF=11	DF=11	DF=11
Varietal effect		F _{1, 94} =0.03; P=0.87		F _{1, 94} =6.67; P=0.01	
Season effect		F _{1, 94} =9.92; P=0.0020		F _{1, 94} =14.77; P=0.0002	
Weeding effect		F _{5, 90} =6.54; P<0.0001		F _{5, 90} =1.79; P=0.1200	
Weeding x variety		F _{11, 84} =3.28; P=0.0009		F _{11, 84} =1.94; P=0.0400	
Weeding x season		F _{11, 84} =6.69; P<0.0001		F _{11, 84} =2.94; P=0.0025	
Varieties x season		F _{3, 92} =3.25; P=0.0200		F _{3, 92} =7.91; P=0.0001	
Weeding x variety x season		F _{23, 72} =3.29; P<0.0001		F _{23, 72} =2.26; P=0.0040	

Means within a column followed by the same letters are not significantly different by the mean comparison test of Student-Newman-Keuls ($\alpha = 0,05$).

Tableau 4
Combine effect of manure and mineral fertilizers on sweet potato weevils damage and yields in two consecutive seasons.

		Damaged tubers (%)		Marketable tubers (T/ha)	
		2014	2015	2014	2015
BF11	No weeding	0.00±0.00c	0.00±0.00b	0.30±0.21b	0.59±0.42b
	Continuous hand weeding	42.12±11.02cab	66.14±10.00a	2.25±0.56a	1.47±0.05a
	4 WAT	68.30±7.67a	60.42±13.95a	0.89±0.49b	0.11±0.02b
	6 WAT	32.09±9.35cab	42.69±20.92ab	1.15±0.26b	0.04±0.02b
	8 WAT	49.34±13.48ab	81.94±11.86a	0.54±0.12b	0.11±0.01b
	10 WAT	27.04±11.33cab	29.12±7.9ab	0.60±0.05b	0.23±0.05b
EJUMULA-2	No weeding	30.83±10.83cab	33.89±9.7ab	0.16±0.06b	0.00±0.00b
	Continuous hand weeding	31.91±6.33cab	62.98±13.11a	0.48±0.14b	0.00±0.00b
	4 WAT	35.14±11.65cab	82.61±17.39a	0.13±0.01b	0.21±0.04b
	6 WAT	16.58±4.78cb	61.50±18.31a	0.55±0.27b	0.00±0.00b
	8 WAT	35.24±11.41cab	77.31±10.46a	0.74±0.3b	0.06±0.01b
	10 WAT	34.09±7.54cab	0±0b	0.21±0.06b	0.00±0.00b
		P=0.0059	P=0.0022	P=0.0003	P<0.0001
		F=3.03	F=3.48	F=4.49	F=11.25
		DF=11	DF=11	DF=11	DF=11
Varietal effect		F _{1, 94} =0.03; P=0.87		F _{1, 94} =6.67; P=0.01	
Season effect		F _{1, 94} =9.92; P=0.0020		F _{1, 94} =14.77; P=0.0002	
Weeding effect		F _{5, 90} =6.54; P<0.0001		F _{5, 90} =1.79; P=0.1200	
Weeding x variety		F _{11, 84} =3.28; P=0.0009		F _{11, 84} =1.94; P=0.0400	
Weeding x season		F _{11, 84} =6.69; P<0.0001		F _{11, 84} =2.94; P=0.0025	
Varieties x season		F _{3, 92} =3.25; P=0.0200		F _{3, 92} =7.91; P=0.0001	
Weeding x variety x season		F _{23, 72} =3.29; P<0.0001		F _{23, 72} =2.26; P=0.0040	

Means within a column followed by the same letters are not significantly different by the mean comparison test of Student-Newman-Keuls ($\alpha=0,05$).

Discussion

In our experiment, damage likely due to the infestation levels of the sweet potato weevil varied with location and varieties due to environmental characteristics and plant genetic attributes. Several factors had an impact, including:

- the physical attributes of the sweet potato;
- the age of stem cutting; and
- the influence of season and altitude on SPW infestation (35).

Among these attributes, the first and the last seem to play key roles in our case.

The physical attributes, including flesh colour, neck length, shape, thickness, and skin colour, are related with infestation of sweet potatoes by weevils. Certain studies have shown that oval- and round-shaped sweet potato tubers were more attacked in the field by SPW compared to elongate, spindle, and long-stalked tubers (44). The ability of some varieties to form tubers deeper in the soil reduces weevil damage (29). Also, the sweet potato rooting characteristic, especially root size can significantly affect tuber infestation by SPW (24).

The content of some chemical compounds in the tubers is also a factor that can make sweet potato varieties resistant to the SPW (4, 42). Compounds such as caffeic acids, coumaric acid esters inhibit SPW feeding and reduce egg-laying capacity (42). The volatiles emitted by sweet potato aerial parts and roots, especially sesquiterpene can make some genotypes less attractive for SPW (25, 47).

Weevil damage due to infestation has a relationship with the location, altitude and planting season of the sweet potatoes (35). The temperature and humidity may influence the infestation and level of damage in the field. Several studies have concluded that higher temperatures may increase the growth rate of the insect's population as well as the risk and severity of the outbreaks (17). The development of weevils from egg stage to adults is faster in the environments where the temperature is ranged between 25 °C and 30 °C (30). In our study area, the temperature ranged from 25.6 °C to 33 °C, likely more than sufficient to stimulate growth in the insect population and allow the development of more than three generations of SPW during the cultural season. The planting date may also increase the pest population. When sweet potatoes were planted late, the incidence of weevil infestation is higher than when they were planted early from June to July (20). In our region September planting date is considered late (20) and this period is not conducive to the development of the main natural enemies such as nematodes and entomopathogenic fungi (41).

In addition, the infestation and damage recorded may be reliant on the nature of the soil. The two locations where the study was carried out belong to the same agroecology but had different soil characteristics. In fact, at MOUNA, the soil is clayey, while it is sandy at BENAVEROU. When the tubers begin to grow, the clayey soil cracks, especially when dry. As SPW cannot dig a hole into the soil, these cracks facilitate SPW entering the soil and damage the tubers. The damage that occurred late did not affect the overall tuber yields, which were not significantly different between the two sites. However, the damage affected the yield of marketable tubers. Overall, the varieties CAROMEX, BF18, BF59 and BF-3 appeared to be tolerant to the SPW with good tuber yield despite significant damage. The varieties ZAPPOLO-1 and RESISTO could constitute a good source of resistance for breeding programmes. Both varieties exhibited low yields at both sites. Low-yielding varieties are generally less affected by sweet potato weevils (5). Resistance and / or tolerance to the SPW are attributed to different features, including pest preference. Sweetpotato resistance to weevils has been reported in the laboratory and the field (9; 31; 46). Sweet potato resistance to weevil adults should be examined in terms of the preference of the SPW for ovipositing on specific cultivars, which may be related to the potential of latex produced by the sweet potato as a defense mechanism (13) However, according to Okada *et al.* (32), few studies have considered the preference of weevil adults for some cultivars or the suitability of the preferred cultivars for juvenile development. For these reasons, further investigations are needed to better understand the mechanisms of resistance of the identified varieties. Regarding fertilizers, our findings indicate a positive effect of manure in combination with a high K content on reducing SPW damage and increasing the yield of marketable tubers. The effectiveness of some fertilizers as compost or manure associated with synthetic fertilizers in reducing pest populations has been reported on the spotted tentiform leafminer *Phyllonorycter blancardella* and the migrating woolly apple aphid *Eriosoma lanigerum* (10) and for Colorado potato beetle (3). The negative effects of K fertilizer on the SPW that were observed in the present study were also reported for different insect species in other settings (14). In fact, nitrogen and potassium influence the accumulation of chemicals in the tubers, affecting the resistance of the varieties to the SPW (28). Organic fertilization alone had no effect on weevil damage or yields. This result is in accordance with the findings of Alyokhin *et al.* (3), who report that synthetic fertilizers applied alone did not reduce the Colorado potato beetle population in the treated plot. However, this result differs from those of other authors (6), which showed that for the weevil *Cylas puncticollis*, damage increases with high doses of poultry manure.

Indeed, for soils rich in organic matter or manure, the infiltration rate and the water retention capacity improve, making these soils supple and loose (18). This feature increases the porosity of these soils and facilitates the penetration of adult SPW, causing significant damage to the tubers. In our study, the presence of mineral fertilizers could reduce the effects of organic manure on the soil porosity. It has been reported that mineral fertilizers without organic amendment cause the hardening of some soils, making it difficult for SPWs to enter these soils to attack sweet potato tubers (36). The fertilization of plants improves their growth and increases the rate of organic matter in the soil. Fertilization is the main determinant of biological activity and influences the physical and chemical properties of the soil (8). The action of some organic and mineral fertilizers could reduce soil cracks and improve tuber yields. The evaluation of the effects of weeding on SPW management showed that the crops were less damaged by the SPW when the plot was not weeded at all or when it was weeded once 10 weeks after planting. To the best of our knowledge, this is the first time such a finding is reported on *C. puncticollis* in Africa. This result is very interesting for sweetpotato producers because they will be able to choose the best times for weeding their sweet potato field. Several cultural practices have been identified as being effective in SPW management in terms of reducing the infestation level in the field, and reports have been published on combining potato varieties, harvesting dates and mulching levels (26); potato cultivars in relation to different mulching levels (27); host plant resistance/tolerance, mulching and varying harvesting dates (11); combinations of 3 earthing-up events and prompt harvesting (48). The decreasing effect of weeds in terms of the number of crops attacked in the fields may be due to the favourable microenvironment that they create for natural enemies of the SPW. As reported in other settings, the non-crop habitats may harbour beneficial organisms such as predators of the pest (7). The natural enemies of the SPW include fungi and nematodes (49), the development of which could be enhanced by the microclimate created by the weeds. Similarly ants and carabids, which are potential predators of weevils, are more prevalent in not weeded plots (22). In addition to the better development of natural enemies, the weeds helped increase the soil humidity, which reduces soil cracking and could make it difficult for SPW to enter the soil (35). Finally weeds itself can make it difficult for SPW to walk on soil and spread in the crop. However, the positive effect of weeds on SPW infestations could be lowered by the negative effects of weeds on crop development.

In fact, the weed species encountered included mainly *Cyperaceae* species, which are competitors for nutrients. These weeds can cause a yield loss if their density is high (34). The option to weed once 10 weeks after planting could be a good trade-off. Another option is to associate the sweet potato with edible cover crops, as crop association seems to be effective for controlling SPW (15).

The next step is to combine the best fertilizer combination and weeding practice with resistant varieties in an IPM approach for controlling the SPW.

Conclusion

At the end of this study, two varieties (RESISTO and ZAPPALO-1) were identified as resistant to the weevils' attacks and four varieties (Caromex, BF77 Tainung * -10, BF14, BF59 * TIB-3) which were more productive. Also, weevils' damages were lowered in the no weeding plots than in continuous hand weeding plots. Finally, the application of the N30P0K90 and N0P30K100 was given the high yields and considerably reduced the damage of the sweet potato weevils. In the context of a sustainable and effective management of sweet potato weevils, it is critical to combine the various cultural control methods implemented during this study. For that we recommend the use of resistant and high yielding varieties combined with good cultural practices including the applying of mineral fertilizers (high rate of nitrogen and potassium), organic fertilizers (20 t/ha) and a delay weeding 10 weeks after planting.

Acknowledgement

We thank Dr K. Some and Dr A. Garane respectively Breeder and Agronomist for their collaboration. We also thank T. Ouédraogo, S. Tarpidiga of Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), station of Kamboinse, Burkina Faso, for their technical assistance in data collection. My colleagues PhD candidates are acknowledged for their scientific advices and collaboration.

