

TROPICULTURA

2016 Vol. 34 N°3

Trimestriel (juillet-août-septembre)
Driemaandelijks (juli-augustus-september)
Trimestral (julio-agosto-septiembre)
Quarterly (July-August-September)



Elevage de porcs - Ibi village - Plateau des Batéké - Rép. Dém. du Congo

Crédit: Guy Mergeai

Editeur responsable / Verantwoordelijke uitgever: J. Bogaert
Avenue Louise 231
1050 Bruxelles/Brussel
Belgique/België

Avec les soutiens
de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer (ARSOM), www.kaowarsom.be;
d'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 steunen 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 Brusselse Gewest



SOMMAIRE / INHOUD / SUMARIO

EDITORIAL/EDITORIAAL/EDITORIAL

Should we continue to grow *Jatropha curcas*?

Jatropha curcas: stop ou encore?

Moeten we doorgaan met *Jatropha curcas* groeien?

¿Hay que seguir creciendo *Jatropha curcas*?

G. Mergeai

229

ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

Contraintes socio-économiques de répartition des terres et impacts sur la conservation des sols dans les hauts plateaux de l'Ouest du Cameroun

Sociaal-economische beperkingen van de verdeling van land en impact op bodembescherming in de westelijke hooglanden van Kameroen

Limitaciones socioeconómicas de la distribución de la tierra y los impactos sobre la conservación del suelo en las altas mesetas del oeste de Camerún

H.G. Djoukeng, T. Dogot, C.M. Tankou & A. Degré

231

Effets comparés des cendres de *Chromolaena odorata* (L.) King R.M. & H.E. Rob et d'un engrais minéral soluble dans l'eau (NPK 15 15 15) sur la croissance et le rendement de l'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.)

Vergelijkende effecten van *Chromolaena odorata* L. Koning R.M. & HIJ. Rob en van een oplosbare minerale meststof (NPK 15 15 15) op de groei en de productie van Guinese zuring (*Hibiscus sabdariffa* L.)

Efectos comparativos de la ceniza de *Chromolaena odorata* L. King R.M. & H.E. Rob y de un fertilizante soluble en agua mineral (NPK 15 15 15) sobre el crecimiento y el rendimiento de la acedera de Guinea (*Hibiscus sabdariffa* L.)

M. Ognalaga, C. Moupela, G.A. Mourendé & P.I.O. Odjogui

242

Performances zootechniques des dindonneaux nourris à base de farine d'asticots

Zoötechnische prestaties van kuikens gevoed met meel van maden

Rendimiento de pavipollos alimentados con harina de gusano

B.J. Agodokpessi, Y. Toukourou, I.T. Alkoiret & M.H. Senou

253

Non-farm Activities and Adoption of Improved Cassava and Beans Varieties in South- Kivu, DR Congo

Les activités non agricoles et l'adoption de variétés améliorées de manioc et de haricot dans le Sud-Kivu, en RD Congo

Niet-agrarische activiteiten en adoptie van verbeterde maniok en bonen variëteiten in Zuid-Kivu, DR Congo

Las actividades no agrícolas y la adopción de variedades mejoradas de yuca y frijoles en el sur de Kivu, República Democrática del Congo

P.M. Dontop-Nguezet, V. Manyong, T. Abdoulaye, A. Arega, M.S. Amato, J.H. Ainembabazi, D. Mignouna & C. Okafor

262

Erodibility of Cultivated Soils in the Foubot Area (West Cameroon)

Erodibilité des sols cultivés de la région de Foubot (Ouest Cameroun)

Erodeerbaarheid van bebouwde bodems in de regio van Foubot (West Kameroen)

Erosionabilidad de los suelos cultivados de la región Fumban (Camerún Occidental)

J.D. Ngandeu-Mboyo, M. Yemefack, R. Yongue-Fouateu & P. Bilong

276

Les aliments utilisés en pisciculture semi intensive en Côte d'Ivoire et leur productivité
Voeders gebruikt in semi-intensieve viskweek in Ivoorkust en hun productiviteit
Alimentos utilizados en la piscicultura semi-intensiva en Costa de Marfil y su productividad
A.R. Koumi, B.N. Kimou, K.M. Koffi, I.N. Ouattara, B.C. Atse & L.P. Kouame **286**

La pisciculture continentale dans la région du Gontougo (Côte d'Ivoire): Caractérisation et aspects socio-économiques
Continental viskweek in de regio van Gontougo (Ivoorkust): karakterisering en sociaal-economische aspecten
La piscicultura continental en la región del Gontougo (Costa de Marfil): Caracterización y aspectos socioeconómicos
K.M. N'dri, K. Yao & G. J. Ibo **300**

Evaluation *in vitro* de l'activité antagoniste d'isolats de *Trichoderma harzianum* Pers. contre trois espèces fongiques pathogènes de l'oignon au Burkina Faso
In vitro evaluatie van de antagonistische activiteit van isolaten van *Trichoderma harzianum* Pers. tegen drie pathogene schimmelsoorten van de ui in Burkina Faso
La evaluación *in vitro* de la actividad antagónica de aislados de *Trichoderma harzianum* Pers. contra tres especies de hongos patógenos de la cebolla en Burkina Faso
T.G. Dabire, S. Bonzi, I. Somda & A. Legreve **313**

BIBLIOGRAPHIE/BOEKBESPREKING/BIBLIOGRAFIA

Clé d'identification des principales familles d'insectes d'Europe
J. Mignon, E. Haubruge & F. Francis **323**

L'agriculture face aux défis de l'alimentation et de la nutrition en Afrique : quels apports de la recherche dans les pays cotonniers
M. Fok, O. Ndoye & S. Kone **324**

DANS LES UNIVERSITES.../UIT DE UNIVERSITEITEN.../ EN LAS UNIVERSIDADES

Study of the Diversity of Earthworm Communities in the Reserve and Hunting Domain of Bombo Lumene, Tray of Bateke
F. Milau Empwal **325**

ANNONCES/ AANKONDIGINGEN/ ANUNCIOS

ARSOM: Yearly Competitions **326**

ARSOM: Young Researchers'Overseas Day **330**

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.

Should we continue to grow *Jatropha curcas*?

About ten years ago, many different parts of the world jumped on the *Jatropha* bandwagon. Due to its almost miraculous qualities, this shrub was expected to produce vast quantities of renewable, high quality fuel oil and thus provide a lasting solution to three major problems facing humanity: climate change, energy insecurity and under-development affecting the poorest regions in the tropical world.

What remains of these promises today?

Contrary to the claims put forward by its advocates, *Jatropha* does not grow well in marginal soils or arid climates without irrigation and is highly sensitive to attacks by a wide variety of pests. Even when cultivated under favourable conditions with large quantities of inputs, it generally produces a significantly smaller yield than had been claimed. The high labour costs involved when harvesting the varieties currently being cultivated represent another major constraint affecting its viability.

Unpredictable market conditions also have a major impact on its economic viability. As a result, instead of being part of the solution, *Jatropha* has often heightened the problems that it was expected to resolve. In countless places, small and large-scale growers are now bitterly regretting their decision to invest in this crop. But this does not mean that there is no future whatsoever for *Jatropha*.

Research is in progress, which aims to overcome the constraints that currently limit its performance. As a result, improved varieties, which have a high yield potential and can be harvested mechanically, will probably see the light of day in the near future. The amount of agricultural land cultivated using these new cultivars will depend on rising world barrel prices for crude oil. It is likely, however, that cropping systems based on mechanical harvesting will ultimately prevail. In fact, unless there is a considerable increase in the cost of purchasing the seeds, fully manual production of *Jatropha* will not be viable, due mainly to the vast amount of work when it comes to harvesting. This casts doubt on the attractiveness of *Jatropha* as a means of fighting poverty in rural areas. It also raises concerns regarding the threat posed to food safety by the allocation of fertile land for its cultivation, the risk of land-grabbing and negative consequences for environments, in which new plantations are established, following the clearing of natural ecosystems.

Time will soon tell whether these fears are well founded.

Guy Mergeai
Editor-in-Chief

***Jatropha curcas*: stop ou encore?**

Il y a une dizaine d'années, de nombreuses parties du monde ont été frappées par la fièvre du *Jatropha*. Grâce à ses qualités quasi miraculeuses, cet arbuste devait contribuer à résoudre durablement trois problèmes majeurs de l'humanité en produisant de manière renouvelable d'énormes quantités d'huile à haute valeur combustible: le changement climatique, l'insécurité énergétique et le sous-développement des régions rurales les plus pauvres du monde tropical.

Que reste-t-il aujourd'hui de ces promesses ?

Contrairement à ce qu'avaient annoncé ses promoteurs, le *Jatropha* ne pousse pas bien dans des sols marginaux ni en climat aride sans irrigation et il est très sensible aux attaques de nombreux ravageurs. Même cultivé en conditions favorables avec l'application de grandes quantités d'intrants, il produit généralement nettement moins que ce qui avait été annoncé. Une autre grande contrainte qui limite sa rentabilité concerne le coût élevé du travail nécessaire pour récolter les variétés actuellement cultivées.

L'imprévisibilité des conditions du marché affecte également considérablement la viabilité économique de sa production. En conséquence, au lieu de faire partie de la solution, le *Jatropha* a souvent contribué à augmenter l'ampleur des problèmes qu'il devait résoudre. On ne compte plus les endroits où les producteurs qui avaient investi dans sa culture, petits ou grands, regrettent amèrement leur décision. Mais tout cela ne signifie pas que le *Jatropha* n'a plus aucun avenir.

Des recherches visant à lever les contraintes qui limitent ses performances se poursuivent et des variétés améliorées à haut potentiel de rendement dont la récolte peut être mécanisée verront sans doute le jour dans un avenir proche. L'ampleur des superficies qui seront cultivées avec ces nouveaux cultivars dépendra de la hausse du cours mondial du baril du pétrole. Il est cependant probable qu'à terme ce seront les systèmes de culture où la récolte est mécanisée qui s'imposeront. En effet, à moins d'une augmentation considérable du prix d'achat des graines, la production totalement manuelle du *Jatropha* n'est pas rentable du fait principalement de l'énorme quantité de travail nécessaire pour réaliser la récolte. Ce constat questionne l'intérêt du *Jatropha* pour lutter contre la pauvreté en milieu rural. Il soulève également des craintes par rapport à la menace que fait peser sur la sécurité alimentaire l'affectation de terres fertiles à sa production, aux risques d'accaparement de terres et aux conséquences négatives sur l'environnement de l'installation de nouvelles plantations suite au défrichement d'écosystèmes naturels.

Le temps nous dira bientôt si ces craintes sont fondées.

Guy Mergeai
Rédacteur en chef

Contraintes socio-économiques de répartition des terres et impacts sur la conservation des sols dans les hauts plateaux de l'Ouest du CamerounH.G. Djoukeng¹, T. Dogot², C.M. Tankou³ & A. Degré^{1*}**Keywords:** Soil conservation- Fongo-Tongo- Land tenure- Heirs- Cameroon**Résumé**

Cet article combine les données d'enquêtes sociales sur l'accès à la propriété foncière et celles de l'adoption du billonnage cloisonné comme technique de conservation des sols pour permettre de mieux comprendre la gestion de l'érosion et du ruissellement par les agriculteurs dans les Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun, spécifiquement dans les collines du groupement Fongo-Tongo. L'étude a porté sur 230 parcelles appartenant à 157 répondants parmi les 168 personnes recensées. Cinq principaux modes d'accès à la terre ont été répertoriés: l'héritage, l'achat, la cession temporaire, les dons et la location. Les propriétaires et les exploitants des collines de faibles pentes (entre 11% et 17%) et de fortes pentes (entre 22% et 29%) ont été inventoriés. Deux principaux rangs sociaux ont été identifiés: les dignitaires (Chefs, Notables, Elites et Héritiers) et les autres (Fils non-héritiers et Femmes). L'étude a montré que les aptitudes agronomiques des parcelles telles que reconnues par les agriculteurs sont un facteur déterminant dans la mise en œuvre des techniques de conservation des sols. L'approche paysanne de la fertilité des sols a ensuite été scientifiquement prouvée par des analyses physico-chimiques des échantillons de sol prélevés sous les espèces végétales indicatrices (Pennisetum spp sur les sols dits «fertiles» et Imperata cylindrica et Melinis minutiflora sur les sols dits «pauvres»). L'étude a montré que l'accès à la terre, l'adoption du billonnage cloisonné et l'exploitation des pentes sont significativement influencés par la situation socio-économique des agriculteurs ($p < 0,05$).

Summary**Socio-economic Constraints of Land Distribution and Impacts on Soil Conservation in the Western Highlands of Cameroon**

This article combines the data of a social survey on access to land and those regarding the adoption of tied ridging as soil conservation technique to help better understanding the management of erosion and runoff by farmers in the Western Highlands of Cameroon, specifically in the hills of Fongo-Tongo villages' group. The study focused on 230 plots owned by 157 respondents among 158 people inventoried. Five main modes of access to land were listed as: inheritance, purchase, temporary transfers, donations and rental. The owners and operators of the hills with gentle slopes (between 11% and 17%) and of steep slopes (between 22% and 29%) were inventoried. Two main social ranks were identified: the dignitaries (Chiefs, Notables, Elites, and Heirs) and other (Non-heirs son, and Women). The study showed that the agronomic abilities of plots as recognized by farmers are a key factor in the implementation of soil conservation techniques. The peasant approach of soil fertility has been scientifically proven by physicochemical analysis of soil samples taken under indicator plant species (Pennisetum spp on fertile soils, and Imperata cylindrica and Melinis minutiflora on poor soils). The study showed that access to land, adoption of tied ridging, and cultivation on the slopes were significantly influenced by socio-economic status of farmers ($p < 0.05$).

¹Université de Liège – Gembloux Agro-Bio Tech, Départ. Ingénierie des Biosystèmes, Axe Échanges Eau-Sol-Plante, Gembloux, Belgique.²Université de Liège – Gembloux Agro-Bio Tech, Départ. Agronomie, Bio-ingénierie et Chimie, Axe Modélisation et Développement/Économie et Développement Rural, Gembloux, Belgique.³Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Département d'Agriculture, Dschang, Cameroun.

*Auteur correspondant: E mail: aureore.degre@ulg.ac.be

Reçu le 12.05.15 et accepté pour publication le 09.09.15

Introduction

Dans les tropiques en général, la pression démographique est un facteur de l'émigration (1). La pression démographique entraîne l'exploitation intensive des parcelles dans tous les types de terroirs, exposant celles situées dans les pentes aux phénomènes d'érosion par ruissellement si des mesures de conservation des sols ne sont pas prises. Deux systèmes fonciers interagissent au Cameroun: le système traditionnel et le système moderne. Le système traditionnel fait référence au droit foncier coutumier qui renvoie aux règles et aux procédures communautaires orales qui régissent les relations foncières entre les individus d'une même communauté ou entre deux communautés rurales voisines (12). Le système moderne est régi par divers textes législatifs et réglementaires en l'occurrence les lois, les décrets, les arrêtés, les circulaires et autres instructions du gouvernement (8).

Dans la zone agro-écologique des Hauts Plateaux de l'Ouest comme dans le Nord Cameroun où le système social est centralisé, la gestion des terres et des ressources naturelles revient aux chefs ou aux notables (9, 12, 13). On entend par système social centralisé un système au sein duquel les décisions prises unilatéralement par les chefs de famille ou les chefs coutumiers ne sont pas contestées. A la mort du chef de famille ou du chef coutumier, la totalité du son patrimoine passe aux mains de l'unique héritier de sexe masculin. Les fils non-héritiers ont droit uniquement aux petites parcelles pour construire leur case. Pour avoir la possibilité d'exploiter des terres agricoles, ils doivent: les prendre en location, les acheter ou demander des parcelles sur les réserves foncières de la chefferie. Les réserves foncières de la chefferie comprennent l'ensemble des terres non encore attribuées. En attendant d'accueillir de nouveaux solliciteurs de parcelles, ces réserves peuvent être temporairement exploitées par toute personne qui en fait la demande à la chefferie. Les milieux ruraux camerounais sont subdivisés en groupements, villages et quartiers. Un groupement est un ensemble de plusieurs villages qui sont à leur tour constitués de quartiers.

Dans la zone agro-écologique des Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun, les chefs de groupement sont assistés dans leurs fonctions par le «conseil des 9 notables». Ce conseil est constitué par les descendants des compagnons du fondateur du groupement et qui restent, générations après générations, titulaires de cette charge. Les premiers «notables des 9» avaient reçu en apanage de vastes domaines; ce qui fait d'eux les plus grands propriétaires terriens des chefferies dans les Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun. Ils ont placé progressivement leurs propres fils et d'autres notables sur ces terres (9). Le chef du groupement est garant de toutes les terres. Il gère le patrimoine foncier de son groupement et délègue certaines de ses fonctions aux chefs de villages et de quartiers (7). Les chefs de villages sont pour la plupart des descendants du fondateur du groupement et des anciens chefs guerriers.

Depuis les années 1990, certaines élites urbaines accèdent à la prestigieuse fonction de notable ou de chef de village. D'après Ndjogui & Levang (12), la dénomination d'élites urbaines fait référence à des hommes ou femmes d'affaires, des cadres supérieurs des secteurs public et privé résidant en ville ou à l'étranger et possédant des revenus réguliers et élevés, ainsi qu'une grande influence politique, économique et sociale. L'habitat se voulant groupé dans la zone, il n'y a presque plus d'espace libre dans les plaines, les collines à faibles pentes et les plateaux pour y faire de l'agriculture, et s'il y en a, cet espace est réservé pour une certaine classe de la société. C'est pourquoi, la quasi-totalité des agriculteurs se replie vers les collines de fortes pentes où les négociations d'acquisition des terres sont souvent à la portée des moins nantis (2, 7).

La conservation efficace des sols agricoles d'une région passe impérativement par l'analyse et la compréhension de son régime foncier (8). Un certain nombre d'études révèlent que les facteurs liés à la taille du patrimoine foncier et à la démographie sont importants dans la détermination de la participation des agriculteurs à la gestion de la terre et de l'eau ou aux activités de développement des bassins versants (19).

D'après Sunderlin et *al.* (15), la crise caféière des années 1990 a entraîné, dans la zone d'étude, l'abandon de la caféiculture au profit des cultures maraîchères qui sont devenues les principaux produits de rente. Contrairement au caféier, ces cultures nécessitent un travail permanent du sol, exposant ainsi ce dernier à l'érosion par ruissellement. Dans la zone d'étude, environ 51% de la superficie totale sont occupés par des pentes supérieures à 25% (18). L'exploitation des fortes pentes sans mesures de conservation des sols entraîne depuis les années 1990 et jusqu'à nos jours des pertes multiples dont on peut citer entre autres la dégradation des sols et la baisse des rendements.

Les expérimentations réalisées sur la mise en œuvre du billonnage cloisonné pendant les campagnes agricoles 2013 et 2014, ont démontré l'efficacité de cette technique antiérosive dans la diminution des pertes en terre et l'augmentation des rendements (3). La présente étude vise globalement à quantifier le taux d'adoption du billonnage cloisonné et à contribuer à l'identification des déterminants de l'adoption des techniques de conservation des sols et des eaux dans les collines des Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun.

On partira des aptitudes agronomiques des parcelles du point de vue paysan à l'adoption des aménagements antiérosifs. Les aptitudes agronomiques des parcelles seront scientifiquement vérifiées par l'analyse physico-chimique des sols qui pourra faire le lien entre leurs éléments constitutifs et la conception paysanne de la fertilité. On examinera en suite la place du rang social et du genre dans les processus d'accès à la terre et d'exploitation des fortes pentes, ces processus ayant pour support la situation économique des agriculteurs. L'atteinte de l'objectif passe donc par la vérification de quatre hypothèses de recherche:

1. Les aptitudes agronomiques des parcelles, telles que reconnues par les agriculteurs, et scientifiquement vérifiées par les analyses physico-chimiques du sol, influencent l'implémentation des techniques antiérosives.
2. Le rang social et l'aspect genre influencent l'accès à la propriété foncière et la mise en œuvre des techniques de conservation des sols.

3. Les techniques de conservation des sols et des eaux sont indispensables dans les fortes pentes mais leur taux d'adoption y est faible.
4. L'adoption des aménagements antiérosifs est influencée par la situation économique des agriculteurs.

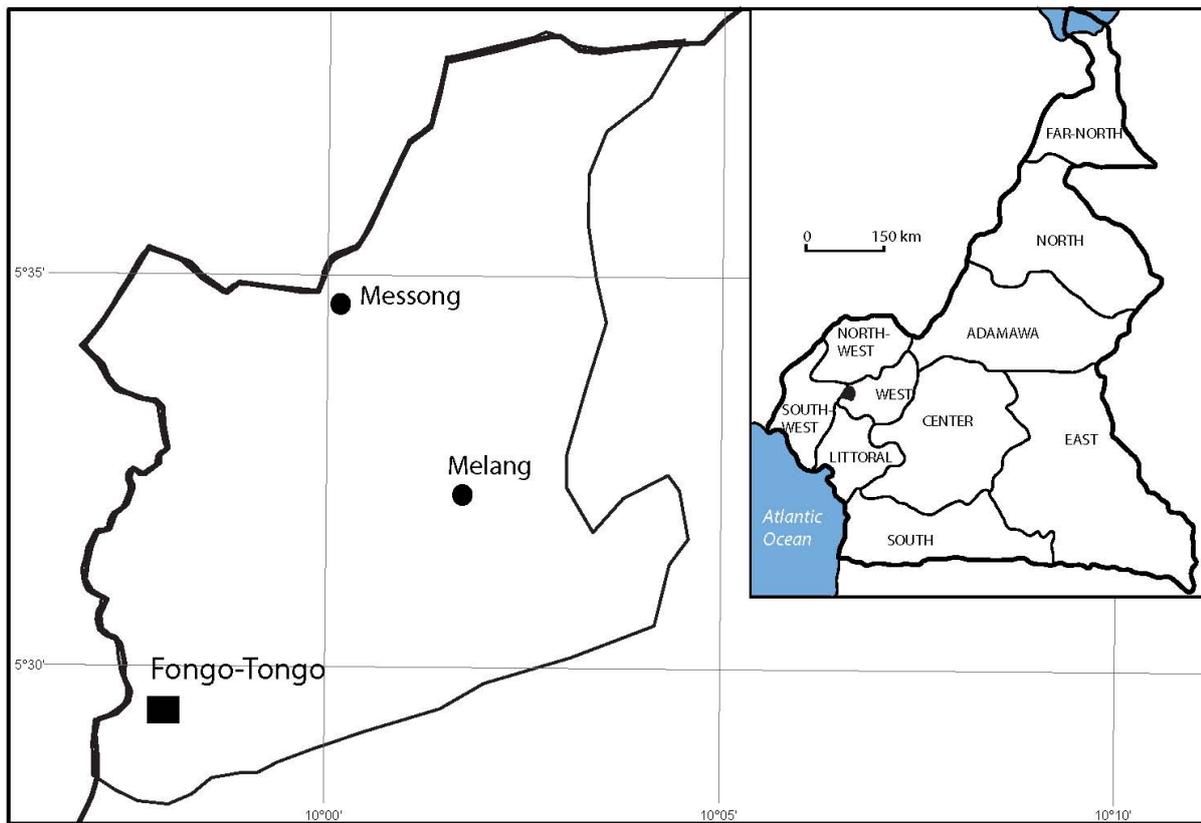
Matériels et méthodes

Milieu d'étude

Cette étude a été conduite dans les villages Mélang et Messong du groupement Fongo-Tongo.

Ce groupement, qui est le chef-lieu de l'Arrondissement portant le même nom, est situé au Cameroun dans la Région de l'Ouest, Département de la Ménoua (Figure 1). Le choix de ce groupement a été motivé par le fait qu'il a les caractéristiques typiques des Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun en termes d'altitude, de densité de population et d'exploitation de fortes pentes (> 22%) (16). Ces fortes pentes sont intensément exploitées dans les villages Mélang et Messong (Figure 2).

La zone agro-écologique des Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun couvre les Régions de l'Ouest et du Nord-Ouest avec une altitude moyenne de 1450 m (5). La température moyenne maximale est de 22 °C, tandis que la température moyenne minimale est de 17 °C. Les précipitations annuelles sont comprises entre 1000 et 2000 mm et tombent sur une longue saison des pluies qui va de mi-mars à mi-octobre (16). Dans les Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun; 85,4% des paysans restent attachés aux méthodes traditionnelles de préparation des lits de semence qui, pour la plupart, constituent une menace pour la conservation des sols et des eaux, d'où le fort intérêt de prendre et de respecter certaines règles d'utilisation (6, 17). Les régions Ouest et Nord-Ouest figurent parmi les quatre régions les plus peuplées du Cameroun avec des densités de population 2,5 à 3 fois supérieures à la moyenne nationale qui s'établit à 42 hab/km² (14). Selon nos investigations, la densité de population dans les villages Mélang et Messong est d'environ 350 hab/km².



Source: Tirée et adaptée de l'INC (10).

Figure 1: Situation géographique de la zone d'étude.



Source: Image auteur, 2013

Figure 2: Paysage des collines du groupement Fongo-Tongo.

Collecte des données

Une enquête par questionnaire a été conçue et administrée aux agriculteurs exploitant les collines des villages Mélang et Messong du groupement Fongo-Tongo. Un total de 168 agriculteurs a été recensé dans les collines des villages Mélang et Messong regroupant respectivement 97 et 71 agriculteurs. Cent-cinquante-sept des 168 agriculteurs recensés ont répondu au questionnaire conçu pour cette étude, soit un taux de participation de 94%. Ces répondants possédaient au total 230 parcelles occupant une superficie totale de 94 ha répartie sur plusieurs pentes de différentes valeurs. Les superficies de ces parcelles recensées étaient comprises entre 0,1 ha et 0,9 ha. Sur chaque parcelle inventoriée, la pente a été calculée en faisant le rapport du dénivelé sur la longueur de la parcelle dans le sens du travail du sol. A l'aide d'un global positioning system (GPS), les valeurs de l'altitude des deux extrémités de la parcelle ont été mesurées et le dénivelé a été obtenu en faisant la différence de ces deux valeurs, la longueur de la parcelle ayant été mesurée par un décamètre. Les exploitants des parcelles ont été interrogés afin d'obtenir les informations portant globalement sur les différentes démarches suivies pour accéder à la propriété foncière, les facteurs qui influencent l'exploitation des pentes, les critères de choix des modes de préparation du sol pour le cultiver.