Literature

1. Alcazar J., Cisneros F. & Morales A., 1997, *Large-scale implementation of IPM for sweet potato weevil in Cuba: A collaborative effort*, Program Report 1995-1996. International Potato Center, Lima, Peru. 185-190.
2. Altieri M.A. & Nicholls C.I., 2004, *Biodiversity and pest management in agro ecosystems*. 2nd edn. New York: Food Products Press. 252 p.
3. Alyokhin A., Porter G., Groden E. & Drummond F., 2005, Colorado potato beetle response to soil amendments: A case in support of the mineral balance hypothesis. *Agri., Ecosyst. Environ.*, **109**, 234-244.
4. Anyanga M.O., Muyinza H., Talwana H., Hall D.R., Farman D.I., Ssemakula, G.N., Mwanga R.O.M. & Stevenson P.C., 2013, Resistance to the weevils *Cylas puncticollis* and *Cylas brunneus* conferred by sweet potato root surface compounds. *J. Agric. Food Chem.*, **61**, 8141-8147.
5. AVRDC, 1990, *Screening for sweet potato weevil resistance*. Progress Report 1988, Asian Vegetable Research and Development Center, Taiwan. 175-176.
6. Bamaiyi L.J., Dauji L.Z., Gabriel V.K., Lyocks W.S.J. & Tanimu J., 2011, Effect of poultry manure rates and vine staking on the incidence and severity of *Cylas puncticollis* (Curculionidae: Brentidae) on sweetpotato (*Ipomea batatas* Lam). *J. Agric. Biol. Sci.*, **2**, 049-053.
7. Bianchi F.J., Booi C.J. & Tschardtke T., 2006, Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings. R. Soc. Lond., B. Biol. Sci.*, **273**, 1715-1727.
8. Bi voko D.R.R., Ahonzo-Niamke S.L., & Zeze A., 2013, Impact des propriétés physicochimiques des sols de culture du manioc sur l'abondance et la diversité des communautés de champignons mycorrhiziens à arbuscules dans la zone agro écologique d'Azaguie, sud-est de la Côte d'Ivoire. *Agron. Afr.*, **25**, 251-264.
9. Bottega D.B., Rodrigues C.A. & Peixoto N., 2010, Selection of sweet potato clones (*Ipomoea batatas*) resistant to *Euscepes postfasciatus* under field conditions in Ipameri, State of Goiás, Brazil. *Rev. Agri.*, **85**, 179-184.
10. Brown M.W. & Tworowski T., 2004, Pest management benefits of compost mulch in apple orchards. *Agric. Ecosyst. Environ.*, **103**, 465-472.
11. Devi M., Niranjana R.F. & Kalieswari N., 2016, Evaluation of cultural control practices in the management of sweet potato weevil (*Cylas formicarius*) (Apionidae: Coleoptera). *Int. J. For. Crop Improvement*, **7**, 24-28.
12. DGESS, 2014, *Résultats définitifs de la campagne agricole et de la situation alimentaire et nutritionnelle en 2013/2014*. MASA. 77 p.
13. Emma S., Data S.F., & Nottingham S.J.K., 1996, Effect of Sweet potato Latex on Sweet potato Weevil (Coleoptera: Curculionidae) Feeding and Oviposition. *J. Econ. Entomol.*, **89**, 544-549.
14. Facknath S. & Lalljee B., 2005, Effect of soil-applied complex fertilizer on an insect-host plant relationship: *Liriomyza trifolii* - *Solanum tuberosum*. *Entomol. Exp. Appl.*, **115**, 67-77.
15. Fite T., Getu E. & Sori W., 2014, Integrated management of sweet potato weevil, *Cylas puncticollis* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae) in Eastern Ethiopia. *J. Entomol.*, **11**, 225-237.
16. Fuglie K.O., 2007, Priorities for sweet potato research in developing Countries: Results of a survey. *Hort Science*, **42**, 1200-1206.
17. Gomi T., Nagasaka M., Fukuda T. & Higahara H., 2007, Shifting of the life cycle and life-history traits of the fall webworm in relation to climate change. *Entomol. Exp. Appl.*, **125**, 179-184.
18. Grandy A.S., Porter G.A. & Erich M.S., 2002, Organic amendment and rotation crop effects on the recovery of soil organic matter and aggregation in potato cropping systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **66**, 1311-1319.
19. INSD, 2013, *Annuaire statistique 2011. Ministère de l'Economie et des finances*. 420 p.
20. Institute de l'Environnement et de Recherche Agricole. Rapport de la campagne 2012-2013.
21. Issa A.H., Doumma A. & Toufique B.M., 2015, Inventaire des variétés, des méthodes locales de stockage et de protection contre les ravageurs de la patate douce (*Ipomea batatas* L.) dans la bande Ouest du Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**, 1962-1971.
22. Jackson D.M. & Harrison, H.F., 2008, Effects of a killed-cover crop mulching system on sweetpotato production, soil pests, and insect predators in South Carolina. *J. Econ. Entomol.*, **101**, 1871-1880.
23. Jackson D.M., Harrison J.H.F. & Ryan-Bohac J.R., 2012, Insect resistance in sweet potato plant introduction accessions. *J. Econ. Entomol.*, **105**, 651-658.
24. Kabi S., Ocenga-Latigo M.W., Smit N.E.J.M., Stathers T.E. & Rees D., 2001, Influence of Sweet potato Rooting Characteristics on Infestation and Damage by *Cylas* Spp., *Afr. Crop Sc. J.*, **1**, 165-174.
25. Korada R.R., Naskar S.K., Prasad A.R., Prasuna A.L., & Jyothi K.N., 2010, Differential volatile emission from sweet potato plant: mechanism of resistance in sweet potato for weevil *Cylas formicarius* (Fab.). *Current Sc.*, **99**, 1597-1601.
26. Mansaray A., Sundufu A.J., Yilla K. & Fomba S., 2014, Evaluation of cultural control practices in the management of sweet potato weevil (*Cylas puncticollis*) Boheman (Coleoptera: Curculionidae), *Sc. Connect*, **44**, E-ISSN: 2223-506X.
27. Mansaray A., Sundufu A.J., Moseray M.T. & Fomba S.N., 2015, Sweet potato weevil (*Cylas puncticollis*) Boheman infestation: cultivar differences and the effects of mulching. *Open Entomol. J.*, **9**, 7-11.
28. Marti H.R., Mills H.A., Severson R.F. & Kays S.J., 1993, Nutritional effects on sweet potato storage root surface chemistry. *J. Plant Nutr.*, **16**, 653-665.
29. Muyinza H., Talwana H.L., Mwanga R.O.M. & Stevenson C., 2012, Sweet potato weevil (*Cylas* spp.) resistance in Africa sweet potato germplasm. *Int. J. Pest Manag.*, **58**, 73-81.

30. Nteletsana L., Schoeman A.S. & Geoch M., 2001, Temperature effects on development and survival of sweet potato weevil, *Cylas puncticollis* Boheman (Coleoptera: Aionidae), *Afr. Entomol.*, **9**, 1-3.
31. Okada Y.K., Yasuda T.S. & Ichinose K., 2014, Sweetpotato resistance to *Euscepes postfasciatus* (Coleoptera: Curculionidae): larval preference adversely effected by adult's preference to tuber for food and oviposition. *J. Econo. Entmol.*, **107**, 1662-1673.
32. Okada Y., Kobayashi A., Tabuchi H. & Kuranouchi T., 2017, Review of major sweet potato pests in Japan, with information on resistance breeding programs. *Breed Sci.*, **67**, 73-82.
33. Okonya J.S. & Mujica N., Carhuapoma P. & Kroschel J. 2016, *Sweetpotato weevil, Cylas puncticollis (Boheman 1883)*. In: Kroschel J., Mujica N., Carhuapoma P. & Sporleder M. (Eds.). *Pest distribution and risk atlas for Africa. Potential global and regional distribution and abundance of agricultural and horticultural pests and associated biocontrol agents under current and future climates*. Lima (Peru). International PotatoCenter (CIP). ISBN 978-92-9060-476-1.
34. Seem J.E., Creamer G.N. & Monks D.W., 2003, Critical weed free period for Beauregard sweet potato (*Ipomoea batatas*). *Weed Technol.*, **17**, 686-695.
35. Seow-Mun H. & Min-Yang L., 2015, *An insight into sweet potato weevils management: A Review*. Psyche, 849560, doi:10.1155/2015/849560
36. Smit N.E. & Matengo L.O., 1995, Farmers' cultural practices and their effects on pest control in sweet potato in south Nyanza, Kenya. *Int. J. Pest Manag.*, **41**, 2-7.
37. Smit N.E.J.M., 1997, *Integrated pest management for sweet potato in Eastern Africa*. PhD Thesis, Wageningen University, The Netherlands, 151 p.
38. Smit N.E.J.M., Downham M.C.A., Laboke P.O., Hall D.R., & Odongo B., 2001, Mass trapping male *Cylas* spp. with sex pheromones: A potential IPM component in sweet potato production in Uganda. *Crop Prot.*, **20**, 643-651.
39. Sorensen K.A., 2009, Sweet potato insects: *identification, biology and management*. In: *The sweet potato*. Loebenstein G. & Thottappilly G. (Eds.). Springer-Verlag New York Inc., USA. Pp 157-184.
40. Stathers T.E., Rees F., Kabi S., Mbilinyi L., Smith N.M., Koizya H., Jeremiah S.A. & Nyanjio D. J., 2003, Sweet potato infestation by *Cylas* species in East Africa: I. Cultivar differences in field manifestation and the role of plant factors. *Int. J. Pest Manag.*, **49**, 131-140.
41. Stathers T., Namanda S., Mwangi R.O.M., Khisa G. & Kapinga R., 2005, *Manual for sweet potato Integrated Production and Pest Management Farmer Field Schools in Sub-Sahara Africa*. International Potato center Kampala, Uganda. 168 p.
42. Stevenson P.C., Muyinza H., Hall D.R., Porter E.A., Farman D.I., Talwana H. & Mwangi R.O.M., 2009, Chemical basis for resistance in sweet potato *Ipomoea batatas* to the sweet potato weevil *Cylas puncticollis*. *Pure Appl. Chem.*, **8**, 57-67.
43. Tarekegn F., Emanu G., & Waktole S., 2014, Integrated management of sweet potato weevil *Cylas puncticollis* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae) in Eastern Ethiopia. *J. Entomol.*, **11**, 225-237.
44. Teli V.S. & Salunkhe G.N., 1996, A search for sources of resistance to sweet potato weevil. I. Morphological traits. *J. Maharashtra Agric. Univ.*, **20**, 400-403.
45. Uritani I., Saito T., Honda, H. & Kim W.K., 1975, Induction of furano-terpenoids in sweet potato roots by the larval components of the sweet potato weevils. *Agric. Biol. Chem.*, **37**, 1857-1862.
46. Wanderley P.A., Boiça A.L.J., & Wanderley M.J.A., 2004, Resistência de Cultivares de Batata-Doce a *Euscepes postfasciatus* Fairmaire (Coleoptera: Curculionidae). *Neotrop. Entomol.*, **33**, 371-377.
47. Wang Y. & Kays S.Y., 2002, Sweetpotato volatile chemistry in relation to sweetpotato weevil (*Cylas formicarius*) behavior. *J. Am. Soc. Horticultural Sci.*, **127**, 656-662.
48. Wolde W., Getu E. & Sori W., 2014, Integrated Management of Sweet potato Weevil (*Cylaspuncticollis* (B.)) (Coleoptera: Curculionidae) at Chano Dorga, Southern Ethiopia. *Asian J. Agric Resear.*, **8**, 17-29.
49. Yamaguchi T., Kawasoe K. & Izumi S., 2006, Pathogenicity of steinernematid nematodes on the sweet potato weevil, *Cylas formicarius* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae) and their feasibility for suppression of the weevil population. *Jap. J. Appl. Entomol. Zool.*, **50**, 217-224.

S. Koussoubé, Burkinabé, PhD candidate, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, CREAM de Kamboinsé, Ouagadougou, Burkina Faso; Université de Ouaga1Pr Joseph Ki-ZERBO, Unité de Formation et de Recherches en Sciences de la Vie et de la Terre, Laboratoire d'Entomologie Fondamentale et Appliquée, Ouagadougou, Burkina Faso

M.N. Ba, Burkinabé, PhD, Researcher, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Niamey, Niger; Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles de Kamboinsé, Ouagadougou, Burkina Faso

F. Traore, Burkinabé, PhD, Researcher, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles de Kamboinsé, Ouagadougou, Burkina Faso.

C.L. Dabire-Binso, Burkinabé, PhD, Researcher, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles de Kamboinsé, Ouagadougou, Burkina Faso.

A. Sanon, Burkinabé, PhD, Researcher, Université de Ouaga1Pr Joseph Ki-Zerbo, Unité de Formation et de Recherches en Sciences de la Vie et de la Terre, Laboratoire d'Entomologie Fondamentale et Appliquée, Ouagadougou, Burkina Faso.