La reconnaissance des espèces indicatrices de la qualité des sols a été faite par les agriculteurs et leur identification par le laboratoire de botanique de l'Université de Dschang. Pour obtenir les échantillons de sols et les mesures de différenciation des profils, une fosse mesurant 2 m de longueur sur 1 m de largeur et 2 m de profondeur a été creusée dans chacun des endroits où la végétation était dominée par une espèce végétale indicatrice de la qualité du sol (Figure 3). L'analyse physico-chimique des échantillons de sol a été réalisée par le laboratoire d'analyse des sols et de chimie de l'environnement de l'Université de Dschang.

Les données concernant l'adoption du billonnage cloisonné, technique antiérosive de préparation du sol, ont été collectées pendant la campagne agricole 2014 (3).

Traitement des données

Pour une meilleure analyse des données, les pentes ont été regroupées en deux grandes classes: la classe des pentes comprises entre 11% et 17% rassemblant les pentes de 11%, 14% et 17% et la classe des pentes comprises entre 22% et 29% composées des pentes de 22%, 26% et 29% (Tableau 1). Le rang social a lui aussi été regroupé en deux principales classes: le groupe des dignitaires (Chefs, Notables, Elites et Héritiers) et le groupe des autres (Fils non héritiers et Femmes). Les données ont été traitées selon la méthode d'analyse de la variance par le test de Chi-deux au seuil de signification de 5%.



1: Profil du sol sous *Imperata cylindrica* et *Melinis minutiflora* 2: Profil du sol sous *Pennisetum purpureum*
3: Profil du sol sous *Pennisetum clandestinum*

Figure 3: Identification des profils du sol sous espèces indicatrices de la qualité du sol.

Tableau 1

Exploitation et propriétaires des parcelles dans les pentes par rang social.

| Tranches sociales | Pente 11% | Pente 14% | Pente 17% | Pente 22% | Pente 26% | Pente 29% | Total |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| Dignitaires | Chefs | 15 | 8 | 0 | 0 | 0 | 23 |
| | Notables | 23 | 3 | 1 | 0 | 0 | 27 |
| | Elites | 6 | 4 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| | Héritiers | 15 | 2 | 4 | 1 | 5 | 15 |
| Autres | 3 | 5 | 20 | 16 | 15 | 69 | 128 |
| Total | 62 | 22 | 25 | 17 | 20 | 84 | 230 |

Résultats

Les sols

Les caractéristiques physico-chimiques de l'horizon de surface des sols étudiés sont consignées dans le tableau 2.

Le tableau 2 montre que les sols sur lesquels la végétation est majoritairement constituée de *Pennisetum* spp ont un horizon de surface peu profond (<30 cm) et une terre riche en matière organique. Les sols sur lesquels la végétation est constituée des espèces *Imperata cylindrica* ou *Melinis minuciflora* ont un horizon de surface profond (>30 cm) avec une terre pauvre en matière organique.

Le tableau 3 montre les trois profils de sols étudiés, les noms des espèces végétales dominantes en place, l'indice de qualité du sol et le coût d'acquisition au mètre carré. Un hectare de terrain coûte 4574 EUR (soit 300 XAF/m²) pour les sols fertiles contre 3049 EUR (soit 200 XAF/m²) pour les sols pauvres. XAF est le Franc CFA d'Afrique centrale.

Propriété foncière et exploitation des pentes par rang social

Dans la zone d'étude, cinq modes principaux d'acquisition des terres ont été inventoriés. Ce sont l'héritage, l'achat, la cession temporaire, le don et la location pour des proportions totales respectives de 31%; 25%; 21%; 13% et 10% (Figure 4).

Quatre-vingts pourcents des parcelles achetées proviennent des réserves de la chefferie. Considérant chaque proportion totale à 100%, les femmes possèdent 5%, 15%, 7% et 18% respectivement de l'achat, la cession temporaire, le don et la location.

Dans les pentes, les exploitants de parcelles ne sont pas toujours propriétaires de ces dernières comme le montre le tableau 4.

Du tableau 4, il ressort que les dignitaires (Chefs, Notables, Elites et Héritiers) exploitent 79% et 21% de parcelles dans les pentes de 11%-17% et 22%-29% respectivement. Par contre les autres (Fils non héritiers et Femmes) exploitent 22% et 78% de parcelles dans les pentes de 11%-17% et 22%-29% respectivement.

Le tableau 4 montre également que les dignitaires possèdent respectivement 59% et 41% de parcelles dans les pentes de 11%-17% et 22%-29%, puis les autres possèdent respectivement 19% et 81% de parcelles dans les pentes de 11%-17% et 22%-29%.

Taux d'adoption des techniques de conservation des sols

Les techniques de conservation des sols et des eaux (billonnage cloisonné) sont adoptées par 87% de chefs, 93% de notables, 100% d'élites, 90% d'héritiers et 62% d'autres agriculteurs (Figure 5).

Tableau 2

Caractéristiques physico-chimiques de l'horizon de surface des sols.

| Sol | Epaisseur (cm) | Texture (%) | | | pH _{H₂O} | pH _{KCl} | MO (%) | CEC (méq/100g) | Bases échangeables (méq/100g) | | | | |
|-----|----------------|-------------|--------|-------|------------------------------|-------------------|--------|----------------|-------------------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| | | Sable | Argile | Limon | | | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S ²⁻ |
| S1 | 23 | 32 | 38 | 30 | 5,9 | 4,7 | 9,97 | 16,6 | 4,8 | 2,5 | 0,14 | 0,01 | 7,45 |
| S2 | 8 | 32 | 36 | 32 | 5,6 | 5,1 | 8,81 | 13,5 | 4,48 | 1,6 | 0,2 | 0,01 | 6,29 |
| S3 | 31 | 20 | 58 | 22 | 6,1 | 4,6 | 6,12 | 10,3 | 4,64 | 2,24 | 0,18 | 0,01 | 7,07 |

S1= sol sous *Pennisetum purpureum* S2= sol sous *Pennisetum clandestinum* S3= sol sous *Imperata cylindrica* et *Melinis minutiflora*
 MO= matière organique

Tableau 3

Quelques espèces indicatrices de la qualité du sol.

| Profil | Nom scientifique | Nom commun | Nom vernaculaire | Indicateur | Cout (EURO/m ²) |
|--------|--------------------------------|----------------|------------------|------------|-----------------------------|
| P1 | <i>Pennisetum clandestinum</i> | Kikuyu | Nkoukouyong | Fertile | 0,46 |
| P2 | <i>Pennisetum purpureum</i> | Napier grass | Messessoung | Fertile | 0,46 |
| P3 | <i>Imperata cylindrica</i> | Red Baron | Pang keneuh | Pauvre | 0,3 |
| | <i>Melinis minutiflora</i> | Molasses grass | Gahté | | |

P1= profil du sol sous *Pennisetum purpureum* P2= profil du sol sous *Pennisetum clandestinum*

P3= profil du sol sous *Imperata cylindrica* et *Melinis minutiflora* 1 euro = 655,957 XAF (Franc CFA d'Afrique centrale)

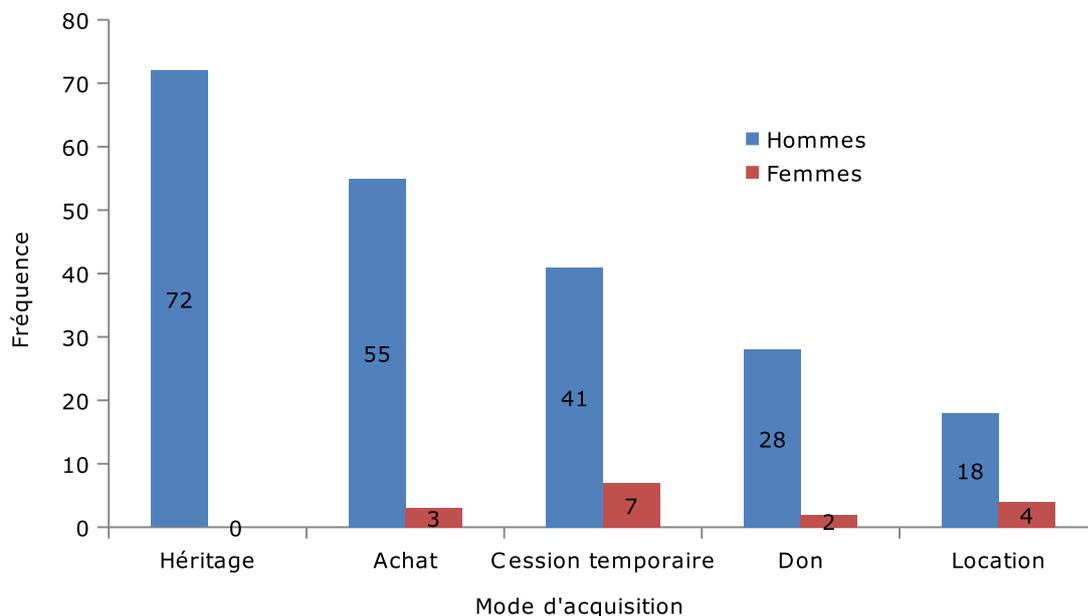
Source: Enquêtes de terrain, 2014.

Tableau 4

Distribution de fréquence des propriétaires et exploitants de parcelles par rang social et par classe de pentes.

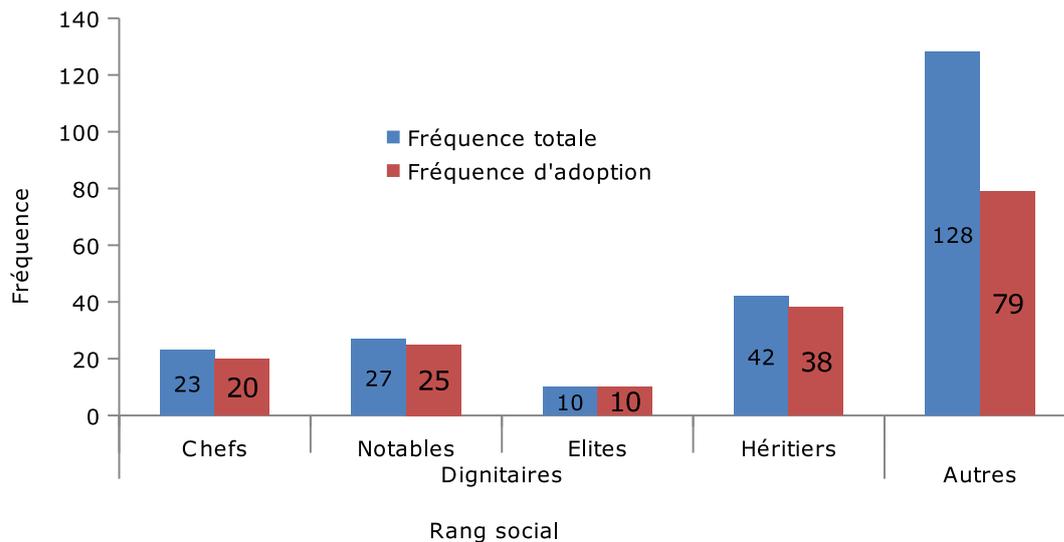
| Tranches sociales | Pente entre 11% et 17% | | Pente entre 22% et 29% | | |
|-------------------|------------------------|------------|------------------------|------------|----|
| | Propriétaire | Exploitant | Propriétaire | Exploitant | |
| Dignitaires | Chefs | 25 | 23 | 11 | 0 |
| | Notables | 32 | 27 | 15 | 0 |
| | Elites | 10 | 10 | 0 | 0 |
| | Héritiers | 29 | 21 | 40 | 21 |
| Autres | 13 | 28 | 55 | 100 | |

Source: Calculée à partir des données d'enquêtes de terrain, 2012.



Source: Calculée à partir des données d'enquêtes, 2012.

Figure 3: Distribution de fréquences des principaux modes d'acquisition des parcelles.



Source: Calculée à partir des données de terrain, 2014.

Figure 5: Distribution de fréquence totale et fréquence d'adoption du billonnage cloisonné.

Discussion

Les sols sous *Pennisetum* spp présentent un profil avec des limites des horizons bien différenciées, tandis que les sols sous *Imperata cylindricum* et *Melinis minutiflora* ont un profil avec des limites des horizons diffuses (Figure 3). L'analyse physico-chimique des échantillons de sols a donné des valeurs de pH indiquant que les sols sont en général acides dans la zone d'étude, et a montré que les sols sous *Pennisetum* spp sont plus riches en matière organique que ceux sous *Imperata cylindricum* et *Melinis minutiflora* (Tableau 2). Ce qui amènerait à dire que les aptitudes agronomiques des parcelles perçues à priori par les agriculteurs à l'aide des espèces végétales en place sont compatibles avec celles des scientifiques (Tableaux 2 et 3). Les espèces indicatrices de la qualité du sol se trouvent sur tous les types de terroirs; on les rencontre sur des pentes aussi bien faibles que fortes.

L'étude a montré que les aptitudes agronomiques des parcelles sont un facteur déterminant dans la mise en œuvre des techniques de conservation des sols, les élites n'acquérant que de bonnes terres et préparant tous leurs lits de semences en billonnage cloisonné (Figure 5).

D'après les agriculteurs interrogés, certains dignitaires (surtout les héritiers) exploitent généralement leurs parcelles dans des fortes pentes

couvertes par les espèces végétales indiquant de bonnes aptitudes agronomiques pendant au moins une campagne agricole avant de les céder aux autres lorsqu'ils constatent que le sol de ces parcelles devient moins productif. En effet, ces dignitaires exploitent leurs parcelles dans des fortes pentes par des techniques traditionnelles de préparation du sol (préparation du lit de semence à plat ou billonnage suivant la plus forte pente) comme si celles-ci étaient situées dans des plaines ou dans des faibles pentes. Au bout de cette brève exploitation, si ces dignitaires ont besoin d'argent, ils cèdent les parcelles déjà exploitées en location ou en vente définitive. Cette fertilité s'avère de très courte durée car la préparation du sol à plat et le billonnage suivant la plus forte pente sont des techniques qui favorisent la migration des sédiments contenant la matière fertilisante ou la matière organique des sommets vers les bas-fonds et les cours d'eau. Il a été démontré qu'en valeur monétaire le groupe de sols fertiles coûte une fois et demie celui de sols pauvres situés dans la même pente (Tableau 3). La colonisation des collines de fortes pentes s'expliquerait par la complexité du régime foncier et la recherche des terres fertiles. Toutes choses étant égales par ailleurs, les végétaux indicateurs de la qualité du sol orientent les propriétaires terriens et les solliciteurs des parcelles dans les différentes transactions foncières.

Pour l'exploitation des pentes, le test de Chi-deux a montré une différence significative entre les dignitaires et les autres exploitants ($\chi=75,3732$; $p=0,0000$). Plus la valeur de la pente est élevée, moins les dignitaires s'intéressent à l'exploitation des parcelles; les élites sont complètement absentes dans les pentes comprises entre 22% et 29% (Tableau 4).

Concernant les propriétaires des parcelles dans les pentes, on note une différence significative entre les agriculteurs appartenant au rang social de dignitaires et les autres agriculteurs ($\chi=30,9549$; $p=0,0000$). Toutes pentes confondues, on peut dire que l'accès à la propriété foncière et l'exploitation de fortes pentes sont influencés par le rang social des agriculteurs (Tableau 4). Au regard de la législation foncière (système moderne) existante au Cameroun, Guiffo (8) stipula que tous les individus avaient en principe des droits égaux d'accès à la terre parce que le système foncier moderne l'emporte sur le système foncier coutumier. Les résultats de cette étude ont montré cependant que les assises foncières des paysans reflètent les inégalités socio-économiques existantes. En effet, seules les parcelles appartenant aux dignitaires comportent le plus souvent tous les types de terroirs étudiés (Tableau 4), ce qui amènerait à dire que la classe sociale des dignitaires contrôle l'accès à la terre. D'ailleurs, ayant majoritairement acquis ces terres par héritage ou par mérite personnel (4), ils ne sauraient être facilement expropriés. Au regard du coût élevé des parcelles dans le groupement Fongo-Tongo et de la forte implication des élites, le système foncier actuel encouragerait d'une part l'application de bonnes méthodes de conservation des sols par les dignitaires (Figure 5), et d'autre part, la dégradation rapides des sols dans les fortes pentes exploitées par les agriculteurs du rang social des autres. Il faut également noter que l'implication des élites dans le foncier encourage l'exode rural. En effet, le salaire des ouvriers ne permet plus aux jeunes non dignitaires de vivre au village, de pouvoir acquérir un lopin de terre, et surtout d'adopter ou de mettre en place des méthodes de conservation des sols; presque toutes les parcelles potentielles étant exposées aux risques d'érosion par ruissellement.

Au cours de nos investigations, il nous a été rapporté que les réserves de la chefferie, même dans les fortes pentes, sont constamment mises en vente et les agriculteurs non héritiers et moins nantis qui les exploitaient sous simple demande adressée au Chef (2, 7) n'ont plus facilement accès à la terre agricole. Les personnes les plus défavorisées étant davantage expropriées par les élites, on se trouve actuellement dans une forme locale d'accaparement des terres.

D'après Dongmo (4), la société bamiléké est structurée en classes bien hiérarchisées. La stratification sociale, essentiellement masculine, est fonction de la descendance, mais aussi et surtout, de la bravoure et du mérite personnel. Les femmes sont exclues de l'appropriation des terres et de l'héritage. Cette étude a montré que les femmes restent exclues de l'héritage mais elles sont désormais propriétaires terriens au même titre que les hommes par achat, par cession temporaire ou par don. Elles exploitent aussi des parcelles acquises par location (Figure 4). Il faut cependant noter que leur proportion reste faible. D'après les agriculteurs interrogés, les femmes possédant des parcelles sont appelées communément «femmes capables». Ces femmes se distinguent des autres par ce qu'elles tirent ou avaient tiré principalement leurs revenus du commerce, ce qui leur a permis d'épargner.

L'adoption du billonnage cloisonné montre une différence significative entre la classe des dignitaires et celle des autres ($\chi=7,6748$; $p=0,0055$). On a noté un taux d'adoption de 93% en moyenne chez les dignitaires contre 62% chez les autres agriculteurs (Figure 5). La forte implication des dignitaires dans les techniques antiérosives peut s'expliquer par le fait qu'ils supportent sans grandes difficultés les coûts supplémentaires de production (3). De même les exploitants des fortes pentes étant en majorité des personnes démunies (Tableau 4), il leur est difficile d'adopter les techniques de conservation des sols. On peut donc dire que l'adoption des techniques antiérosives est fortement influencée par la situation socio-économique des agriculteurs.

Dans la zone d'étude, l'implémentation des techniques de conservation des eaux et des sols se

heurte aux agriculteurs «non dignitaires» qui exploitent les parcelles à risque sur lesquelles il faudrait agir prioritairement (Tableau 4). En raison des surcoûts que le billonnage cloisonné entraîne (3), il s'est avéré que ces exploitants des parcelles à risque avaient des difficultés à changer leurs pratiques culturales (Figure 5) même si ce changement serait bénéfique sur le long terme. Il faut également noter que les organisations paysannes sont inexistantes. Si ces organisations étaient mises en place, elles permettraient aux petits agriculteurs de bénéficier de petits projets communautaires et de demander des crédits agricoles auprès des institutions financières. Il serait donc souhaitable d'aider les agriculteurs en général à former des organisations paysannes bien structurées et de soutenir financièrement les exploitants des fortes pentes ou encore de trouver d'autres techniques antiérosives moins exigeantes que le billonnage cloisonné.

Conclusion

Dans les collines du groupement Fongo-Tongo, cinq modes d'accès à la terre ont été identifiés: l'héritage, l'achat, la cession temporaire, les dons et la location. Cette étude a montré que les agriculteurs ont la capacité de distinguer les sols fertiles des sols pauvres par les espèces végétales en place. Deux grandes classes de sols ont été identifiées à l'aide de cette méthode: les sols dits «fertiles» sous *Pennisetum* spp et les sols dits «pauvres» sous *Imperata cylindrica* et *Melinis minutiflora*. Les résultats de cette approche paysanne de classification des sols ont été confirmés par des analyses physico-chimiques des échantillons de sols prélevés sous ces espèces végétales. A valeur de pente égale, les sols fertiles coutent une fois et demie les prix des sols pauvres. Deux principaux rangs sociaux ont été déterminés, le rang social des dignitaires (Chefs, Notables, Elites et Héritiers) et le rang social des autres (fils non héritiers et femmes). Les femmes qui disposent des moyens financiers (élites ou communément appelées « femmes capables ») ont désormais accès à la terre. Afin de réduire les inégalités sociales qui existent dans la zone d'étude, il serait intéressant que les chefferies limitent l'acquisition des parcelles

par des élites car cela se traduit par une augmentation du prix des terres. Les parcelles situées dans les pentes comprises entre 11% et 17% sont en majorité exploitées par les dignitaires qui sont également propriétaires de ces dernières ; 93% de ces agriculteurs ont adopté le billonnage cloisonné comme technique de conservation des sols. Par contre, la quasi-totalité des parcelles situées dans les pentes comprises entre 22% et 29% sont la propriété des dignitaires mais sont majoritairement exploitées par les agriculteurs appartenant à un rang social moins élevé avec un faible taux d'adoption des techniques de conservation des sols alors qu'elles sont exposées à un risque d'érosion par ruissellement plus élevé que celles situées dans les pentes comprises entre 11% et 17%. Dans l'ensemble, l'accès à la propriété foncière, l'exploitation des pentes, et l'adoption des techniques de conservation des sols et des eaux sont influencés par les aptitudes agronomiques des parcelles et la situation socio-économique des agriculteurs.

Il serait souhaitable que les pouvoirs publics mettent en place un système de micro-crédit qui permettrait aux petits agriculteurs de supporter les coûts supplémentaires induits par les techniques de conservation des sols. Le problème pourrait également être résolu par la facilitation du regroupement des agriculteurs en organisations paysannes tels les groupes d'initiative commune, les groupements d'intérêt économique ou les coopératives. D'autres techniques de conservation des sols à moindre coût (haies vives par exemple) et compatibles avec les espèces cultivées dans la zone devraient être introduites et soutenues.

Remerciements

Les auteurs remercient madame V. Mansutti pour son soutien financier à leurs travaux de recherche et l'ensemble des notables et agriculteurs pour leur effort dans la collecte des données, spécialement leurs leaders messieurs B. Nanfack (Fonkah), S.C. Djoukeng (Wamba Nkem) et E.T. Ngouné (Nkem sa'ah). Ils tiennent également à remercier messieurs les professeurs T.F. Oben et A. Onana de la Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles (Université de Dschang, Cameroun) pour l'analyse des sols.

Références bibliographiques

1. Bilsborrow R.E. & Carr D.L., 2001, Population, Agricultural Land Use and the Environment in the Developing World. In *Tradeoffs or Synergies? Agricultural Intensification, Economic Development and the Environment*. Ed. D.R. Lee and C.B. Barrett, Wallingford, U.K., CABI Publishing Co.: 35-56.
2. Boutrais J., 1992, L'élevage en Afrique: une activité dégradante, *Environ. Afr. Contemp.*, **161**, 109-125.
3. Djoukeng H.G., Tankou C.M. & Degré A., 2015, Siltation and Pollution of Rivers in the Western Highlands of Cameroon: a Consequence of Farmland Erosion and Runoff, *Intern. J. Agric. Res. Rev.*, **3**, 3, 206-212.
4. Dongmo J.L., 1981, *Le dynamisme Bamiléké*. Vol. **1**, La maîtrise de l'espace agricole, Yaoundé, CEPER, 2 tomes, 716.
5. Fotsing J.M., 1992, Diagnostic des problèmes d'érosion et éléments de solution en pays Bamiléké Cameroun, *Bull. Réseau Erosion*, **12**, 241-254.
6. Fotsing J.M., 1993, Érosion des terres cultivées et propositions de gestion conservatoire des sols en pays Bamiléké (Ouest-Cameroun). *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.*, **28**, 2, 351-366.
7. Fotsing J.M., 1995, Compétition foncière et stratégies d'occupation des terres dans le Cameroun de l'ouest. Terre, terroir, territoire. Les tensions foncières, Collection Colloques et Séminaires, Ed. ORSTOM, 131-148.
8. Guiffo J., 2005, *Le titre foncier au Cameroun*, Ed. Essoah, 158 p.
9. Hamani G., 2005, *Les notables de l'Ouest-Cameroun: rôle et organisation dans les institutions traditionnelles*, L'Harmattan, 170 p.
10. INC, 2013, Institut National de Cartographie: Cartes régionales du Cameroun. Doc. Interne, 127.
11. Lavigne-Delville, P., Toulmin, C. & Traoré, S., 2000, *Gérer le foncier rural en Afrique de l'Ouest: dynamiques foncières et interventions publiques* Karthala/Ed. URED, 357 p.
12. Ndjogui T.E. & Levang P., 2013, Elites urbaines, éléiculture et question foncière au Cameroun, *Territoires Afr.*, **5**, 35-46.
13. PNGE, 1996, *Plan National de Gestion de l'Environnement du Cameroun*, Rapport principal. Vol. **1**, Ministère de l'Environnement et des Forêts, PNUD, Banque Mondiale, 190 p.
14. RGPH, 2010, *Troisième Recensement Général de la Population et de l'Habitat*, 10 p.
15. Sunderlin W.D., Ndoye O., Biki H., Laporte N., Mertens B. & Pokam J., 2000, Economic crisis, small-scale agriculture, and forest cover change in southern Cameroon, *Environ. Conserv.*, **27**, 284-290.
16. Tankou C.M., 2014, The interactions of Human Mobility and Farming Systems on Biodiversity and Soil Quality in the Western Highlands of Cameroon. Langaa Research & Publishing Common Initiative Group, Bamenda, North-West Region, Cameroon. 180 p.
17. Tchawa P., 1993, La dégradation des sols dans le Bamiléké méridional, conditions naturelles et facteurs anthropiques, *Cah. Outre-Mer*, **46**, 181.
18. Tsayem Demaze M., 1995, Milieu physique, environnement humain et dégradation des sols en pays bamiléké de l'ouest du Cameroun. Environnement humain de l'érosion, *Réseau Erosion-Bull.*, **15**, 329-339.
19. Zweifler M.O., Gold M.A. & Thomas R.N., 1994, Land Use Evolution in Hill Regions of the Dominican Republic, *Prof. Geogr.*, **46**, 39-53.

H.G. Djoukeng, Camerounais, PhD, ancien Doctorant, Université de Liège – Gembloux Agro-Bio Tech, Département Ingénierie des Biosystèmes, Axe Échanges Eau-Sol-Plante, Gembloux, Belgique.