Imbrasia obscura, an Edible Caterpillar of Tropical Africa: Chemical Composition and Nutritional Value

G. Mabossy-Mobouna^{1*}, F. Malaisse^{2,3}, A. Richel², P. Maesen², P. Latham⁴, P. Roulon-Doko⁵, F. Madamo Malasi⁶ & G. Lognay²

Keywords: *Imbrasia obscura*- Edible caterpillar- Chemical composition- Nutritional value- Tropical Africa

Summary

The consumption of *Imbrasia obscura* (Butler, 1878) has been quoted in a dozen books and papers in five different countries, namely Cameroon, Central African Republic, Congo Republic, Democratic Republic of the Congo and Angola. This study presents, for the first time, information concerning two unknown subjects, the chemical composition and the nutritional value of the species. The chemical composition shows that it is a good source of proteins and lipids with the presence of five essential amino-acids (threonine, tyrosine+phenylalanine, histidine and tryptophan) and important amounts of essential fatty acids. The mineral elements such as calcium, phosphorus, magnesium and potassium are also present in good amounts. There is little sodium for which human consumption is frequently but not always excessive. The very high proportion of alpha-linolenic acid contributes very significantly to the low ω -6/ ω -3 ratio. Consequently, this caterpillar is a food that may be recommended for human consumption. Farming this species should be encouraged because of its high nutritional value and its good commercial potential especially in areas where malnutrition is common.

Résumé

***Imbrasia obscura*, une chenille comestible d'Afrique tropicale: composition chimique et valeur alimentaire**

La consommation d'*Imbrasia obscura* (Butler, 1878) a été citée dans une douzaine de livres et d'articles concernant cinq pays différents, à savoir le Cameroun, la République Centrafricaine, la République du Congo, la République Démocratique du Congo et l'Angola. Cette étude présente, pour la première fois, une information concernant deux thèmes méconnus, la composition chimique et la valeur alimentaire de l'espèce. La composition chimique montre que c'est une bonne source de protéines et de lipides ayant cinq acides aminés essentiels (thréonine, tyrosine+phénylalanine, histidine et tryptophane) et d'importantes quantités d'acides gras essentiels. Les éléments minéraux comme le calcium, le phosphore, le magnésium et le potassium sont également présents en quantité appréciable. Il y a peu de sodium dont la consommation humaine est souvent, mais pas toujours en excès. La très haute teneur en acide alpha-linolénique contribue très significativement au faible rapport ω -6/ ω -3. Par conséquent, cette chenille est un aliment qui peut être recommandé pour la consommation humaine. Compte-tenu de sa haute valeur nutritionnelle et de ses bonnes potentialités commerciales dans les zones où la malnutrition est commune, l'élevage de cette espèce devrait être encouragé.

¹Marien Nguabi University, Sciences and Technology Faculty, Brazzaville, Congo Republic.

²Liège University, Gembloux Agro-Bio Tech., Gembloux, Belgium.

³Meise Botanical Garden, Meise, Belgium.

⁴Latham, Forneth, Blairgowrie, Scotland.

⁵CNRS, LLACAN (Black Africa language and culture), Villejuif, France.

⁶Upper Educational Institut, Bandundu, Democratic Republic of Congo.

*Corresponding author: e-mail: bossylsmabmobger@gmail.com

Introduction

The human consumption of insects or entomophagy presently constitutes an emergent domain supported by an extensive literature (16, 19, 37, 48, 51, 52, 53), and also the recent creation, in 2015, of a new review devoted to this domain, namely *Journal of Insects as Food and Feed*.

Regarding the Insecta Class, the Order Lepidoptera takes second place after Coleoptera. Indeed 659 Coleoptera and 362 Lepidoptera species have been quoted in a total of 2,111 species, making respectively 31.2% and 17.1% of the total (19). The importance of the consumption of Lepidoptera worldwide has been emphasised in numerous papers and notably in the following (33). As far as Lepidoptera are concerned, Africa is by no means fully documented. A large number of papers and books have been published in the last 30 years. Most of them, over 300, have been recently listed (31). Currently one hundred species, together with photos have been identified and a further fifty, also with photos, but known only by their vernacular names, are in our database.

In tropical Africa, insects were largely rejected during the colonial times, being frequently considered as a food of primitive people. Today, however, insects represent a solution, at least locally, to the food needs in several countries of sub-Saharan Africa. Indeed, taking into account the shrinking food resources in the world and the expanding populations in different continents, questions of food security increasingly arise, in quantity, quality and sustainability.

For this reason, research into «new» food resources is vital. One of the «warnings» to which the wider public is susceptible is the forward movement of the «earth overshoot day» (the day under consideration relates in each case to a particular calendar year, when humanity will have consumed all the resources that the planet is able to produce in that year), which was foreseen in 2017 for 2nd August according to the «Global Footprint Network».

Taking the current global situation into account, the abundance and nutritional value of insects can be considered as an important alternative source of proteins and lipids. However, the reluctance shown by the industrialized countries, and the still fragmentary knowledge of the safe and profitable use of insects are obstacles to the expansion of entomophagy and the consumption of farmed insects. In many African countries, however, people frequently eat insects which they appreciate as a very tasty food and which they consider a status enhancing dish.

Most insects are sought for and consumed during clearly defined seasons. They are eagerly sought and appreciated.

Surveys and analyses of many insects have been published for more than a decade, but knowledge of the nutritional properties and composition is still very much to be explored. This is the case for *Imbrasia obscura* and for this reason this paper gives a detailed description of the last stage caterpillar.

Description of the last instar larva

The caterpillar has no dominant colour; the thorax and abdomen have a creamy white basal colour, with numerous black areas. Six spines are observed on the thoracic and the abdominal segments. There are two areas on the dorsal face, two on the upper part of the lateral face, (one on each side), and two others on the bottom of the lateral face, (also one on each side). The dorsal spines are joined in pairs on the mesothorax and metathorax; they are developed on tubercles having an orange base; the spines are red with short blackish tips, with sometimes a straight short whitish hair. The spines lean backwards at 70°. The dorsal spines on the abdominal segments as well as spines located at the upper part of the lateral face are orange on orange tubercles. The spines located at the bottom of the lateral face are black. The head capsule is dull red, the prothoracic scutellum dull red and the anal scutellum red. A transverse black band is present on each segment, this band is prolonged to a triangular spot between the pair of spines on the abdominal segments; some other small spots are present, notably before the tubercles supporting the dorsal spines. On the abdominal segments two transverse black lines are present at the rear of the segment. The black spiracles are elliptic and oblique. Long white supple hairs are present; these are more numerous on the head capsule and prothoracic scutellum. The ventral face of the thoracic segments is black, and the legs are black. When describing the ventral face of the abdominal part it is important to distinguish the segments bearing false legs from the others. The segments bearing false legs are yellowish grey and have a fine black longitudinal line along their middle. The segments without false legs are black with two groups of yellow irregular creamy spots near their middle (Photos 1 and 2).



Photo 1: Last instar larva of *Imbrasia obscura*, dorsal view (© Lautenschläger T.).



Photo 2: Last instar larva of *Imbrasia obscura*, ventral view (© Madamo Malasi F.).

Material and methods

Final stage (5th instar) *Imbrasia obscura* caterpillars were analysed. The plant host was *Lophira alata* Banks ex Gaertn. Caterpillars were collected by G. Mabossy-Mobouna in August 2014 at Pokola (1°31'N, 16°09'E, alt. 340 m), in dense equatorial forest (27). Identification was carried out by Dr. T. Bouyer (IRSN-Belgium). The caterpillars were dried in the sun at ambient temperature.

On the one hand, a network of researchers working on the consumption of Lepidoptera in various tropical African countries (or smaller administrative units) has been consulted. This network has been established gradually over the past twenty years by one of us. On the other hand, we used the chemical analysis methods described by Paul *et al.* (43) to establish the content and composition of proteins, lipids and mineral elements.

References for *Imbrasia obscura* consumption

As indicated in our introduction, caterpillars are a product that enters in the normal constituent of a meal, as termites and mushrooms do for many people. Their consumption is confirmed by hundreds of documents.

The caterpillar of this species is a food resource among various African populations (Appendix 1) and is quoted in the recent inventory of edible insects (19). The following information is available in the literature.

Our presentation is more specific to Central Africa, i.e. Cameroon, Central African Republic, Republic of Congo, Democratic Republic of Congo and Angola due to lack of information for many of countries where *Imbrasia obscura* is present (Figure 1).

With regard to the host plants of this caterpillar and its period of harvest, the observations vary according to the regions. In particular, there are differences between the mainly savanna regions and those where the equatorial forest dominates and secondly according to the latitude of each region. *Imbrasia obscura* has a monovoltine life-cycle and the caterpillar is a polyphagous species. The list of host plants in the various regions studied is shown in Appendix 2.

In Cameroon, the consumption of *Imbrasia obscura* has been noted on the edges of the Dja Reserve in November 1977; the local name is *milun* in the Badjoué language (Appendix 1).

For Central African Republic, we have information from several sources. The first quoting of the consumption of this caterpillar took place in 1978 (6). Furthermore in the wonderful book «Les pygmées Aka et la forêt centrafricaine», much detailed information is given (7). The figure 1 is a map of the villages investigated; these are Kenga, Bagando and Bayanga.

In August and September 1978, the author accompanied a group of Ngando people in harvesting caterpillars. He provides information on 8 species, including *Imbrasia obscura*. He observed that the fresh weight of the last stage of this caterpillar is of the order of 4.3 g. In a given site its gathering from the ground extends over a period of 29 days and that the period of abundance is limited to one week. The maximum quantity observed on 7 September 1978 was 5 kg per km² and 700 caterpillars per tree. The slight difference in harvesting dates from one year to the next is pointed out. Finally, it should be remembered that large local outbreaks are rarely observed in the same place for several years, sometimes they are limited to one year (26, 30, 34).

Information on conservation techniques for several species, including *kénakéné*, namely *Imbrasia obscura* are also provided. Finally a drawing of the last stage of this caterpillar made by F. Crozier is presented (Figure 2).

An ECOFAC Report, published in 1994, deals with the NFLP and notably the edible caterpillars (13). For the Ngotto forest, the consumption of *Imbrasia obscura* is quoted, as well as the local names of *nguéguelé* in Bofi, *mokélie* in Issongo and *kénakène* in Aka are given (Appendix 1). Harvesting takes place in August.

The consumption of *Imbrasia obscura* by the Aka people of Lobaye at N'Gotto, has twice been confirmed and supported by photos (Appendix 1). We also have information on the presence and consumption of *Imbrasia obscura* in other villages and linguistic groups in CAR (Appendix 1) (45). In the work «Chasse, cueillette et culture chez les Gbaya de Centrafrique» information and comments on 82 different caterpillars are presented (46). Their local names and harvesting techniques are specified; the systems of naming are discussed. These include «*nàà-sán-kádán*» which are caterpillars to be found in large numbers, up to 30 (page 295). From a photograph taken in the vicinity of Ndongué it has been established that this species is *Imbrasia obscura*. The local name may be translated as «the well-dressed» or «the harnessed» depending on whether (a) we look at its general appearance, especially the two colours, yellow and black, or (b) its red spines. Its consumption by the Gbaya *bodoe* a homogenous group of 5,000 peoples in the south-west of Bouar (6°N, 16°E), is confirmed. Women in particular search for this caterpillar in the rain season during July and August.

For the Congo Republic, the first mention of the consumption of this caterpillar is given in 1995 (8). It was followed in 1996 during an ad-hoc meeting of United Nations experts to increase the production and use of unconventional resources as a food source in Africa. This took place at Addis-Ababa from 2nd to 4th December 1996.



Figure 1: Distribution map of *Imbrasia obscura* (27).



Nguéguélé in Bofi Language. Drawing: Bahuchet (7).

Figure 2: *Imbrasia obscura* last stage caterpillar.

The consumption of this species, as well as diverse local names, have been recently studied (27, 28). The caterpillar is eaten by all the ethnic groups of the northern part of the country, as well as by the Teke and the Lari. In the main towns of the South of the country, they are frequently consumed smoked, and mixed with *Gonimbrasia melanops*, since they are put in the same bag by the traders due to the presence of spines on their body. This characteristic is the reason for the name *binkélé* by the Kongo linguistic group, and of *inkèlè* by the Mbosi, the Mbere and the Teke. The caterpillars of the last instar are mainly collected during the second half of August. These papers (27, 28) provide also local names for 25 diverse ethno-linguistic groups and present the distribution of the species. Three photographs illustrate the last stage of this caterpillar.