T. Dogot, Belge, PhD, Professeur, Université de Liège – Gembloux Agro-Bio Tech, Département Agronomie, Bio-ingénierie et Chimie, Axe Modélisation et Développement/Économie et Développement Rural, Gembloux, Belgique.

C.M. Tankou, Camerounais, PhD, Maître de Conférences, Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Département d'Agriculture, Dschang, Cameroun.

A. Degré, Belge, PhD, Professeure, Université de Liège – Gembloux Agro-Bio Tech, Département Ingénierie des Biosystèmes, Axe Échanges Eau-Sol-Plante, Gembloux, Belgique.

Effets comparés des cendres de *Chromolaena odorata* (L.) King R.M. & H.E. Rob et d'un engrais minéral soluble dans l'eau (NPK 15 15 15) sur la croissance et le rendement de l'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.)

M. Ognalaga^{1*}, C. Moupela¹, G.A. Mourendé¹ & P.I.O. Odjogui¹

Keywords: *Chromolaena odorata*- NPK- *Hibiscus sabdariffa*- Growth- Production- Gabon

Résumé

Les faibles teneurs en éléments minéraux observées dans les sols ferrallitiques du Gabon sont préoccupantes. Un essai en vases de végétation a été conduit selon un dispositif de Fisher complètement randomisé comportant 20 traitements et 3 répétitions. L'expérimentation a consisté à comparer un engrais minéral composé soluble dans l'eau (NPK 15-15-15) apporté aux doses de 0-0-0; 16-7-13; 19-8-16; 23-10-19 mg.kg⁻¹ de sol; les cendres de *Chromolaena odorata* à 0; 500; 667; 834; 1000 mg/kg de sol; et à évaluer les interactions entre les doses des cendres (C) et celles du NPK (M) sur la croissance et la production de *Hibiscus sabdariffa* L. Les apports de cendres augmentent significativement le diamètre des tiges, la hauteur des tiges et la surface foliaire jusqu'à une dose de 667 mg/kg de sol. Parmi les doses NPK comparées, celle de 23-10-19 mg/kg de sol (M₃) induit globalement le plus d'effet sur les paramètres de croissance végétale. La meilleure croissance (167±68 g de matière fraîche par vase de végétation) a été obtenue avec l'apport combiné de cendres à 667 mg/kg et de NPK à 19-8-16 mg/kg (C₂M₂).

Summary

Comparative Effects of *Chromolaena odorata* L. King R.M. & H.E. Rob Ashes and a Soluble Mineral Fertilizer (NPK 15 15 15) on the Growth and Yield of Guinea Sorrel (*Hibiscus sabdariffa* L.)

The low levels of nutrients observed in the lateritic soils of Gabon are a concern. A trial conducted in vegetation pots was laid out in a Fisher randomized complete block design with 20 treatments and 3 replicates. The experiment aimed at comparing the growth and yield of *Hibiscus sabdariffa* L. under different fertilization modalities: a water soluble mineral fertilizer (NPK 15-15-15) added at four doses (0-0-0; 16-7-13; 19-8-16; 23-10-19 mg.kg⁻¹ soil); *Chromolaena odorata* ashes at 0; 500; 667; 834; 1000 mg.kg⁻¹ soil; and comparing the interactions between ash doses (C) and NPK doses (M). The C. *odorata* ash supply increased significantly the diameter of the stems, the height of the stems and the leaf area up to a dose of 667 mg.kg⁻¹ soil. Among the compared doses, the one of 23-10-19 mg.kg⁻¹ soil (M₃) induced the highest effect on the plant growth parameters. The highest growth (167±68 g. fresh vegetal matter per pot) was obtained with the combination of 667 mg.kg⁻¹ ashes at and 19-8-16 mg.kg⁻¹ NPK (C₂M₂).

¹Unité de Recherche Agrobiologie, Université des Sciences et Techniques de Masuku.

*Auteur correspondant: Email: ognalagam@live.fr

Reçu le 03.07.15 et accepté pour publication le 08.12.15

Introduction

L'oseille de Guinée ou Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) représente environ 70% de la production mondiale des fibres d'hibiscus (17). Sa production est estimée à près de 10 à 20 t/ha pour une récolte en branches et de 6 à 8 t/ha pour une récolte de calices (24). *Hibiscus sabdariffa* L. fait partie des espèces à usages multiples. Cette culture contribue efficacement à la sécurité alimentaire et à la lutte contre la pauvreté grâce aux revenus générés aux exploitants (8). C'est un légume apprécié dans l'alimentation des ménages en Afrique Centrale, où il est consommé dans des sauces de plats cuisinés ou comme boisson fraîche (bissap).

Au Gabon, *Hibiscus sabdariffa* occuperait la première place parmi les plantes maraîchères traditionnelles (19). Malgré une forte demande sur les marchés locaux, les rendements de *H. sabdariffa* L. restent faibles et l'une des possibilités préconisées est la fertilisation afin d'améliorer les potentialités chimiques des sols (19). Mais compte tenu du coût élevé des engrais chimiques et du faible pouvoir d'achat des exploitants, le recours aux engrais naturels est un moyen pour répondre à ce besoin majeur. Actuellement *Chromolaena odorata* L. occupe les jachères, les bordures de routes et des zones urbaines dénudées. Cette adventice qui se caractérise par sa résistance, sa capacité de dissémination, sa croissance rapide et son caractère envahissant est désormais considérée comme une source d'éléments nutritifs pour les plantes cultivées (4, 14, 22, 23).

Dans la présente étude, nous envisageons de valoriser les cendres de *C. odorata* comme source d'éléments fertilisants pour *H. sabdariffa* et pour leur pouvoir neutralisant de sols acides (3, 10, 18, 14, 23).

Spécifiquement, il s'agit de déterminer:

- (a) l'effet des cendres de *C. odorata* par rapport à un engrais minéral soluble dans l'eau (NPK 15 15 15), et
- (b) l'effet de l'interaction entre les cendres de *C. odorata* et le NPK sur les paramètres de croissance et la production de *H. sabdariffa* L.

L'intérêt de cette étude repose sur les connaissances et informations relatives à la fertilisation qui pourront contribuer à une meilleure

gestion de la fertilité des sols ferrallitiques pour la culture de l'oseille de Guinée.

Pour les paysans et les maraîchers qui considèrent *C. odorata* comme un adventice redoutable, les résultats attendus de l'étude pourront offrir la possibilité d'augmenter leur production et de ne plus envisager sa destruction systématique.

Matériels et méthodes

Site de l'étude

L'essai a été mené sur la plateforme expérimentale de l'Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies (INSAB) de la ville de Franceville (371 m d'altitude; 1°37'14" de latitude Sud; 13°33'3" de longitude Est). La zone est caractérisée par un climat de type équatorial marqué par deux saisons sèches et deux saisons de pluies.

Matériel végétal

L'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.) est la plante test utilisée pour cette étude. Les semences issues de la variété Bissap koor rouge sont produites par Technisem (France) et ont été achetées dans le commerce.

La récolte des parties aériennes de *C. odorata* a été effectuée dans la périphérie de l'Université des Sciences et Techniques de Masuku (USTM) où cette plante est présente.

Fumures

Les intrants étaient constitués du NPK 15-15-15 et des cendres de la plante *C. odorata*. Les feuilles et tiges de *C. odorata* sont émiettées, puis séchées à l'air libre pour réduire l'humidité à 15%. Elles sont ensuite incinérées à 150 °C pendant 3 heures dans un four de marque Prolabo pour obtenir les cendres utilisées dans le cadre de cette étude.

Dispositif expérimental

L'essai a été conduit pendant la période du 1^{er} mai au 20 août 2014 sur un dispositif complètement randomisé comportant 20 traitements avec 3 répétitions, soit 60 unités expérimentales ou blocs. Chaque bloc représente une répétition et chaque unité expérimentale est un sac contenant 30 kg de sol sec avec ou sans intrant. Cet essai consiste à étudier la réponse de *Hibiscus sabdariffa* L. sous l'effet de deux facteurs:

- La fumure minérale (NPK), facteur principal (M), avec 4 modalités: M_0 , M_1 , M_2 , M_3 .

L'engrais minéral, soluble dans l'eau, utilisé est le NPK 15 15 15 qui a été broyé dans le but de faciliter les pesées et de favoriser sa réaction rapide. Les doses apportées par sac sont les suivantes:

- Dose 0= M_0 : sol sans apport du NPK;
- Dose 1= M_1 : 16 mg N/kg sol; 7 mg P/kg sol; 13 mg K/kg sol;
- Dose 2= M_2 : 19 mg N/kg sol; 8 mg P/kg sol; 16 mg K/kg sol;
- Dose 3= M_3 : 23 mg N/kg sol; 10 mg P/kg sol; 19 mg K/kg sol.

En tenant compte de ce qui précède concernant l'engrais minéral soluble apporté, l'expression NPK à: 16-7-13 mg/kg de sol; 19-8-16 mg/kg de sol et 23-10-19 mg/kg de sol désigne respectivement les doses M_1 ; M_2 et M_3 .

-La fumure minérale ou cendres de *Chromolaena odorata*, facteur secondaire (CO), avec 5 modalités: C_0 , C_1 , C_2 , C_3 , C_4 .

Elle avait une humidité résiduelle de 2%. Les doses apportées par sac, dont la surface exploitable est de 0,5 m², sont les suivantes:

- Dose 0= C_0 : sol sans apport de cendres de *Chromolaena odorata*;
- Dose 1= C_1 : 500 mg/kg sol de cendres *Chromolaena odorata*;
- Dose 2= C_2 : 667 mg/kg sol de cendres *Chromolaena odorata*;
- Dose 3= C_3 : 834 mg/kg sol de cendres *Chromolaena odorata*;
- Dose 4= C_4 : 1000 mg/kg sol de cendres de *Chromolaena odorata*.

Le traitement C_0M_0 , signifie: une unité expérimentale n'ayant reçu ni NPK, ni cendres de *C. odorata*; il correspond au témoin (T_0). Ainsi, les différents traitements testés ont été les suivants: T_0 ; M_1 ; M_2 ; M_3 ; C_1 ; C_2 ; C_3 ; C_4 ; C_1M_1 ; C_1M_2 ; C_1M_3 ; C_2M_1 ; C_2M_2 ; C_2M_3 ; C_3M_1 ; C_3M_2 ; C_3M_3 ; C_4M_1 ; C_4M_2 ; C_4M_3 .

Préparation des échantillons

L'horizon 0-20 cm d'un sol ferrallitique a été prélevé dans la savane vierge du site expérimental de l'Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies (INSAB).

Les coordonnées géographiques du prélèvement sont les suivantes: 369 m d'altitude; 1°37.732' de latitude Sud; 13°33.192' de longitude Est. Ce sol a ensuite été émietté et séché à l'air libre dans un hangar à température ambiante (26 °C). Puis 15 jours avant le semis; 30 kg de sol, ayant une humidité résiduelle de 4%, ont été introduits par sac en nylon avant d'y enfouir les intrants.

Semis et suivi de la culture

Le semis s'est fait à raison de 4 graines d'*Hibiscus sabdariffa* L. par sac. La levée a été effective le 5^{ème} jour après semis (JAS) et l'éclaircissage s'est fait deux semaines après le semis, en laissant 2 pieds vigoureux par sac. L'essai a été conduit en saison sèche et les besoins hydriques des plants ont été totalement couverts par des arrosages manuels à raison de 500 ml d'eau par sac et par jour.

Paramètres mesurés

Le principe consiste à repérer les plants vigoureux de l'oseille de Guinée sur lesquels se mesurent à 14; 21; 28; 35; 42 jours après semis (JAS) les paramètres de croissance. Pour la surface foliaire, cinq feuilles bien épanouies sont choisies, sur les plants d'*H. sabdariffa*, et marquées au feutre indélébile. Les photos numériques prises sur ces feuilles, au cours du temps, permettent de déterminer la surface foliaire grâce au logiciel Mesurim Pro. Ainsi, en dehors de la surface foliaire, les paramètres mesurés sur les plants sont:

- Le diamètre de la tige mesuré à l'aide d'un pied à coulisse au niveau de l'insertion des premières feuilles;

- La hauteur de la tige mesurée du collet jusqu'à l'extrémité de la dernière feuille;
- La production obtenue par pesée de la biomasse fraîche de feuilles et de tiges d'oseille juste après chaque récolte ou coupe réalisée à 10 cm du sol; la première récolte a été effectuée à 43 JAS tandis que la 2^{ème} récolte a eu lieu à 78 JAS, soit 35 jours après la 1^{ère} coupe.

Méthodes d'analyses physico-chimiques

Le sol a été analysé pour sa granulométrie, déterminée après destruction des ciments à la pipette de Robinson-Khön (argiles et les limons fins) et par tamisage (sables), son pH mesuré dans une suspension solide/eau distillée ou KCl 1 N de 1/2,5 (15), son azote total par la méthode Kjeldahl (12) et son carbone organique par la méthode Anne modifiée (2). Le phosphore assimilable dans le sol a été extrait par la méthode Olsen-Dabin (6) tandis que dans les cendres, elle s'est faite à l'eau distillée. Le phosphore en solution a été dosé selon la méthode Murphy et Riley (1962).