For the Democratic Republic of Congo, the gathering, preparation and consumption of caterpillars by the Ba-Oto and the Ba-Twa in the vicinity of Lake Tumba has been discussed (42). *Imbrasia obscura* is the most common species; *mo-pakala* is described as a black caterpillar with yellow patches, red spines and white hairs (p. 209). Several sightings during the year, with important peaks in early August, the beginning of September, in January and in February are reported (p. 287). A photograph of this caterpillar taken in the Salonga National Park in Bandundu province, where it is called *bapakala* may also be found (44).

Since 1984, when P. Latham (and his wife), first tasted caterpillars, he has researched non-timber forest products (NFTP) in Central Kongo in the Democratic Republic of the Congo. Several publications confirm the importance of the documentation he has put together with the help of his collaborators. Published in French and English, the book «Edible caterpillars and their food plants in Bas-Congo province» concerns us. *Imbrasia obscura* is one of several caterpillars called *minsendi* (20, 21, 23). The 2015 edition, for the Central Kongo Province, indicates the recent change of name of this province, made in July 2015 (22).

For Angola, its consumption in the north of the country has been noted (24); its local name is *minsende* in the kongo language and *tubula* in the kimbundu language.

Caterpillars are collected from January to March and the moths are observed from October to November each year in the forest around Uige and in Mamanje Province in Northern part of Angola.

The above data is summarized in Appendix 1. Furthermore, two photographs of this caterpillar have been published, once without name (36), once with a wrong determination (40).

The wide distribution of *Imbrasia obscura* (Figure 1) and the consumption of the last stage of the caterpillar by many people (Appendix 2) makes it an important edible species.

The species occurs in 15 countries, being eaten in at least five of them by people belonging to a total of 31 ethno-linguistics units. Moreover its polyphagous character has been established, 21 different taxa having been quoted (Appendix 2).

Preparation methods

The way in which caterpillars, are consumed varies according to different factors. On the one hand, the consumption of fresh caterpillars at the time of harvest should be distinguished from that of caterpillars that have been dried for later storage consumption. On the other hand, we must also consider the stage of the caterpillar and finally its size and thickness.

For fairly thick caterpillars, as is the case for *Imbrasia obscura*, they are washed in cold water and, if they are harvested before maturity, are emptied of their gut contents by pressing the caterpillar's body between the thumb and the forefinger to expel the excrement from the anus whilst the head of the caterpillar is held in the other hand. Salt and pepper are then added, and they are boiled in a small quantity of water.

For immediate consumption, we will compare the mode of preparation of Gbaya bodee (CAR) compared to that of Enyellé (CR). In Gbaya bodee as in the Enyellé, the fresh caterpillars are a complete dish that accompanies the principal base of any meal, cassava porridge for the first, or with plantain (banana) or chikwangue for the second.

The Gbaya bodee use only one method of preparation, salt and pepper are added to the caterpillars of *Imbrasia obscura*, they are then boiled in water and usually eaten as the main dish served with a ball of cassava porridge. With the Enyellé, there are three cooking techniques used for *Imbrasia obscura* caterpillars. The caterpillars can be boiled in water, or they can be cooked in packets of Marantaceae leaves (the packet is called *liboké* in lingala) (Photo 3). For this they are either broken in two in the middle of the body, either after being beheaded, the fresh caterpillars are turned inside out by pushing the anal scutellum in with a small hard stem), then salted. The packets may be cooked in embers, steamed in a pot or boiled in water. Finally, they may also be skewered onto a hard stem and grilled over a fire or fried in small quantities of palm oil (this is nevertheless an uncommon method of preparation).

To preserve the caterpillars for later preparation, all the groups that harvest them fresh, after washing them in cold water, boil them in a little water, either adding salt or not. The caterpillars are then dried using techniques that vary depending on whether one is in savannah or forest. In savannah areas, caterpillars are sun dried, spread on mats, sheets, tarpaulins or racks. This technique requires a long period of sunshine.

When sunshine is sufficient, even in the rain season, as is the case for the Gbaya in CAR, the caterpillars may be conserved for 3 or 4 months (47). Otherwise, drying in the sun does not allow long-term storage (less than a month) and these caterpillars have to be eaten quickly.

Thus, in forest areas, where the abundant rainfall does not allow drying in the sun, the caterpillars are smoked on racks for a maximum of three to four days (Photo 4). The smoking technique allows the long-term storage (3 to 6 months) of large quantities of caterpillars, often intended for marketing. For the preparation of these caterpillars, whether in the harvesting zone or from the dried product, the techniques are based on the cultural practices of each group with respect to dried products, and the preparations are very diverse.

When choosing a future way of consuming the caterpillars they are dried to preserve them, being first cooked in water and afterwards put out to dry in the sun on plates or on mats. This is obviously the case when the caterpillars are marketed in places at a distance from where they are harvested.

For the Gbaya bodoe, the dried caterpillars are reheated, and usually added to a paste of sesame seed mixed with a little water and cooked, but most often they are added to a gluey sauce, using powder obtained from the nuts of two Lauraceae species, (*Beilschmiedia anacardioides* (Engl & Krause) Robyns & Wilczek, *Beilschmiedia mannii* (Meisn.) Benth. & Hook.f.) mixed with water. One may also add them to a plate of sesame or squash balls with gluey sauce, the characteristic glutinous dish of the Gbaya kitchen. They constitute a meal, of the same value as meat, vegetables or mushrooms, that accompanies cassava porridge, the basis of all Gbaya meals. The caterpillars are never eaten with vegetable leaves, cassava leaves, leaves of *Amaranthus* spp. or *Gnetum africanum* Welw. Whereas, in the Republic of the Congo, dried caterpillars are cooked with vegetables. These include rattans (*Calamus deerratus* G.Mann & H.Wendl., *Laccosperma secundiflorum* (P.Beauv.) Kuntze), Malabar spinach (*Basella alba* L.), cabbage (*Brassica* spp.), *Amaranthus*, squash (*Cucurbita* sp.) or beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Smoked fish, salted fish, prawns and smoked meat are the foods of animal origin which most frequently accompany smoked *Imbrasia obscura* caterpillars in cooking, as opposed to the foods accompanying fresh caterpillars.



Photo 3: Preparation method for *Imbrasia obscura* caterpillars at Mokpetene (Bétou). The most commonly used leaves are from Marantaceae. These are *Megaphrynium macrostachyum* (K.Schum.) Milne-Redh., *Megaphrynium gabonense* Koechlin, *Sarcophrynium prionogonium* (K.Schum.) K.Schum. and a *Marantochloa* sp.)



Photo 4: A curing rack for smoking *Imbrasia* spp. caterpillars at Wongo-West village (Bétou, © G. Mabossy-Mobouna.)

In the areas where the caterpillars are not found naturally, only the smoked caterpillars of *Imbrasia obscura* are usually prepared. They are cooked, either with water, with peanut butter (*Arachis hypogea* L.) or with palm oil (*Elaeis guineensis* Jacq.) and the same accompanying vegetables as in the areas where the caterpillars are collected. In Congo, in the different recipes, the most commonly used condiments are onion (*Allium cepa* L.) and gombo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench.), followed by fresh tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.), chives (*Allium fistulosum* L.) and garlic (*Allium sativum* L.). Peppers (*Capsicum annum* L.) may also be added. Finally when caterpillars are marketed in sites where they are not collected, the dried caterpillars are consumed and cooked according to the local traditions. This will not be commented here.

Results and discussion

Overall chemical composition

Final stage (5th instar) *Imbrasia obscura* caterpillars contain 72% (N x 6.25) proteins, 12.17% lipids, 1.5% carbohydrates and 2.9% of ash (with an energy value of 1718.03 kJ for 100 g of Crude Material) with 11% moisture.

The comparison of the chemical composition of these caterpillars with those of other caterpillars consumed in tropical Africa indicates what they have a protein content similar to those of *Imbrasia truncata* (26), *Imbrasia epimethea* (24) and *Hadraphe ethiopica* (32). They are more rich in proteins than the caterpillars of *Bunaeopsis aurantiaca* (38, 41), *Antheua insignata* (32) and *Cirina butyrospermi* (55). The quantity of proteins in *Imbrasia obscura* caterpillars is higher than in those of *Imbrasia*

oyemensis (3), *Lepidoptara litoralia* (49), *Anaphe panda* (24), *Pseudantheraea discrepans* (24), *Elaphrodes lactea* (40), *Sciatta inconcisa* (24), *Gonimbrasia alopia* (24), *Cymothoe caenis* (40), *Gonimbrasia dione* (40) and *Cirina forda* (5, 24). *Imbrasia obscura* caterpillars are among those having the highest protein content.

The fatty matter content of *Imbrasia obscura* caterpillars is slightly lower than that of *Imbrasia truncata* (26). However, the caterpillars contain less lipids than those of *Cirina butyrospermi* (55) but more than those of *Imbrasia epimethea* (24).

The amount of carbohydrates in *Imbrasia obscura* caterpillars is lower than that of *Bunaeopsis aurantica* (38), *Hadrapphe ethiopia* (32), *Imbrasia oyemensis* (14) and *Cirina butyrospermi* (55).

The level of minerals in *Imbrasia obscura* caterpillars is lower than for *Cirina forda* (2), *Lepidoptara litoralia* (49) and *Cirina butyrospermi* (55). It is comparable to the level in *Anaphe reticulata* (4) and *Bunaeopsis aurantiaca* (41). It is nearly double for that of *Anaphe infracta* and *Cirina forda* (4).

The energy value of *Imbrasia obscura* caterpillars is nearly identical to that of *Bunaeopsis aurantiaca* (38), but greater than that of *Hadrapphe ethiopia* (32), *Antheua insignata* (32) and *Cirina forda* (1). However, it is lower than for *Imbrasia oyemensis* (3, 14).

Essential amino acids composition

The proteins present in *Imbrasia obscura* caterpillars contain all the essential amino-acids in appreciable quantities, but for most of them, in lower concentrations than recommended. Indeed, in accordance with the FAO guide values quoted in Table 1, 100 g of *I. obscura* provide nutritionally relevant amounts for only five essential amino acids (threonine, tyrosine+phenylalanine, histidine and tryptophan), which are highly restricted in valine, isoleucine, lysine and the sulphur amino-acids (only 69%, 80%, 73% and 79% of the recommended intake) and deficient in leucine (56 %) (54).

The essential amino-acids profile of *Imbrasia obscura* caterpillar is different to that of *Imbrasia oyemensis* which contains an important amount of lysine, followed by leucine and valine (3).

The ratio between the essential acids and the total amino-acids of *Imbrasia obscura* caterpillars is similar to that for *Imbrasia truncata* (26), but lower than that for *Cirina butyrospermi* (55).

The leucine/isoleucine and leucine/lysine ratios of *Imbrasia truncata* caterpillars are favourable and do not cause any nutritional problem. They are comparable to those of *Imbrasia oyemensis* caterpillars (14).

Table 1
Analysis of *Imbrasia obscura* caterpillars.

Amino-Acids	g/100g proteins			Amino- Acids	g/100g proteins		
	<i>Imbr. obscura</i>	RP-FAO (1)	CI (2)		<i>Imbr. obscura</i>	RP-FAO (1)	CI (2)
Asp	4.8			Met	1.1	2.2 *	79 *
Thr	2.9	2.3	126	Cys	0.6		
Ser	2.8			Leu	3.3	5.9	56
Glu	6.2			Tyr	4.1	3.8 **	190 **
Pro	3.5			Phe	3.2		
Gly	2.5			His	2.0	1.5	133
Ala	2.7			Lys	3.3	4.5	73
Val	2.7	3.9	69	Arg	2.9		
Ile	2.4	3	80	Trp	1.0	0.6	167
Fatty Acids	%	% Total Fatty Acids ***	%	Major		Others	mg/Kg DM
				Minerals	% DM		
C14	0.2	C18	18.0	Ca	0.10	Cd	0.01
C15	0.2	C18:1	8.0	P	0.28	Cu	12.3
C15:1	0.2	C18:2 (ω-6)	9.2	Mg	0.24	Ni	1.6
C16	17.1	C18:3 (ω-3)	41.1	K	0.97	Pb	< 0.01
C16:1	0.3	C20	0.3	Na	0.02	Zn	154
C17	1.1	C20:4 (ω-6)	0.3			Hg	0.006
Σ Saturated	36.9	ω-6	9.5			Cr	1.4
Σ Mono-insaturated	8.5	ω-3	41.1			As	<0.01
Σ Poly-insaturated	50.6	ω-6 /ω-3	0.2				

(1) Reference protein (WHO/FAO/UNU, 2007).

(2) Chemical index (Amino-acid content *Imbrasia*/ Amino-acid protein content WHO. Reference). * Met + Cys ** Tyr + Phe *** Total non identified: 4%.

Fatty acids composition

The lipids (% D.M.) of this caterpillar contain important proportions of α -linolenic, palmitic and stearic acids. The percentage of polyunsaturated fatty acids (50.56 %) is due to a very high proportion of alpha-linolenic acid, which contributes very significantly to the low ratio ω -6 / ω -3 (0.23), which is much lower than the optimal value recommended.

As an example, for Belgium, the value of this ratio is of 4 (7), of 5 for F.A.O. (13). Nevertheless, "The ratio of ingestion of ω -6 fatty acids and ω -3 fatty acids is of little importance as long as the intake of these two groups of polyunsaturated acids is within the recommended range" (13). Arachidonic acid is present at low levels (0.30 %). The highly polyunsaturated character, and therefore the risk of auto-oxidative lipid degradation, could be problematic, causing changes to the flavour and taste during prolonged storage.

The profile of the major lipids of *Imbrasia obscura* caterpillars (C18:3> C18:0> C16:0> C18:2> C18:1) is almost the same as those of *Imbrasia truncata* (C18:3> C16:0> C18:0> C18:2> C18:1) (26).

Imbrasia obscura caterpillars have a similar ratio of polyunsaturated fatty acids to those of *Imbrasia truncata* (26), but different to those of *Cirina butyrospermi* (55).

The ratio PUFA on SFA equal to 1.3 is similar to that for *Imbrasia truncata* (26), which indicates a very high nutritional value for lipidic level (25, 26). The ω 6/ ω 3 ratio of *Imbrasia obscura* caterpillars (0.23) is lower than 1 and is better than the one of *Imbrasia oyemensis* caterpillars which is 8.02 (14).

Minerals composition

The mineral content of *Imbrasia obscura* includes Ca, P, Mg and K at interesting rates and a small amount of Na, of which human consumption is very often excessive. The ratio of Ca/P is much less than 1, causing poor absorption of Ca (11). In the same way, the ratio Ca/Mg is much less than 2, causing poor fixing of Ca in the organism (15). Thus, the foods that are cooked with caterpillars should have more Ca in order to correct these two ratios. The ratio of Na/K, being less than 1, is favourable for the good functioning of the organism. In fact, He and Mac Gregor's work (17) has shown that when the ratio of Na/K is inferior to 1 in a food, blood pressure is lowered, cardio-vascular mortality is reduced, renal function is protected, and urinary lithiasis (gall stones) and osteoporosis are prevented.

The low content of Na could be advantageous for hypertension. However, where people suffer from renal failure K rich food is generally absent (35, 50).

The profile of the major mineral elements in *Imbrasia obscura* caterpillars is similar to that of *Imbrasia truncata* (26) but different to that of *Cirina butyrospermi* (55). Indeed *Imbrasia obscura* and *Imbrasia truncata* caterpillars are richer in potassium followed by phosphorus whilst *Cirina butyrospermi* caterpillars are rich in calcium followed by sodium.

Conclusion

The caterpillars of *Imbrasia obscura* are an excellent provider of essential amino acids, essential fatty acids and other micronutrients. By incorporating them in the flour in Central African infant weaning pastes will improve the nutritional value of these foods and help combat malnutrition. In fact, corn and cassava flours used in the preparation of weaning pastes in Africa are poor in α -linolenic acid (39). Infants receiving only these foods have a deficit in this fatty acid, the consequences of which are dramatic because dietary deficiency in α -linolenic acid induces behavioral and cognitive problems, particularly in learning, memorization and habit forming (10).

Few works deal with solving child malnutrition in Central Africa countries (29, 41).

The results assembled in the present paper point out that *Imbrasia obscura* is a good proteins and lipids source with an interesting ratio of essential fatty acids and having only five essential amino-acids. Nevertheless the consumption of these caterpillars combined with a diverse feeding may provide a valuable alimentary supplement.

Aknowledgements

The authors received amazing support from several people. Ms S. Davister, from Gembloux Agro-Bio Tech, provided many references requested. Thank you for your swift action. A special word of thanks to Dr. T. Lautenschläger from the Technische Universität Dresden for putting a wonderful photo of *Imbrasia obscura* at our disposal. Our thanks also to Dr. Thierry Bouyer for providing a map of the distribution of *Imbrasia obscura*. This map constitutes a rich and synthetic view. Thanks also to Ir. P. Jeanmart and Ir. P.-F. Bertieaux, both graduates of the Faculty of Agronomical Sciences, for providing photos and information on the consumption of *Imbrasia obscura*.

Literature

1. Agbidye, F.S., Ofuya, T.O. & Akindele, S.O., 2009, Some edible insect species consumed by the people of Benue State, Nigeria. *Pak. J. Nutr.*, **8**, 7, 946-950.
2. Akinnowo O. & Ketiku A.O., 2000, Chemical composition and fatty acid profile of edible larva of *Cirina forda* (Westwood). *Afr. J. Biomedical Res.*, **3**, 2, 93-96.
3. Akpossan R.A., Dogoré Digbeu Y., Kouassi Konan H., N'guessan Kouadio J.P.E., Dabonné S., Ahipo Dué E. & Kouamé L.P., 2014, Nutritional characteristics of the caterpillars (*Imbrasia oyemensis*) from Côte d'Ivoire. *Int. J. Rec. Biotech.*, **2**, 3, 1-5.
4. Alamu O. T., Amao A. O., Nwokedi C. I., Oke O.A. & Lawa I.O., 2013, Diversity and nutritional status of edible insects in Nigeria: A review. *Int. J. Biodiversity Conserv.*, **5**, 4, 215-222.
5. Badanaro F., Amevoïn K., Lamboni C. & Amouzou K., 2014. Edible *Cirina forda* (Westwood, 1849) (Lepidoptera: Saturniidae) caterpillar among Moba people of the Savannah Region in North Togo: from collector to consumer. *Asian J. Appl. Sci. Eng.*, **3**, 8, 13-24.
6. Bahuchet S., 1978, *Introduction à l'ethnoécologie des pygmées Aka de la Lobaye, Empire Centrafricain*. Thèse de Doctorat, Ecole des Hautes Études en Sciences Sociales, Paris, 348 p.
7. Bahuchet S., 1986, *Les Pygmées Aka et la forêt Centrafricaine*. Ethnoscience n°1. Paris, SELAF, 640 p.
8. Bani G., 1995, Some aspects of entomophagy in Congo. *Food Insects Newsletter*, **8**, 3, 4-5.
9. Boldrini S., Bracke C., Daïnou K., Vermeulen C., Fétiveau J., Ngoy Shutscha M. & Doucet J.L., 2017, *Guide technique: plantation agroforestière d'Acacia auriculiformis dans le Haut-Katanga*. Les Presses agronomiques de Gembloux, Gembloux (Belgique), 53 p.
10. Bourre J.M., 2004, Acides gras oméga-3 alimentaires et neurophysiologie. *Oléagineux, Corps gras, Lipides. Fondamental*, **11**, 4, 362-370.
11. Comelade F., 1995, *Technologie et hygiène alimentaire - 1^{er} Cahier: Les nutriments*, 7^{ème} éd. Jacques Lanor, Paris, 144 p.
12. Conseil Supérieur de la Santé: avis N°9285 - *Recommandations nutritionnelles pour la Belgique*. <http://www.health.belgium.be/fr/avis-9285-recommandations-nutritionnelles-pour-la-belgique-2016>.
13. FAO/WHO – Food and Agriculture Organization / World Health Organization, 2010, Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation. Rome (Italy). <http://www.fao.org/3/a-i1953e.pdf>.
14. Foua Bi F.G., Meite A., Dally T., Ouattara H., Kouame K.G. & Kati-Coulibaly S., 2015, Etude de la qualité biochimique et nutritionnelle de la poudre séchée d'*Imbrasia oyemensis*, chenilles consommées au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *J. Appl. Biosci.*, **96**, 9039-9048.
15. Gayet B. & Cazel A.R., 2002, *Les clés de la nutrithérapie: Précis de nutrition orthomoléculaire*. Escalquens, Quintessence, 341 p.
16. Halloran H. & Vantomme P., 2013, *La contribution des insectes à la sécurité alimentaire, aux moyens de subsistance et à l'environnement*. F.A.O., Rome, 4 p.
17. He F.J. & MacGregor G.A., 2008, Beneficial effects of potassium on human health. *Physiol. Plant.*, **133**, 725- 735.
18. Hladik A., 1994, *Valorisation des produits de la forêt dense autres que le bois d'œuvre - mission- Projet ECOFAC*, CIRAD-Forêt, 57 p.
19. Jongema Y., 2017. List of edible insects of the world (April 1, 2017) - Wageningen University and Research. <http://www.wur.nl/en/Expertise-Services/Chairgroups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm>.
20. Latham P., 2003, *Edible caterpillars and their Food Plants in the Bas-Congo*. Mystole Publications, Canterbury (U.K.), 60 p.
21. Latham P., 2008, *Les chenilles comestibles et leurs plantes nourricières dans la Province du Bas-Congo*. Armée du Salut, Deuxième édition, 44 p.
22. Latham P., 2015, *Edible caterpillars and their food plants in Bas-Congo Province, Democratic Republic of Congo*. 3rd edition, 44 p. www.researchgate.net ISBN 978-0-9928986-2-5.
23. Latham P. & Konda ku Mbuta A., 2014, *Plantes utiles du Bas-Congo, République Démocratique du Congo*. Armée du Salut, 407 p., ISBN: 978-0-9928986-0-1
24. Lautenschläger T., Neinhaus C., Monizi M., Mandombe J.L., Förster A., Henle T. & Nuss M., 2017, Edible insects of Northern Angola. *Afr. Invertebrates*, **58**, 2, 55-82.
25. Legrand P., 2013, Nouvelle approche pour les recommandations nutritionnelles en lipides. *OCL*, **20**, 2, 75-78.
26. Mabossy-Mobouna G., Kinkela T. & Lenga A., 2017, Apports nutritifs des chenilles d'*Imbrasia truncata* consommées au Congo-Brazzaville. *JAPS*, **31**, 3, 5050-5062.
27. Mabossy-Mobouna G., Lenga A., Latham P., Kinkela T., Konda ku Mbuta A., Bouyer T., Roulon-Doko P. & Malaisse F., 2016, Clef de détermination des chenilles de dernier stade consommées au Congo-Brazzaville. *Geo-Eco-Trop*, **40**, 2, 75-103.
28. Mabossy-Mobouna G., Bouyer T., Latham P., Roulon-Doko P., Konda ku Mbuta A. & Malaisse F., 2016, Preliminary knowledge for breeding edible caterpillars in Congo-Brazzaville. *Geo-Eco-Trop*, **40**, 2, 145-174.
29. Mabossy-Mobouna G., Lenga A., Kinkela T. & Malaisse F., 2017, Improving the nutritional value of weaning slurries by *Imbrasia truncata* caterpillar meal. *Int. J. Current Adv. Res.*, **6**, 3, 2634-2638.
30. Malaisse F., 2010, *How to live and survive in Zambezan openforest (Miombo Ecoregion)*. Les presses agronomiques de Gembloux, Gembloux (Belgium), 422 p.
31. Malaisse F. & Latham P., 2014, Human consumption of Lepidoptera in Africa: an updated chronological list of references (370 quoted) with their ethnozoological analysis. *Geo-Eco-Trop*, **38**, 2, 339-372.
32. Malaisse F. & Parent G., 1980, Les chenilles comestibles du Shaba méridional. *Naturalistes Belges*, **61**, 1, 2-24.