Sur 2 g de cendres légèrement humidifiées, 2 ml d'acide chlorhydrique (HCl) 12 M ont été versés. Chaque échantillon a été filtré par la suite et homogénéisé dans une fiole jaugée de 100 ml (13). La solution obtenue a été soumise au spectromètre ICP-MS pour le dosage des éléments totaux Ca_2^+ , Mg_2^+ , K^+ et Na^+ . Le pH des cendres a été mesuré dans une suspension solide/eau distillée de 1/5.

Analyses des résultats et traitement statistique

Les données collectées lors des différentes observations ont été analysées à l'aide du logiciel Xlstat 2007. Elles ont ensuite été soumises à une analyse de la variance au seuil de 5%. Le test de Newman et Keuls a servi pour la comparaison des moyennes.

Résultats

Caractéristiques physico-chimiques du sol

Les résultats des analyses de sol (Tableau 1) ont montré que le sol était de couleur brun rougeâtre, de texture limoneuse (44,9%), qu'il avait une réaction acide (pH_{eau} de 5,4) et qu'il présentait une teneur élevée en matière organique. La teneur en azote total est correcte (5) tandis qu'en phosphore assimilable elle est très faible (2).

Analyse des cendres

Les cendres de *C. odorata* sont très riches en potassium et magnésium (Tableau 2).

Influence des traitements sur le comportement des plants

La collecte des données relatives à la recherche de l'effet des cendres de *C. odorata*, du NPK et des interactions entre les cendres et le NPK, a fait l'objet d'une analyse de la variance dont les résultats sont consignés dans le tableau 3. En dehors du diamètre qui n'a pas été influencé ($p > 0,05$) par l'apport de cendres et du NPK, tous les traitements à base du NPK ainsi que les interactions Cendres-NPK ont eu un effet significatif ($p < 0,05$) sur tous les paramètres de croissance et de rendement (Tableau 3).

Effet des cendres de *C. odorata* et du NPK sur le diamètre de tiges

Les résultats obtenus, après apport des cendres de *C. odorata* et du NPK, sur la croissance diamétrale des tiges des plants d'oseille (*H. sabdariffa* L.) sont présentés à la figure 1. Leur analyse montre que la croissance des plants sur le sol fertilisé avec les différents intrants reste supérieure à celle des plants issus des traitements témoins.

Effet des cendres de *C. odorata* et du NPK sur la hauteur de tiges

Les courbes d'évolution de la hauteur des tiges sont présentées dans la figure 2. De 14 à 28 JAS, la croissance des plants de *H. sabdariffa* est similaire pour tous les fertilisants et quelle que soit la dose. La hauteur moyenne des plants est passée de $4,5 \pm 0,4$ cm à $9,4 \pm 1,7$ cm pour les cendres de *C. odorata* et de $5 \pm 0,6$ cm à $10 \pm 1,7$ cm sur les plants fertilisés avec le NPK. Dans la deuxième phase, 28 JAS à 42 JAS, l'augmentation de la hauteur de plants en présence de la dose M_3 (NPK à 23/10/19 mg/kg) a été supérieure aux courbes de croissance des plants fertilisés avec toutes les autres doses quel que soit le fertilisant. Par ailleurs, comme cela est apparu pour le paramètre diamètre de tiges, la hauteur de tiges des plants d'*H. sabdariffa* obtenue avec la dose C_2 (cendres à 667 mg/kg) de la cendre a été de 31% supérieure à celle observée avec la plus forte dose des cendres (cendres à 1000 mg/kg).

Tableau 1

Caractéristiques physico-chimiques de l'horizon 0-20 cm du sol utilisé.

| Caractéristiques physico-chimiques | pH _{eau} | pH _{KCl} | Phosphore, assimilable (mg/kg) | Carbone organique (g/kg) | Matière organique (g/kg) | Azote total (g/kg) | Argile (%) | Limons (%) | Sables (%) |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|------------|------------|------------|
| Valeurs | 5,4 | 4,1 | 4,8 | 48 | 97 | 3,3 | 16,6 | 44,9 | 38,5 |

Tableau 2Caractéristiques chimiques des cendres de *C. odorata* utilisées.

| Caractéristiques chimiques | Ca (mg/kg) | Mg (mg/kg) | K (mg/kg) | Na (mg/kg) | Phosphore soluble eau (mg/kg) | Azote total (mg/kg) | pH _{eau} |
|----------------------------|------------|------------|-----------|------------|-------------------------------|---------------------|-------------------|
| Valeurs | 1208 | 11 311 | 65 836 | 70 | 650 | 100 | 9,6 |

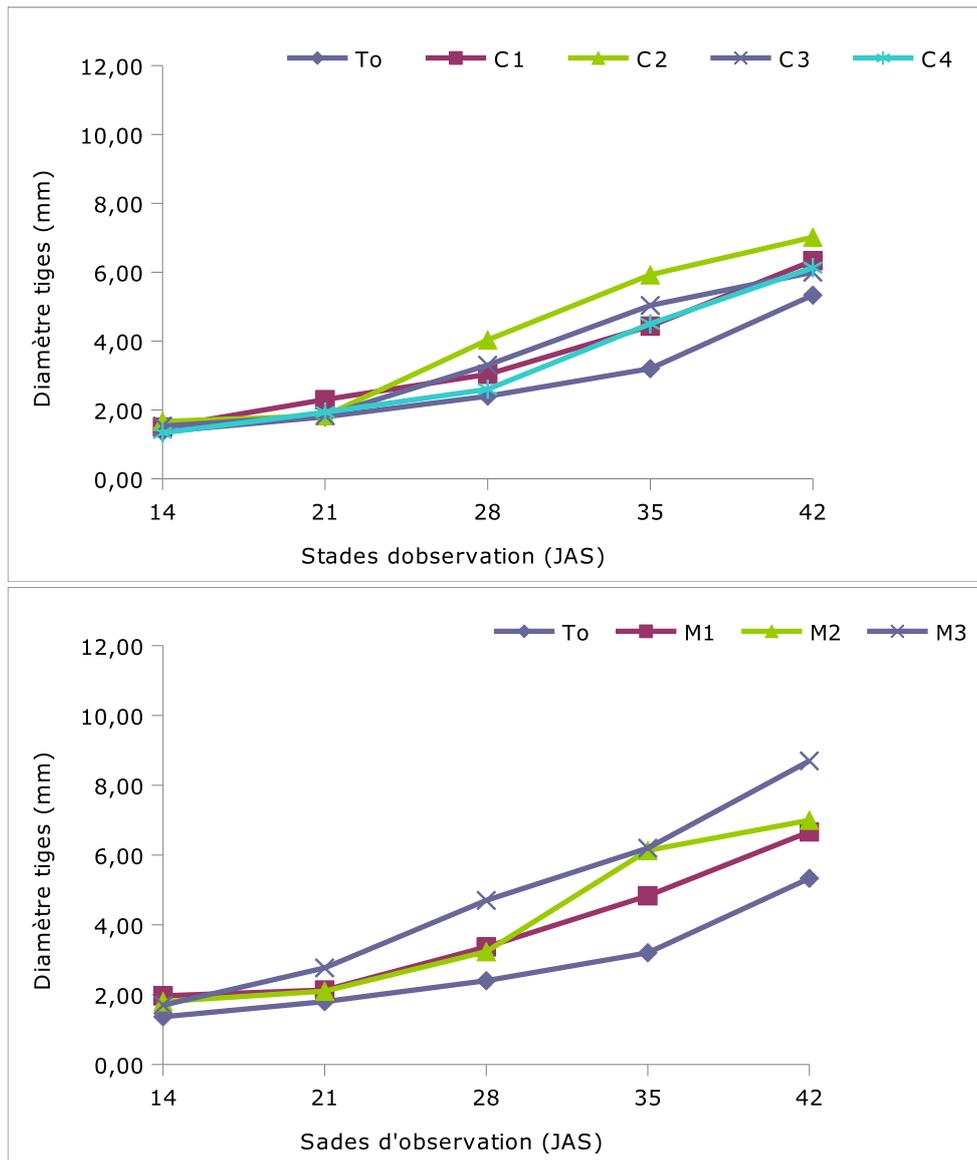
Tableau 3

Effet des traitements sur la croissance (à 42 JAS) et la production (à 43 et 78 JAS).

| Traitements | Diamètre de tiges (mm) | Surface foliaire (cm ²) | Hauteur de tiges (cm) | Production 1 (g.sac ⁻¹) | Production 2 (g.sac ⁻¹) |
|-------------------------------|------------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| T ₀ | 5f | 100j | 16d | 71b | 8bc |
| M ₁ | 7bcdef | 137hi | 26cd | 112ab | 15ab |
| M ₂ | 7bcdef | 168de | 31abcd | 109ab | 12bc |
| M ₃ | 8abcdef | 172cd | 33abc | 121ab | 15ab |
| C ₁ | 7bcdef | 129i | 27cd | 84b | 7c |
| C ₂ | 7bcdef | 161ef | 29bcd | 101ab | 11bc |
| C ₃ | 6f | 140h | 28cd | 114ab | 8bc |
| C ₄ | 6f | 107j | 20d | 77b | 9bc |
| C ₁ M ₁ | 9abcdef | 174cd | 37abc | 112ab | 16ab |
| C ₁ M ₂ | 9abcdef | 191b | 42ab | 109ab | 12bc |
| C ₁ M ₃ | 9abcdef | 157f | 37abc | 121ab | 19a |
| C ₂ M ₁ | 8abcdef | 180c | 39abc | 106ab | 14ab |
| C ₂ M ₂ | 10ab | 210a | 42ab | 167a | 19a |
| C ₂ M ₃ | 11a | 198b | 44a | 118ab | 15ab |
| C ₃ M ₁ | 8abcdef | 180,5c | 36abc | 104ab | 10bc |
| C ₃ M ₂ | 9abcdef | 190b | 37abc | 106ab | 16ab |
| C ₃ M ₃ | 10ab | 168de | 36abc | 108ab | 12bc |
| C ₄ M ₁ | 7bcdef | 148g | 34abc | 100b | 10bc |
| C ₄ M ₂ | 9abcdef | 191b | 36abc | 102ab | 9bc |
| C ₄ M ₃ | 11a | 190b | 40abc | 128ab | 12bc |

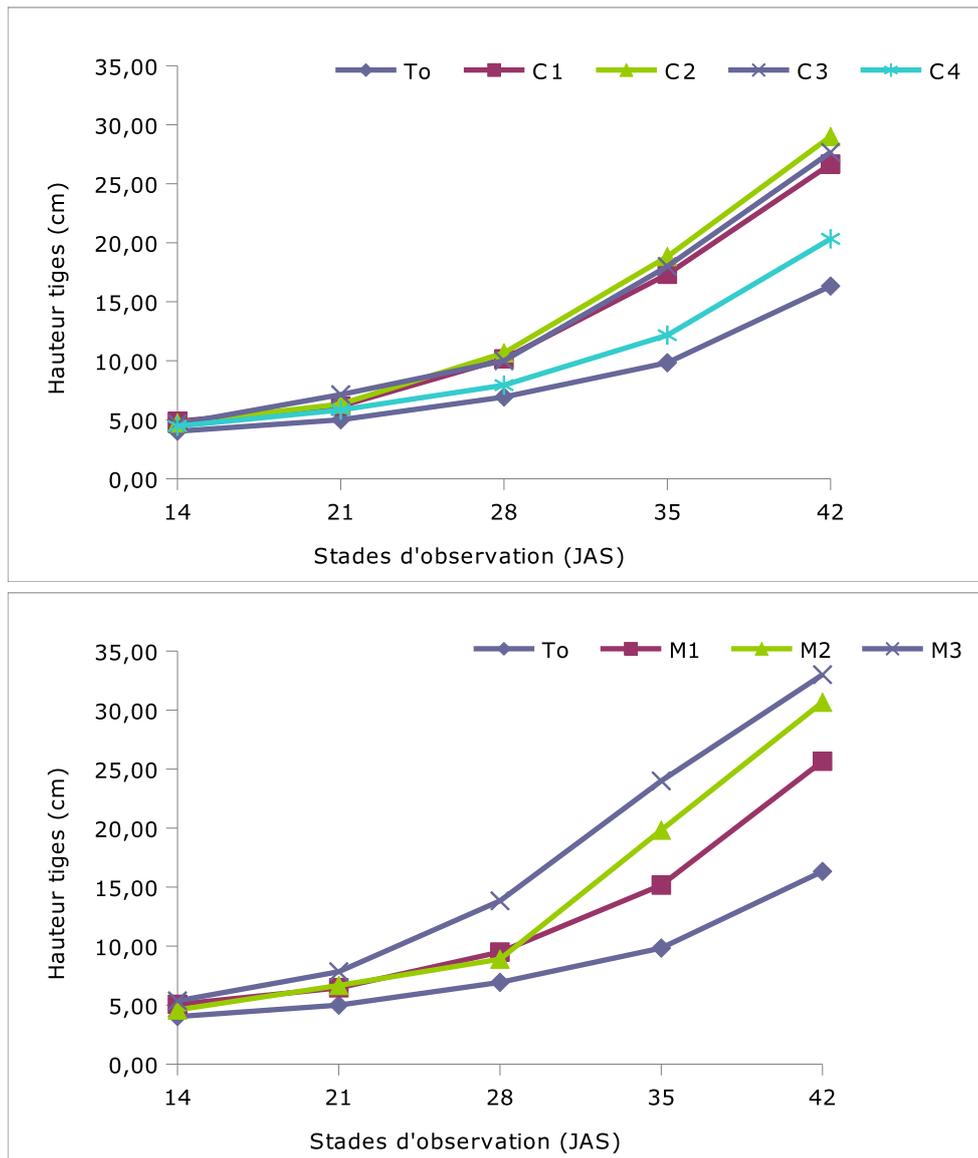
Légende: T₀ = témoin; C₁M₁ = 500 mg/kg cendres+16-7-13 mg/kg NPK;C₁M₂= 500 mg/kg cendres+19-8-16 mg/kg NPK; C₁M₃= 500 mg/kg cendres+19-8-16 mg/kg NPK;C₂M₁= 667 mg/kg cendres+16-7-13 mg/kg NPK; C₂M₂ = 667 mg/kg cendres+19-8-16 mg/kg NPK;C₂M₃= 667 mg/kg cendres+23 mg/kg NPK; C₃M₁= 834 mg/kg cendres+16 mg/kg NPK;C₃M₂= 834 mg/kg cendres+19-8-16 mg/kg NPK; C₃M₃= 834 mg/kg cendres+23mg/kg NPK;C₄M₁= 1000 mg/kg cendres+16-7-13 mg/kg NPK; C₄M₂ =1000 mg/kg cendres+19-8-16 mg/kg NPK;C₄M₃ = 1000 mg/kg cendres+23-10-19 mg/kg NPK.

Les chiffres suivis d'une même lettre ne sont pas significativement différents.



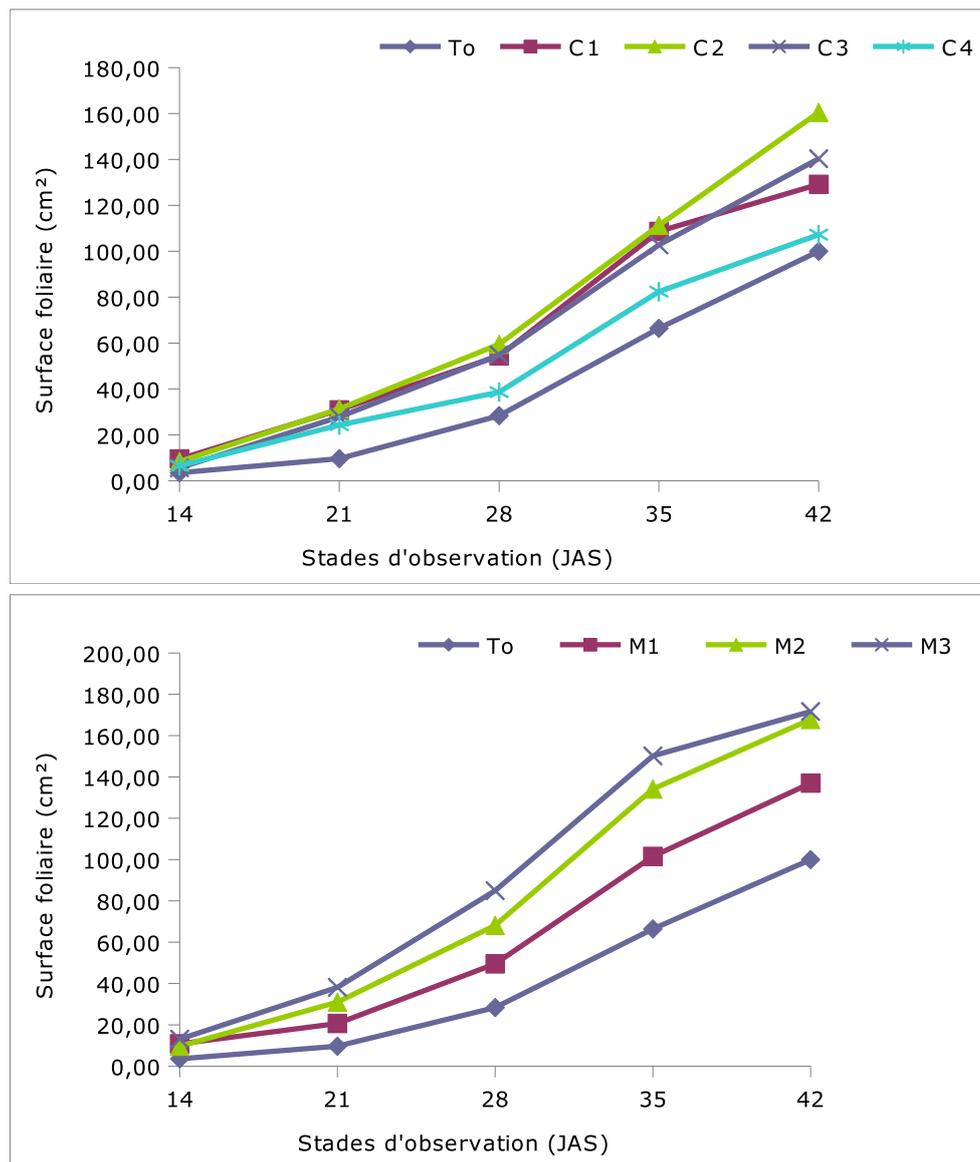
Légende: T₀= témoin; C= cendres 500 mg/kg; C₂= cendres 667 mg/sac; C₃= cendres 834 mg/kg; C₄= cendres 1000 mg/kg; M₁= NPK 16-7-13 mg/kg; M₂= NPK 19-8-16 mg/kg; M₃= NPK 23-10-19 mg/kg.

Figure 1: Effet des doses croissantes des cendres de *C. odorata* (C₁; C₂; C₃; C₄) et de celles du NPK (M₁; M₂; M₃) sur la croissance du diamètre de tiges au cours du temps.



Légende: T₀= témoin; C₁= cendres 500 mg/kg; C₂= cendres 667 mg/sac; C₃= cendres 834 mg/kg; C₄= cendres 1000 mg/kg; M₁= NPK 16-7-13 mg/kg; M₂= NPK 19-8-16 mg/kg; M₃= NPK 23-10-19 mg/kg.

Figure 2: Effet des doses croissantes des cendres de *C. odorata* (C₁; C₂; C₃; C₄) et de celles du NPK (M₁; M₂; M₃) sur la croissance de la hauteur de plant au cours du temps.



Légende: T₀= témoin; C₁= cendres 500 mg/kg; C₂= cendres 667 mg/kg; C₃= cendres 834 mg/kg; C₄= cendres 1000 mg/kg; M₁=NPK 16-7-13 mg/kg; M₂= NPK 19-8-16 mg/kg; M₃= NPK 23-10-19 mg/kg.

Figure 3: Effet des doses croissantes des cendres de *C. odorata* (C₁; C₂; C₃; C₄) et de celles du NPK (M₁; M₂; M₃) sur la croissance de la surface foliaire au cours du temps.

Effet des cendres de *C. odorata* et du NPK sur la surface foliaire

L'allure des courbes de croissance de la surface foliaire au cours du temps (Figure 3) est similaire à celles du diamètre de tiges. Pour les cendres de *C. odorata*, de 14 à 35 JAS la surface foliaire a augmenté en moyenne de 88 cm² (soit 93%), tandis que de 35 à 42 JAS cette augmentation a été de 33 cm² (26%). En ce qui concerne le NPK, de 14 à 35 JAS la surface foliaire a augmenté en moyenne de 104 cm² (92%) contre 31 cm² (23%) d'augmentation observée entre 35 et 45 JAS. En présence du NPK, la surface foliaire a augmenté avec la dose apportée (Figure 3) ce qui n'a pas été le cas pour les cendres où les plants ayant reçu la plus forte dose ont présenté la surface foliaire la plus petite même si elle est restée plus élevée que le témoin.

Effet des cendres de *C. odorata* et du NPK sur la production

La production moyenne de biomasse fraîche de tiges et de feuilles était 10 fois supérieure à la première coupe (99 g/sac) à celle obtenue à la deuxième coupe (10 g/sac) (Tableau 3). Lorsqu'on considère uniquement la première coupe, l'ensemble les plants fertilisés ont eu une production significativement ($p < 0,05$) plus élevée et supérieure à celle des plants témoins. Par comparaison entre les deux fertilisants, le NPK a occasionné une réaction positive de *H. sabdariffa* L. non significativement différente de celle des cendres de *C. odorata*. L'application de 4,5 g/sac (M₃) du NPK a induit une production de *H. sabdariffa* L. de 120,7±0,4 g/m² tandis que la plus grande production avec les cendres (114±3,9 g/sac) a été observée en présence de 25 g/sac (C₃).

Ces résultats mettent également en évidence le caractère dépressif des cendres à la dose 30 g/sac (C₄) sur la croissance de *H. sabdariffa* L.

Effet des interactions entre les cendres et le NPK sur la croissance et la production de *H. sabdariffa* L.

Les hauteurs des tiges sont plus faibles dans le témoin T₀ que dans les autres traitements.

Le traitement C₂M₃ (cendres à 667 mg/kg + NPK à 23-10-19 mg/kg) a présenté les plants les plus vigoureux ayant un diamètre de 10,7±1,3 mm. Ensuite c'est en présence de C₂M₂ (cendres à 667 mg/kg + NPK à 19-8-16 mg/kg) que les plants ont mieux réagi et les valeurs obtenues pour la surface foliaire, la première et la seconde production sont respectivement de 209±4,92 cm²; 167±68 g/sac; 18,4±3 g/sac.

L'interaction C₄M₃ (cendres à 1000 mg/kg + NPK à 23-10-19 mg/kg) a présenté des résultats qui ne sont pas significativement différents de ceux observés avec C₂M₃ pour la hauteur de tiges (10,5±1,32 mm). Par ailleurs, les valeurs de la surface foliaire et de la première récolte enregistrées avec ce traitement (C₄M₃) se placent en deuxième position des meilleurs résultats obtenus. La comparaison des résultats obtenus avec les interactions Cendres-NPK par rapport à ceux produits par les cendres et le NPK de façon isolée, toutes doses confondues, révèle que pour tous les paramètres mesurés, les plants de *H. sabdariffa* ont eu une réaction, en présence des interactions (Cendres-NPK), supérieure à l'apport des fertilisants seuls de l'ordre de 22,3%; soient pour le diamètre, la hauteur, la surface foliaire et la production une supériorité respective de 18,5%; 25%; 18,5% et 27,6%.

Discussion

La bonne croissance des plants de *H. sabdariffa* L. et la production élevée observée dans les traitements fertilisés par rapport au témoin traduisent la nécessité de fertiliser ce sol carencé en phosphore et dont la teneur en azote ne serait pas suffisante pour assurer un bon développement du végétal. Le meilleur comportement du végétal a été remarquable avec la forte dose de NPK apporté. La réponse de *H. sabdariffa* en présence des cendres et du NPK peut s'expliquer par une amélioration de la fertilité chimique du sol utilisé. Les cendres de *C. odorata* renferment des teneurs élevées en Ca₂⁺, Mg₂⁺, K₊ et Na⁺ (tableau 2). Il est fort probable que les effets chaulant et fertilisant des cendres de bois révélés par Baziramakenga (5), Hébert et Breton (10); Kilpimaa *et al.* (11) caractérisent aussi les cendres de *C. odorata*.

Les travaux des auteurs cités ci-avant ont révélé que le pH des cendres de bois variait de 12 à 13. Cela a pu favoriser une meilleure absorption racinaire des éléments nutritifs (6, 16, 21). Par ailleurs, il a été démontré que l'apport des cendres de bois augmente la disponibilité en magnésium et améliore la structure dans les sols à cause de la présence de cations Ca_2^+ et Mg_2^+ (14). L'effet fertilisant des cendres a été constaté sur de nombreuses spéculations autres que *H. sabdariffa*. Des travaux rapportés par Hébert et Breton (2008) et réalisés sur les céréales et les cultures maraîchères autres que *H. sabdariffa*, ont permis d'observer une augmentation des rendements suite à l'apport des cendres de bois. En dehors de Ca_2^+ , Mg_2^+ , K^+ et Na^+ , les cendres renferment du phosphore, du soufre et des oligoéléments (1, 10) qui jouent un rôle important dans la croissance végétale (10). Cependant, il est apparu qu'à forte dose (1000 mg/kg) les cendres n'assurent pas une bonne croissance des plants de *H. sabdariffa*. Les meilleurs résultats ont été observés avec C_3 (834 mg/kg) pour les cendres et M_3 (23 mg/kg) pour le NPK. La quantité en potasse apportée par les cendres est plus élevée que celles du calcium et du magnésium respectivement de l'ordre de 98% (55 fois) et 83% (6 fois). Ainsi, un excès de K^+ est susceptible de limiter l'absorption du calcium, du magnésium et de réduire la disponibilité du fer et du manganèse (5, 9, 21). Ce résultat ne concorde pas avec les travaux de Hébert et Breton (10) qui proposent, au sujet des cendres de bois, une dose maximum de 14 t/ha (soit 2,5 g/kg de sol) pour la croissance et la production des cultures tels le que maïs, le blé, le haricot et le soja.

Au cours de cette étude, la croissance et la production de *H. sabdariffa* ont été faibles lorsqu'on a appliqué de façon isolée les cendres et le NPK. À l'inverse, les interactions Cendres-NPK ont induit une réaction du végétal plus importante du point de vue croissance et production.

Le traitement C_2M_2 (cendres à 667 mg/kg + NPK à 19/8/16 mg/kg) a présenté les meilleures performances.