33. Malaisse F., Roulon-Doko P., Lognay G. & Paoletti M.G., 2016, *Chenilles et papillons dans l'alimentation humaine*. In: E. Motte-Florac & P. Le Gall (Eds.): *Savoureux insectes. De l'aliment traditionnel à l'innovation gastronomique*. Presses universitaires de Rennes / Presses universitaires François-Rabelais, Collection Tables des Hommes, 237-272.
34. Malaisse F., Verstraeten C. & Bulaimu T., 1974, Dynamique des populations d'*Elaphrodes lactea* (Gaede) (Lep. Notodontidae). *Rev. Zool. Afr.*, **88**, 2, 286-310.
35. Mc Cay C.M., Mc Cay J.B. & Smith O., 1975, *The nutritive value of potatoes*. In: Talburt W.F. & Smith O., Eds. *Potato Processing*. Westport (Connacht, Ireland), 3rd Ed., 235-273.
36. Meutchieye F., Tsafo K.E.C. & Niassy S., 2016, Inventory of edible insects and their harvesting methods in the Cameroon centre region. *J. Insects Food Feed*, **2**, 3, 145-152.
37. Mitsuhashi J., 2016, *Edible Insects of the World*. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton (Fl, U.S.A.), 296 p.
38. Muvundja F.A., Uwikunda S.H., Mande P., Alunga Lufungula G., Balagizi Karhagomba I. & Isumbusho Mwapu P., 2013, Valorisation de la chenille comestible *Bunaeopsis aurantiaca* dans la gestion communautaire des forêts du Sud-Kivu (République Démocratique du Congo). *Vertigo- Rev. Electronique Sc. Environ.* [En ligne], Hors-série 17. URL :<http://vertigo.revues.org/13929>.
39. Nitou J.G., Enzonga-Yoca J.A., Bouanga-Kalou G., Niamayoua R.K., Nzikou J.M., Itoua-Okouango S., Elenga M., Matos L., Mvoula-Tsieri M. & Silou Th., 2012, Evaluation de l'état nutritionnel des mères allaitantes et de leurs nourrissons au Congo. *JAPS*, **13**, 1, 1687-1697.
40. Okangola E., Solomo E., Tchatchambe W.B., Mate M., Upoki A., Dudu A., Asimonyio J.A., Bongo G.N., Mpiana P.T. & Ngbolua K., 2016, Valeurs nutritionnelles des chenilles comestibles de la ville de Kisangani et ses environs (Province de la Tshopo, République Démocratique du Congo). *Intern. J. Innovation Sc. Res.*, **25**, 1, 278-286.
41. Ombeni B.J., Munyuli B.M.T. & van Winter J.M., 2017, Nutritional quality of the recipes porridge caterpillars (*Bunaeopsis aurantiaca*, *Imbrasia oyemensis* and *Cirina forda*) involved in the fight against child malnutrition forest population of South Kivu (Democratic Republic of Congo). *J. Food Quality*, ID 4071516, 18 p.
42. Pagezy H., 1988, *Contraintes nutritionnelles en milieu forestier équatorial liées à la saisonnalité et la reproduction : réponses biologiques et stratégies de subsistance chez les Ba-Otoet les Ba-Twa du village Nzalekenga (Lac Tumba, Zaïre)*. Thèse de doctorat, Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille (France), Fac. des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme, 489 p.
43. Paul A., Frederich M., Uyttenbroeck R., Malik P., Filocco S., Richel A., Heuskin S., Alabi T., Caparros Megido R., Franck T., Bindelle J., Maesen P., Francis F., Lognay G., Blecker C., Haubruge E. & Danthine S., 2016, Nutritional Composition and Rearing Potential of the Meadow Grasshopper (*Chorthippus parallelus* Zetterstedt). *J. Asia-Pacific Entomol.*, **19**, 4, 1111-1116.
44. Payne C.L.R., Mato B. & Fruth B., 2016, Entomophagy in the area surrounding Lukotale, Salonga National Park, Democratic Republic of the Congo. *Afr. Study Monographs*, **37**, 1, 1-12.
45. Roulon P., 1980, Le savoir des Gbaya de Centrafrique sur les chenilles comestibles, leur comportement et leur habitat. *Bull. Liaison SEZEB*, **8**, 20-25.
46. Roulon-Doko P., 1998, *Chasse, cueillette et culture chez les Gbaya de Centrafrique*. Editions L'Harmattan, Collection Anthropologie-Connaissance des hommes, Paris, 539 p.
47. Roulon-Doko P., 2001, *Cuisine et nourriture chez les Gbaya de Centrafrique*. Editions L'Harmattan. Collection Études africaines, Paris, 412 p.
48. Shokley M. & Dossey A., 2014, *Insects for human consumption*. In: J. Morales-Ramos, G. Rojas, D. Shapiro-Ilan (Dir.) «Mass production of beneficial organism. *Invertebrates and entomopathogens*», Academic Press for Elsevier, 617-652.
49. Solomon M. & Prisca N., 2012, Nutritive value of *Lepidoptera litoralia* (edible caterpillar) found in Jos Nigeria: implication for food security and poverty alleviation. *A.J.F.A.N.D.*, **12**, 6, 6737-6747
50. Soudy I.D., 2011, *Pratiques traditionnelles, valeur alimentaire et toxicité du taro (Colocasia esculenta L. SCHOTT) produit au Tchad*. Agricultural Science, Université Blaise Pascal, Clermont Fernand II, 152 p.
51. Van Huis A., 2013, Potential of insects as food and feed in assuring security. *Annu. Rev. Entomol.*, **58**, 563-583.
52. Van Huis A., 2015, Edible insects contributing to food security. *Agric. Food Secur.*, **4**, 20, 9 p.
53. Van Huis A., Van Itterbeek J., Klunder H., Mertens E., Halloran A., Muir G. & Vantomme P., 2013, *Edible insects: Future prospects for food and feed security*. Rome, F.A.O., Forestry Papers 171, xvi + 201 p.
54. WHO/FAO/UNU, 2007, *Protein and amino acid requirements in human nutrition*. Report of a Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation. WHO Technical Report Series 935. Geneva (Switzerland), WHO, 284 p.
55. Yapo M.L., Amara M.F. & Yalamoussa Tuo, 2017, Nutritional value of shea caterpillar (*Cirina butyspermii* Vuillet) sold at the market of Korhogo (Côte d'Ivoire). *Int. J. Agron. Agri. R.*, **10**, 5, 35-44,

G. Mabossy-Mobouna, Congolese, PhD, Assistant, Marien Ngouabi University, Sciences and Technology Faculty, Laboratory of Food and Human Nutrition, Brazzaville, Congo Republic.

F. Malaisse, Belgian, PhD, Professor Emeritus, Liège University, Gembloux Agro-Bio Tech, Biodiversity and Landscape Axis, Gembloux, Belgium.

A. Richel, Belgian, PhD, Professor, Liège University, Gembloux Agro-Bio Tech, AgroBio, Chem Department, Industrial Biological Chemistry Axis, Gembloux, Belgium.

P. Maesen, Belgian, Ir., Lecturer, Liège University, Gembloux Agro-Bio Tech, Environmental and Analysis Office, Gembloux, Belgium.

P. Latham, British, B.Sc., Salvation Army Consultant, Forneth, Scotland.

P. Roulon-Doko, PhD, French, Director of Research Emeritus, Villejuif, France.

F. Madamo Malasi, Congolese, B.Sc, Upper Educational Institut, Bandundu, Democratic Republic of the Congo.

G. Lognay, Belgian, PhD, Professor Emeritus, Liège University, Gembloux Agro-Bio Tech, AgroBio, Chem Department, Analytical Chemistry, Gembloux, Belgium.

Appendix 1

List of vernacular local names for *Imbrasia obscura*.

Linguistic group (Country)	Vernacular name	Informant	Source
Aka (CAR)	<i>kènakène</i>	Hladik	Hladik (1994)
Aka (CAR)		Jeanmart	Pers.com., photo, 1977
Aka (CAR)		Malaisse	Pers.com., photo, 2001
Baaka (CR)	<i>kenakèné</i>	Mabossy-Mobouna	Pers.com., photo
Badjoué (Cameroon)	<i>milun</i>	Bertieaux	Pers.com., photo
Bakwelé (CR)	<i>daswab</i>	Mabossy-Mobouna	Field miss.
Bangi (CR, DRC)	<i>mbinzu</i>	Mabossy-Mobouna	Pers.com., photo
Bofi (CAR)	<i>nguéguélé</i>	Hladik	Hladik (1994)
Bomitabat (CR)	<i>mantsèntsènè,</i> <i>mankènkènè</i>	Mabossy-Mobouna	Field miss., photo
Bomwali (CR)	<i>makèkènè</i>	Mabossy-Mobouna	Field miss.
Bondongo (CR)	<i>mankènkènè</i>	Mabossy-Mobouna	Field miss.
Bongili (CR)	<i>makèkènè</i>	Mabossy-Mobouna	Field miss.
Djem (CR)	<i>dzassuom</i>	Mabossy-Mobouna	Field miss.
Enyellé (CR)	<i>mankènkènè</i>	Mabossy-Mobouna	Field miss.
Gbaya bodoe (CAR)	<i>nàà-sáŋ-kádán</i>	Roulon-Doko	Roulon-Doko (1998)
Issongo (CAR)	<i>mokéla</i>	Hladik	Hladik (1994)
Kaka (CR)	<i>gengènè, ngèlèngèlè</i>	Mabossy-Mobouna	Field miss.
Kimbundu (Angola)	<i>tubula</i>	Lautenschläger	Lautenschläger <i>et al.</i> (2017)
Kongo (Angola)	<i>minsende</i>	Lautenschläger	Lautenschläger <i>et al.</i> (2017)
Kongo (CR)	<i>binkélé</i>	Mabossy-Mobouna	Pers.com., photo
Kongo (DRC)	<i>minsendi</i>	Latham	Latham (2008)
Kongo (DRC)	<i>makangu ya mfinda</i>	Madamo Malasi	Pers.com., photo
Lari (CR)	<i>binkélé</i>	Mabossy-Mobouna	Pers.com., photo
Likuba (CR)	<i>mbindzu</i>	Mabossy-Mobouna	Pers.com., photo
Likwala (CR)	<i>mbindzu</i>	Mabossy-Mobouna	Pers.com., photo
Lingala (CR)	<i>mbinzo</i>	Mabossy-Mobouna	Field miss.
Lori (DRC)	<i>mikial</i>	Madamo Malasi	Pers.com., photo
Mbala (DRC)	<i>makangu</i>	Madamo Malasi	Pers.com., photo
Mbanza (CR)	<i>baladjah,</i> <i>blabjah</i>	Mabossy-Mobouna	Field miss.
Mbendjele (CR)	<i>(bo)kèkènè</i>	Mabossy-Mobouna	Field miss.
Mbere (CR)	<i>inkèlè</i>	Mabossy-Mobouna	Pers.com., photo
Mbonjo (CR)	<i>gègènè</i>	Mabossy-Mobouna	Field miss.
Mbosi (CR)	<i>ikèlè</i>	Mabossy-Mobouna	Pers.com., photo
Moi (CR)	<i>mbindzu</i>	Mabossy-Mobouna	Pers.com., photo
Monzo-Nkundu (DRC)	<i>bapakala</i>	Payne	Payne <i>et al.</i> (2016)
Monzombo (CR)	<i>gengènè</i>	Mabossy-Mobouna	Field miss.
Pomo (CR)	<i>ngèlèngèlè</i>	Mabossy-Mobouna	Field miss.
Teke (CR)	<i>inkèlè</i>	Mabossy-Mobouna	Pers.com., photo
Teke western (CR)	<i>mayulbatsiè</i>	Mabossy-Mobouna	Field miss.
Teke (DRC)	<i>enkel</i>	Madamo Malasi	Pers.com., photo
Twa (DRC)	<i>mo-pakala</i>	Pagezy	Pagezy (1988)
Yansi (DRC)	<i>minkiel, minsiel</i>	Madamo Malasi	Pers.com., photo
Yasswa (CR)	<i>nabatèlè</i>	Mabossy-Mobouna	Field miss.

Appendix 2
Host plants of *Imbrasia obscura*.

Family	Species	Local name	Vegetation unit	Place (Country)	Reference
Euphorbiaceae	<i>Macaranga monandra</i> Müll.Arg.	nyensi	forest	Kinseke (DRC)	Latham (2003)
		nsasa	forest	Northern Angola	Lautenschläger <i>et al.</i> (2017)
Euphorbiaceae	<i>Macaranga spinosa</i> Müll.Arg.	lépumbâh	forest	Bétou (CR)	Mabossy-Mobouna (Field miss.)
Fabaceae (Caes.)	<i>Amphimas ferrugineus</i> Pellegr.	molinda	forest	Bétou (CR)	Mabossy-Mobouna <i>et al.</i> (2016)
Fabaceae (Caes.)	<i>Daniellia oliveri</i> (Rolfe) Hutch. & Dalz.	kéá	savannah	Ndongué (CAR)	Roulon-Doko (p.c.)
Fabaceae (Fab.)	<i>Millettia eetveldeana</i> (Micheli) Hauman		forest, but all over	LuiKotale (DRC)	Payne <i>et al.</i> (2016)
Fabaceae (Fab.)	<i>Mucuna poggei</i> Taub.	mbirò	all over	Ndongué (CAR)	Roulon-Doko (p.c.)
Fabaceae (Fab.)	<i>Pterocarpus lucens</i> Lepr. ex Guil. & Per.	gbòlòtà	savannah	Ndongué (CAR)	Roulon-Doko (p.c.)
Fabaceae (Mim.)	<i>Albizzia ferruginea</i> Benth.	sela	forest	Kavwaya (DRC)	Latham (2003)
		mbâmbâh	forest	Bétou (CR)	Mabossy-Mobouna (Field miss.)
Fabaceae (Mim.)	<i>Albizzia glaberrima</i> (Schumach. & Thonn.) Benth.	ndôé	savannah	Ndongué (CAR)	Roulon-Doko (p.c.)
Fabaceae (Mim.)	<i>Aubrevillea kerstingii</i> Pellegr.	sûmbù	wooded savannah, forest	Ndongué (CAR)	Roulon-Doko (p.c.)
Fabaceae (Mim.)	<i>Fillaeopsis discophora</i> Harms	elongo	forest	LuiKotale (DRC)	Payne <i>et al.</i> (2016)
Fabaceae (Mim.)	<i>Inga edulis</i> Mart.	banana makako	forest	Northern Angola	Lautenschläger <i>et al.</i> (2017)
Fabaceae (Mim.)	<i>Parkia clappertoniana</i> Keay	zìjà	savannah	Ndongué (CAR)	Roulon-Doko (p.c.)
Fabaceae (Mim.)	<i>Pentaclethra macrophylla</i> Benth.	n'gansi	secondary forest	Mbanza Ngungu (DRC)	Latham (2003)
		mbâlah	forest	Impfondo (CR)	Mabossy-Mobouna (Field miss.)
Fabaceae (Mim.)	<i>Tetrapleura tetraptera</i> (Schumach. & Thonn.) Taub.	ekombolo	forest	Ngotto (CAR)	Bahuchet (1978)
Malvaceae (Ster.)	<i>Eribroma oblonga</i> (Mast.) Bod.	engboyò	forest	Pokola (CR)	Mabossy-Mobouna (Field miss.)
Malvaceae (Ster.)	<i>Triplochiton scleroxylon</i> K.Schum.	gbato	forest	Ngotto (CAR)	Bahuchet (1978)
Moraceae	<i>Ficus</i> sp.	mulembeira	forest	Northern Angola	Lautenschläger <i>et al.</i> (2017)
Ochnaceae	<i>Lophira alata</i> Banks ex Gaertn.	chalangbala	forest	Bétou (CR)	Mabossy-Mobouna (Field miss.)
		mokolé	forest	Pokola (CR)	Mabossy-Mobouna (Field miss.)
Ochnaceae	<i>Lophira lanceolata</i> Tiegh. ex Keay	ngòkòè	savannah	Ndongué (CAR)	Roulon-Doko (p.c.)
Rhamnaceae	<i>Maesopsis eminii</i> Engl.	bongombidzi	secondary forest	LuiKotale (DRC)	Payne <i>et al.</i> (2016)

Abbreviations: Caes.= Caesalpinioideae; CAR= Central African Republic; CR= Congo Republic; DRC= Democratic Republic of the Congo; Fab.= Faboideae; Field miss.= Field mission; Mim.= Mimosoideae; p.c.= personal communication; Ster.= Sterculioideae.

Note: *Imbrasia obscura* also feeds on *Acacia auriculiformis* A.Cunn. ex Benth., an exotic Mimosoideae frequently planted (Latham, p.c.) and for which an excellent Technical Guide of agroforestry plantation is recently available (9).

Annonces Announcements

Académie Royale
des
Sciences d'Outre-Mer



Académie Royale des
Sciences d'Outre-Mer 
Koninklijke Academie voor
Overzeese Wetenschappen

Aankondigingen Anuncios

ROYAL ACADEMY
FOR
OVERSEAS SCIENCES

Questions du concours 2019

Première question. - On demande une étude sur la vitalité des traditions autochtones dans le monde global contemporain.

2^e question. - On demande une recherche sur l'impact de l'urbanisation, du développement agricole et/ou industriel sur les écosystèmes naturels dans des régions intertropicales, en particulier concernant leurs services écosystémiques et leur biodiversité. La recherche peut se limiter à une des causes (urbanisation, développement agricole ou industriel) et/ou une des conséquences (services écosystémiques ou biodiversité).

3^e question. - On demande une étude sur l'implication technique, scientifique ou économique des pays émergents à la collecte et au recyclage des produits en fin de vie contenant des métaux.

Les ouvrages présentés au concours doivent parvenir au secrétariat de l'Académie avant le 1^{er} mars 2019.

Des renseignements complémentaires peuvent être obtenus au secrétariat de l'Académie, avenue Circulaire 3, B-1180 Bruxelles (Belgique).

Tel - en Belgique	02.790 39 02
Tel- de l'étranger	+32.2.790 39 02
Fax en Belgique	02.354 98 22
de l'étranger	+ 32.2.354 98 22
E-mail:	contact_raos@kaowarsom.be
Web:	http://www.kaowarsom.be

Questions for the 2019 Competition

First question - A study is requested on the vitality of autochthonous traditions in the contemporary global world.

2nd question. - A research is requested on the impact of urbanization, agricultural and/or industrial development on natural ecosystems in tropical countries, in particular with regard to their ecosystem services and their biodiversity. The research can be limited to one of the causes (urbanization, agricultural or industrial development) and/or to one of the consequences (ecosystem services or biodiversity).

3rd question. - A study is requested on the technical, scientific or economic implication of emerging countries to the collecting and recycling of residues containing metals.

The studies must reach the secretariat of the Academy before 1st March 2019.

Additional information may be obtained from the secretariat of the Academy, avenue Circulaire 3, B-1180 Brussels (Belgium).

Tel - in Belgium	02.790 39 02
Tel - from abroad	+32.2.790 39 02
Fax in Belgium	02.354 98 22
from abroad	+ 32.2.354 98 22
E-mail:	contact_raos@kaowarsom.be
Web:	http://www.kaowarsom.be

Questions du concours 2020

Première question. - On demande une étude anthropologique sur la transformation des rapports hommes-femmes dans le contexte actuel de changement économique dans une région d'outre-mer.

2^e question. - On demande un travail portant sur l'impact des changements climatiques sur les services rendus par les écosystèmes (au sens du UN *Millennium Ecosystem Assessment* et du *IPBES Global Assessment on biodiversity and ecosystems services*) en région tropicale, tout spécialement les services d'approvisionnement, de régulation et de support.

3^e question. - On demande une étude sur la gestion de l'interconnexion entre alimentation, eau et énergie pour l'atteinte des Objectifs de Développement durable dans les pays émergents.

Les ouvrages présentés au concours doivent parvenir au secrétariat de l'Académie avant le 1^{er} mars 2020.

Des renseignements complémentaires peuvent être obtenus au secrétariat de l'Académie, avenue Circulaire 3, B-1180 Bruxelles (Belgique).

Tel - en Belgique	02.790 39 02
Tel- de l'étranger	+32.2.790 39 02
Fax en Belgique	02.354 98 22
de l'étranger	+ 32.2.354 98 22
E-mail:	contact_raos@kaowarsom.be
Web:	http://www.kaowarsom.be

Questions for the Competition 2020

First question - An anthropological study is requested dealing with the transformation of gender relationships in the present context of economic change in an overseas area.

2nd question. - A study is requested on the impact of climate change in the tropics on ecosystem services (see U.N. *Millennium Ecosystem assessment* and *IPBES Global Assessment on biodiversity and ecosystems services*), being part of provisioning, regulating or supporting services.

3rd question. - A study is requested on the management of the food, water, and energy nexus for achieving the Sustainable Development Goals in emerging countries.

The studies must reach the secretariat of the Academy before 1st March 2020.

Additional information may be obtained from the secretariat of the Academy, avenue Circulaire 3, B-1180 Brussels (Belgium).

Tel - in Belgium	02.790 39 02
Tel - from abroad	+32.2.790 39 02
Fax in Belgium	02.354 98 22
from abroad	+ 32.2.354 98 22
E-mail:	contact_raos@kaowarsom.be
Web:	http://www.kaowarsom.be

TROPICULTURA FRIENDS

TROPICULTURA FRIENDS

AGRI-OVERSEAS would like to thank especially the following authors. They paid 500 euros by article in 2018, or financed a special issue, to support **TROPICULTURA**'s publications. They become "**TROPICULTURA Friends**".

LES AMIS DE TROPICULTURA

AGRI-OVERSEAS tient à remercier spécialement les auteurs suivants. Ils ont payé 500 euros par article en 2018, ou financé un numéro spécial, pour soutenir les publications de **TROPICULTURA**. Ils deviennent ainsi des «Amis de **TROPICULTURA**».

VRIENDEN VAN TROPICULTURA

AGRI-OVERSEAS dankt vooral de volgende auteurs. Ze betaalden 500 euros per artikel of financierden een speciale uitgave, te ondersteuning van de **TROPICULTURA**-publicaties. Ze worden "Vrienden van **TROPICULTURA**".

AMIGOS DE TROPICULTURA

AGRI-OVERSEAS desea agradecer especialmente a los siguientes autores. Pagaron 500 euros por artículo en 2018, o financiaron un número especial, para apoyar las publicaciones de **TROPICULTURA**. Se convierten en "Amigos de **TROPICULTURA**".

Authors	Article / Special Issue	Issue	Pages
Y. Useni Sikuzani S. Cabala Kaleba	Article		
J.-M. Halleux J. Bogaert F. Munyemba Kankumbi	Caractérisation de la croissance spatiale urbaine de la ville de Lubumbashi (Haut-Katanga, R.D. Congo) entre 1989 et 2014	36_1	99-108
Y.S.S. Barima	Special Issue		
I. Bamba Y.C. Sangne K.B. Kpangui	Conflits, dynamique des paysages & sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne	36_2	137-466
L. Gretry	Special Issue		
B. Michel J. Bogaert	Périurbanisation et environnement: des recherches pour le développement	36_3	467-592
S. Cabala Kaleba Y. Useni Sikuzani	Article		
Y. Amisi Mwana J. Bogaert F. Munyemba Kankumbi	Analyse structurale de la dynamique forestière dans la région de l'Arc Cuprifère Katangais en République Démocratique du Congo: II. Analyse	36_4	621-630

Presentation

Tropicultura es una revista pluridisciplinaria que publica artículos originales, informes de investigación y síntesis, resúmenes de libros y tesis, anuncios, así como sinopsis de películas y soportes audiovisuales relativos a todos los ámbitos relacionados con el desarrollo rural y la gestión sostenible del medio ambiente en ultramar.

Patrocinio científico

La ASFL AGRI-OVERSEAS es quien edita Tropicultura y cuenta con el patrocinio científico de la Academia Real de Ciencias de Ultramar de Bélgica (ARSOM: www.kaowarsom.be).

Tropicultura ocupa el papel que desempeñó el Boletín agrícola del Congo belga y Ruanda-Urundi hasta 1963. El primer volumen de Tropicultura fue publicado en 1983 en soporte papel (ISSN 0771-3312). A partir de 2013, una versión electrónica tomó el relevo (eISSN 2295-8010).

Apoyo financiero

Tropicultura se edita con el apoyo financiero de la Región de Bruselas Capital (be.brussels.be) y el apoyo de la Escuela Regional de Postgrado para la Ordenación y Gestión Integradas de los Bosques y Territorios Tropicales (ERAIFT: www.eraift-rdc.org).

Tropicultura y el CAMES

Las publicaciones recogidas en Tropicultura son reconocidas por el Consejo Africano y Malgache de Enseñanza Superior para la promoción y los ascensos de los docentes - investigadores (CAMES: <http://www.lecames.org/>).

Miembros de la ASFL Agri-Overseas

Agri-Overseas asbl está compuesta por miembros individuales y representantes de las siguientes instituciones belgas : las cuatro facultades de ciencias agronómicas de Bélgica (Gembloux - GxABT/ULg, Gante - UGent, Lovaina - KULeuven y Lovaina-La-Nueva - UCL), las dos facultades de medicina veterinaria (Gante - UGent y Lieja - ULg), las unidades de salud animal del Departamento de Ciencias Biomédicas del Instituto de Medicina Tropical de Amberes - IMTA, la Sección Interfacultativa de Agronomía de la Universidad libre de Bruselas - ULB, la facultad de ciencias de la Universidad de Namur (Namur - UNamur), el Departamento de Ciencias y Gestión del Medio Ambiente de la Universidad de Lieja (Arlon - DSGE ULg), y la Academia Real de Ciencias de Ultramar (KAOW - ARSOM).

Campos científicos

Tropicultura publica artículos relacionados con el desarrollo rural y la gestión sostenible del medio ambiente en los países cálidos : producciones vegetales y animales, ciencias veterinarias, ciencias forestales, ciencias del suelo y de la tierra, ingeniería rural, ciencias del medio ambiente, pescas y piscicultura, bioindustrias, agroalimentaria, sociología y economía

Periodicidad

Tropicultura es una publicación trimestral que se edita en marzo, junio, septiembre y diciembre.

Publicación en Open Access

Desde su creación en 1983, todos los artículos de Tropicultura son publicados en acceso abierto. El texto íntegro y los resúmenes son gratuitos.

Los artículos son divulgados bajo la licencia Creative Commons (CC BY-NC 4.0 - <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/be/deed.fr>).

Indexación en las principales bases de datos

Tropicultura está indexada en las bases de datos SCOPUS, AGRICOLA, TEEAL, AGRIS, CABI, SESAME y DOAJ.

Factor de impacto

La obtención de un factor de impacto está en trámites.

Difusión de Tropicultura

Tropicultura se publicó en versión impresa de 1983 a 2012. La versión papel tenía una tirada de 2.650 ejemplares y se divulgaba en 110 países distintos).

Todos los artículos, desde el primer fascículo, son accesibles a texto completo en el sitio web (<http://www.tropicultura.org/content/>) y en el DOAJ (<https://doaj.org/toc/0771-3312>).

En 2014, Google analytics contabilizó 8.648 visitas procedentes de 141 países y regiones. En cuanto a la cifra de descargas ese mismo año, fue de 2.173 descargas procedentes de 101 países.

Tropicultura es asimismo accesible a través de los sitios EBSCO y Bielefeld (http://www.base-search.net/Search/Results?lookfor=dccoll%3Aftdoaj*+tropicultura.org&refid=dclink) y de google scholar (<https://scholar.google.be/scholar?q=Tropicultura>).

Informaciones complementarias

Comité de redacción

Presidente : Prof. Dr. J. Bogaert (GxABT/ULg)

Redactor jefe : Prof. Dr. Ir. G. Mergeai (GxABT/ULg)

Miembros : Prof. Dr. Ir. P. Bertin (UCL), Prof. Dr. Ir. E. Tollens (KULeuven), Prof. Dr. Ir. Ch. De Cannière (ULB), Prof. Dr. B. Losson (ULg), Prof. Dr. J.-C. Micha (FUNDP), Prof. Dr. Ir. B. Tychon (DSGE ULg), Prof. Dr. P. Dorny (IMTA), Prof. Dr. Ir. P. Van Damme (UGent), Prof. Dr. S. Geerts (KAOW - ARSOM), Dr. G. Akoda (EISMV), Dr. Ir. A. Dieng (ENSA), Prof. Dr. Ir. P. Mobambo (UNIKIN), Dr. C. Ly (ILRI) y Prof. Dr. J. Vercruyse (UGent).

Ayudantes del redactor jefe : Dr. Ir. Germain Harelimana, Sra. Caroline Louvet

Consejo de administración de Agri-Overseas

El consejo de administración está compuesto por: Prof. Dr. J. Bogaert (presidente), Prof. Dr. Ir. G. Mergeai (consejero delegado), Prof. Dr. B. Losson (tesorero), Dr. E. Thys (secretario), Prof. Dr. J. Vercruyse (miembro), Prof. Dr. S. Geerts (miembro); Invitados permanentes: el Secretario vitalicio de la ARSOM y el director de la ERAIFT.

Editor

Agri-Overseas

Avenue Circulaire, 3

B-1180 Bruselas (Bélgica)

teléfono 32(0)2-540 88 60 hasta 31/12/2018 y después 32(0)2 790 39 05

correo electrónico ghare.tropicultura@belgacom.net hasta 31/12/2018 y después germain.harelimana@kaowarsom.be

<http://www.tropicultura.org>

Guía de autores

Idiomas de publicación

Tropicultura publica artículos redactados en inglés, español, francés y neerlandés. Los resúmenes son publicados en inglés y francés (español o neerlandés si los manuscritos se presentan en estos idiomas).

Contenido de los manuscritos

Se favorecerán los artículos que presenten temas originales, con un alcance lo más amplio posible, es decir, cuyo contenido concierna sobretudo aspectos metodológicos transferibles a una amplia gama de medio ambientes y regiones del mundo.

Se hará especial hincapié igualmente en la fiabilidad de las informaciones publicadas; es decir, cuando se trate de resultados experimentales, sobre la cantidad de repeticiones de los ensayos, en el tiempo y el espacio, que hayan dado lugar a los datos obtenidos.

Los manuscritos habrán de ser inéditos y no haber sido sometidos para su publicación simultánea a ninguna otra revista científica.

Derechos de reproducción

Al someter el artículo, los diferentes autores asociados conceden a Tropicultura autorización, no exclusiva, de difusión en acceso libre. El autor conserva sus derechos de autor.

Certificado de publicación

Con el fin de garantizar la originalidad del manuscrito y la aceptación de su publicación por parte de los organismos de tutela de los autores, el autor principal deberá firmar una declaración por su honor.

Contribución a los gastos de publicación

El importe de la contribución de los autores a los gastos de publicación del artículo asciende a 200, 300 o 500 euros de acuerdo con la modalidad elegida por el autor. En el momento de su presentación, el autor correspondiente deberá aceptar dichos gastos. La contribución a los gastos es pagadera en cuanto quede aprobada la publicación del manuscrito.

Detector de plagio

Todos los manuscritos serán sometidos a una verificación de plagio antes de ser transmitidos a los lectores.

Comité de lectura

El comité de lectura de Tropicultura está compuesto por lectores voluntarios pertenecientes a la comunidad científica internacional, especializados en los campos relativos al desarrollo rural y la gestión sostenible del medio ambiente en los países de ultramar.

Los autores deberán proponer tres lectores de renombre internacional, cuando presenten sus obras.

Los artículos serán sometidos a uno o varios lectores seleccionados por el comité de redacción.

Estos lectores son anónimos para los autores y viceversa.

El comité de redacción se reserva el derecho de rechazar cualquier artículo no conforme con las prescripciones de la revista.

La tasa de aceptación de los artículos sometidos a Tropicultura entre 2010 y 2015 fue del 32%.

Ayudas a la redacción

La Secretaría de redacción puede dar a los autores consejos para la mejora de sus manuscritos. Asimismo, puede poner en contacto a los lectores que lo deseen con los autores del manuscrito que están evaluando.

TROPICULTURA

Four issues a year (October-November-December)

EDITORIAL

Year 2018, Year of Changes (*Text in English and French*)

E. Thys

593

ORIGINAL ARTICLES

Culinary Knowledge and Socio-cultural Identity: Case Study of the Use of *Cissus populnea* Guill. & Perr., the Okra of the Bobo Ethnic Group in Burkina Faso (*Text in French*)

P. Ouoba, A. Ouédraogo & S. Traoré

595

Effects of Minimum Tillage on the Flexibility of the Agricultural Calendar and on Maize Yields in the Sudanese Region of Burkina Faso (*Text in French*)

K. Coulibaly, E. Vall, K. Naudin Krishna, H.B. Nacro & M. Havard

608

Pattern Analysis of Forest Dynamics of the Katangese Copper Belt Region in the Democratic Republic of Congo: II. Complementary Analysis on Forest Fragmentation (*Text in French*)

S. Cabala Kaleba, Y. Useni Sikuzani, Y. Amisi Mwana, J. Bogaert & F. Munyemba Kankumbi

621

Wild Edible Fungi from the Dense Rainforests of Ivory Coast: An Update and Notes on *Agrocybe*

C.V. Yian & M.S. Tiebre

631

Implementation of a System of Sustainable Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Production in Tadila village in the Democratic Republic of the Congo (*Text in French*)

E. Yuku Lotutala & A. Kimbembima Ibaka

641

Hygienic Quality of Processed Fish Marketed in Chad (*Text in French*)

J.C. Micha, A. Gamane Kaffine & A. Tidjanii

649

Prospective Analyzes of the Possibilities for Sustainable Improvement of the Performances of Farms in the Western Senegal Groundnut Basin: Case of the *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) Producers (*Text in French*)

A. Camara, A. Dieng & G. Mergeai

658

Impact of Rations Containing Fodders from *Pterocarpus lucens*, *Pterocarpus erinaceus* and *Ficus gnaphalocarpa* on Sheep Fattening in Mali (*Text in French*)

H. Nantoumé, S. Cissé, P.S. Sow, S. Sidibé, A. Kouriba, A. Olivier, J. Bonneville & D. Cinq-Mars

673

Diversity of Cattle Ticks and Seasonal Variation of Infestations in the Maritime Region of Togo (*Text in French*)

E. Mollong, Y. Nuto, C. Rabiétou & K. Amevoin

684

Study of Some Reproduction Parameters of *Thunnus obesus* (Lowe, 1839) landed in the Port of Abidjan in Côte d'Ivoire (*Text in French*)

N.C. Diaha, Y.C. Doffou & B.G. Goores

697

Relationship Diet-sexual Maturity Stage in Skipjack Tuna (*Katsuwonus pelamis*, Minnaeus 1758) Landing at the Abidjan Fishing Port in Côte d'Ivoire (*Text in French*)

N.C. Diaha, M.J. Amande & A.R. Agnissans

705

Declining Fishery Resources in Toho Lake in Southern Benin: Perceptions of Fishermen and Effectiveness of Management Practices and Coping Strategies (*Text in French*)

V. Codjo, A. Zannou & G. Biaou

713

Soil Properties on Farmers' Fields Amended with Untreated Solid Urban Wastes in Ouagadougou Peri-urban Area, Burkina Faso

P.S. Bouda, E. Hien, A. Dioma, H. Kambiré, Y. Maiga, D. Some, S. Nazaret & A.S. Ouattara

722

Comparative Evaluation of Fluorescence Polarization Assay as Confirmatory Diagnosis of Bovine Brucellosis in the Carchi Province, Ecuador (<i>Text in Spanish</i>) E.M. Ibarra Rosero, H.R. Benavides Rosales, D.N. Játiva Cortez, P.H. González Chavisnan & Y.L. Fuertes Cevallos	733
Sorghum Response to Deep Placement of Different Urea Doses in the Flood Recession Cropping System in Yélimané, Mali (<i>Text in French</i>) A. Traore, K. Traore, A. Jens, A. Coulibaly & M. Famanta	741
Agro-economic Analyses of Maintenance and Improvement of Soil Fertility in the Cotton Area of Dano, Burkina Faso (<i>Text in French</i>) F. Noufe, K. Traore, A. Kambou, S. Traore & H. Tankoano	748
Efficacy of a Botanical Insecticide Based on Neem Extract in the Management of Cotton Pests in Benin (<i>Text in French</i>) G. Bonni, M. Adegnika & A. Paraiso	762
Analysis of the Technical Performances of Clarifiers and Palm Oil Dehydrators in Benin (<i>Text in French</i>) R.H. Ahouansou, P.B. Agbobatinkpo, C.H. Sossou & E.A. Sanya	773
Evaluation of Different Options: Host Plant Resistance, Weed Management, and Fertilization for the Development of an Integrated Pest Management Strategy for the Sweet Potato Weevil in Burkina Faso S. Koussoube, M. Ba Niango, F. Traoré, C.L. Dabire-Binso & A. Sanon	786
<i>Imbrasia obscura</i> , an Edible Caterpillar of Tropical Africa: Chemical Composition and Nutritional Value G. Mabossy-Mobouna, F. Malaisse, A. Richel, P. Maesen, P. Latham, P. Roulon-Dokos, M. Madamo Malasi & G. Lognay	798

ANNOUCEMENTS

RAOS: Yearly Competitions	812
TROPICULTURA FRIENDS	
Tropicultura Friends	814

TROPICULTURA IS A PEER-REVIEWED JOURNAL INDEXED BY SCOPUS, AGRICOLA, TEEAL, AGRIS, CABI, SESAME AND DOAJ