Conclusion

La recherche de la réponse de l'oseille à la fumure minérale, aux cendres de *C. odorata* et à la combinaison des deux fumures (NPK- *C. odorata*) a été faite à travers un essai en sacs sur un sol ferrallitique au Sud-Est du Gabon (Franceville). Les résultats ont montré que toutes les modalités de traitements ont engendré une réponse positive plus importante par rapport au témoin quel que soit le paramètre considéré.

En définitive, les résultats obtenus dans cette étude ont montré que les cendres de *Chromolaena odorata* peuvent être utilisées comme fertilisants à une dose raisonnable (667 mg/kg) pour espérer améliorer la croissance et la production de l'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.). Toutefois au cours de cet essai, les meilleures réponses du végétal ont été obtenues avec la combinaison C_2M_2 (cendres à 667 mg/kg + NPK 19-8-16 mg/kg).

Remerciements

Les auteurs remercient et l'Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies qui héberge le Laboratoire de sols et Environnement. Nos remerciements vont également aux Responsables de l'Unité de Recherche Agrobiologie de l'Université des Sciences et Techniques de Masuku.

Références bibliographiques

1. Augusto L., Bakker M.R. & Meredieu C., 2008, Wood ash applications to temperate forest ecosystems-potential benefits and drawbacks, *Plant Soil*, **306**, 181-198
2. Aubert G., 1978, *Méthodes d'analyses de sols*. Centre de Documentation Pédagogique de Marseille, CNDP-CRDP, Marseille, France, 191.
3. Autfray P., 2002, *Effets de litières sur l'offre en azote d'origine organique dans des systèmes de culture de maïs à couvertures végétales: étude de cas dans la zone à forêt semi-décidue de Côte d'Ivoire*. Thèse de doctorat, Université de Montpellier, 102 p.
4. Autfray P. & Gbaka H., 1998, *Chromolaena odorata adventice ou plante de couverture?* Bulletin d'information du CIEPCA, **1**, 3.

5. Baziramakenga R., 2003, Disponibilité du phosphore des biosolides et cendres des papetières, *Agrosol.*, **14**, 3-14.
6. Chamayou H. & Legros J.P., 1989, *Les bases de la science du sol. Techniques vivantes*. Presses Universitaires, Paris, 572 p.
7. Defoer T. & Wopereis M.C.S., 1998, *Challenges and technical opportunities for ricebased production systems for food security and poverty alleviation in Sud-Sahara Africa*. In : *Rice in global markets and Sustainable production systems, International Year of Rice*, FAO rice conference, Rome, Italie, 33.
8. Folefack D.P., Njomaha C. & Djouldé D.R., 2008, Diagnostic du système de production et de commercialisation du jus d'oseille de Guinée dans la ville de Maroua, *Tropicultura*, **26**, 211-215.
9. Gobat J.M., 2010, *Le sol vivant – Bases de pédologie – Biologie des sols*. 3^{ème} édition. Presses Polytechniques Romandes, Paris, 817 p.
10. Hébert M. & Breton B., 2008, Recyclage des cendres de bois au Québec. Etat de la situation, impacts et bonnes pratiques agro-environnementales, *Agrosolutions*, **19**, 18-33.
11. Kilpimaa S., Kuokkanen T. & Lassi U., 2013, Characterization and utilization potential of wood ash from combustion process and carbon residue from gasification process, *Biores.*, **8**, 1011-1027.
12. Koné T., Koné M., Koné D., Traoré S. & Kouadio J.Y., 2011, Multiplication rapide du bananier plantain (*Musa* spp. AAB) *in situ*: une alternative pour la production en masse de rejets, *Agro. Afr.*, **23**, 21-31.
13. Linieres M., 1988, *Etude bibliographique des essais agronomiques relatifs à l'utilisation des composts urbains. Le problème de métaux lourds*. R&D Programme on recycling and utilization of waste. Commission des communautés Européennes (DGXII), 123 p.
14. Litzenger S.C. & Lip H.T., 1961, Utilizing Eupatorium L. to improve Crop yields in Cambodia, *Agron. J.*, **53**, 321-324.
15. Mathieu C. & Pietain F., 2003, *Analyse Chimique des sols: Méthodes Choisies*. Edition Tec et Doc, France 388 p.
16. Mérelle F., 1998, *L'analyse de terre aujourd'hui*. GEMAS, Nantes, 184 p.
17. *Ministère des Affaires Etrangères*, CIRAD & GRET, 2002. Mémento de l'Agronome, Paris, 1646 p.
18. Moni N.S., & George M.P., 1959, *Eupatorium odoratum* L. - A Common Weed Found in the Teak Plantations of Kerala State, *Indian Forester*, **85**, 728-730.
19. Mouaragadja I. & M'batchi B., 1998, Etude et identification de l'agent de la pourriture de l'Oseille de guinée au Gabon, *CODEN FRUIAS*, **53**, 57-68.
20. Murphy J. & Riley I.P., 1962, A modification single solution method for the determination of phosphate in natural waters, *Anal. Chim. Acta.*, **27**, 6-31.
21. Ondo J.A., 2011, *Vulnérabilité des sols maraîchers du Gabon (région de Libreville): acidification et mobilité des éléments métalliques*. Thèse de doctorat, Université de Provence, 321 p.
22. Ognalaga M. & Itsoma E., 2014, Effet de *Chromolaena odorata* et de *Leucaena leucocephala* sur la croissance et la production de l'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.), *Agro. Afr.*, **26**, 45-55.
23. Patterson S.J., Acharya S.N., Thomas J.E., Bertschi A.B. & Rothwell R.I., 2004, Barley biomass and grain yield and canola seed yield response to land application of wood ash, *Agron. J.*, **96**, 971-977.
24. Raemaekers R.H., 2001, *Agriculture en Afrique tropicale*. DGCI, Bruxelles, Belgique.

M. Ognalaga, Gabonais, PhD, Maître-Assistant, Université des Sciences et Techniques de Masuku, Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies, Masuku, Gabon.

C. Moupela, Gabonais, PhD, Maître-Assistant, Université des Sciences et Techniques de Masuku, Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies, Masuku, Gabon.

G.A. Mourendé, Gabonais, Ingénieur Agronome, Enseignant, Ecole Nationale de Développement Rural (ENDR), Gabon.

P.I.O Odjogui, Gabonaise, Ingénieur Agronome, Enseignante-Assistante, Université des Sciences et Techniques de Masuku, Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies, Masuku, Gabon.

Performances zootechniques des dindonneaux nourris à base de farine d'asticots

B.J. Agodokpessi¹, Y. Toukourou^{1*}, I.T. Alkoiret¹ & M. Senou²

Keywords: Maggots- Turkeys- Fattening performance- Mortality- Benin

Résumé

La farine de poisson a été partiellement substituée par la farine d'asticots dans l'alimentation de 96 dindonneaux âgés de 0 à 2 jours. Les poussins avec leurs mères sont répartis aléatoirement en trois lots identiques et sont nourris pendant la phase de démarrage qui a duré quatre semaines avec des rations R1, R2 et R3 comportant respectivement 0%, 5% et 10% de farine d'asticots. Pendant la phase de croissance qui a duré également 4 semaines, la proportion de la farine d'asticots dans la ration a été réduite de moitié. À l'issue de la phase de démarrage, les dindonneaux des lots R3 et R2 ont affiché un Gain Moyen Quotidien (GQM) légèrement au-dessus de celui du lot témoin R1, malgré une consommation alimentaire significativement ($p < 0,05$) plus faible. Les taux de mortalité étaient de 15,6%; 25% et 31,3% respectivement pour les lots R3, R2 et R1 avec une différence significative ($p < 0,05$) entre le lot R3 d'un côté et les lots R2 et R1 de l'autre. La phase de croissance s'est soldée par un GMQ directement proportionnel à la teneur de la farine d'asticots dans les rations. La quantité de MS d'aliments consommée au cours de cette phase n'a pas significativement ($p > 0,05$) varié entre les différents lots d'animaux. Les taux de mortalité de 16,7%; 14,5% et 14,8% respectivement pour les lots R1, R2 et R3 n'ont montré aucune différence significative ($p > 0,05$).

Summary

Zootechnic Performances of Turkey Poults Fed with Maggot Flour- based rations

Fish meal was partially substituted by maggot flour in the rations of 96 young turkeys aged between 0 and 2 days. Chicks with their mothers were randomly divided into three batches and fed during the starting phase that lasted four weeks with rations R1, R2 and R3 containing respectively 0%, 5% and 10% flour maggots. During the growth phase which also lasted 4 weeks, the proportion of flour maggots in the ration was halved. After the starting phase, the young turkeys of batches R3 and R2 showed an Average Daily Gain (ADG) slightly above the control, despite a significantly lower food consumption ($p < 0.05$). Mortality rates were 15.6%, 25% and 31.3% respectively for lots R3, R2 and R1 with a significant difference ($p < 0.05$) between batches R3 on one side and batches R2 and R1, on the other side. The growth phase showed that the ADG is directly proportional to the level of maggot's flour in the rations. The amount of food consumed during this phase did not vary significantly ($p > 0.05$) between the different batches of animals. The mortality rate of 16.7%, 14.5% and 14.8% respectively for lots 1, 2 and 3 showed no significant differences ($p > 0.05$).

¹Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Département des Sciences et Techniques de Production Animale et Halieutique, Parakou Bénin.

²Université d'Abomey-calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Département de production animale, Cotonou, Bénin.

*Auteur correspondant: Email: ytoukourou@gmail.com

Reçu le 17.02.15 et accepté pour publication le 08.12.15

Introduction

L'élevage de volaille est une activité traditionnelle très largement répandue au Bénin. Il occupe la deuxième place après l'élevage des bovins et fournit entre 10 et 22% de la part de la production totale de viande (8). Selon Fanou (8), le poulet béninois et les œufs contribueraient respectivement pour 2,4% et 1,4% dans la formation du chiffre d'affaire agricole du Bénin. La volaille locale (poules, pintades, dindons) est la plus importante tant du point de vue des effectifs (plus de treize millions de têtes) que de sa contribution à la constitution des revenus des éleveurs en milieu villageois et donc à la réduction de la pauvreté (8). Malgré son importance socioéconomique avérée, l'élevage traditionnel de volaille est confronté à d'immenses difficultés, essentiellement d'ordre sanitaire et alimentaire. Les contaminations poly microbiennes et virales, associées à une déficience alimentaire quantitative et qualitative, sont le point de départ de diverses affections aviaires rencontrées dans la plupart des élevages causant ainsi des pertes pouvant aller jusqu'à 100% (6). De toutes les espèces aviaires élevées au Bénin, le dindon apparaît comme celui dont les besoins en protéine alimentaire sont les plus élevés en raison de sa forte croissance pondérale, particulièrement chez les jeunes dindonneaux. La non satisfaction de cette exigence nutritionnelle expose fréquemment ces sujets à des taux de mortalité élevé. Roberts *et al.* a démontré qu'un complément protéique avait un effet significatif sur les taux de croissance et de mortalité de jeunes poussins (17). Selon Hofman (9), l'insuffisance quantitative et qualitative de l'alimentation constitue une contrainte majeure au développement de l'aviculture traditionnelle dans les pays tropicaux. Les aliments protéiques d'origine animale et végétale sont souvent déficitaires dans les rations de la volaille élevée au niveau villageois (9). Les sources protéiques d'origine animale sont habituellement représentées par les farines de poissons importées, souvent indisponibles et difficilement accessibles. Les coûts élevés de ces ingrédients ne permettent pas d'assurer aux volailles un apport alimentaire adéquat et régulier, essentiel à l'amélioration de leur performance (5, 13).

Ce constat nécessite la recherche d'autres sources protéiques bon marché et parfaitement adaptées aux besoins des volailles. Les asticots, bio dégradeurs de la matière organique, ont fait l'objet de plusieurs travaux qui ont montré la possibilité de leur utilisation dans l'élevage comme source de matières azotées (1, 7, 10, 14, 19, 20). L'avantage de cette innovation réside dans le fait que la production des asticots, véritables sources de protéine animale d'une grande valeur nutritive, peut être rendu disponible et accessible à tout moment à l'échelle villageoise. Par ailleurs, il apparaît que la production d'asticots en quantité suffisante est possible à partir d'une large gamme d'ordures ménagères et de déjections d'animaux domestiques telles que les fientes de volailles (14, 18). La question qui se pose est de savoir si la farine d'asticots peut se substituer partiellement ou totalement à la farine de poisson dans l'alimentation des jeunes dindonneaux âgés d'au plus 2 jours et quel peut être son effet sur les performances zootechniques après le démarrage à 4 semaines suivi d'une phase de croissance de 4 semaines.

Matériel et méthodes

Milieu et période d'étude

L'étude s'est déroulée entre le 20 mai et le 12 août 2009 dans la commune de Ouaké située au Nord-Ouest de la République du Bénin. La commune de Ouaké couvre une superficie de 1500 km². Le climat rencontré est du type soudanien humide avec deux saisons: une saison pluvieuse de mai à octobre et une saison sèche de novembre à avril. La température moyenne est d'environ 27 °C avec des variations de 17 à 35 °C. La pluviométrie moyenne annuelle calculée sur 20 ans est de 1250 mm. La végétation est du type savane arborée et herbacée avec des espèces ligneuses telles que: le Karité (*Vitellaria paradoxa*), le Néré (*Parkia biglobosa*), le Baobab (*Andersonia digitata*), le rônier (*Borassus aethiopicum*).

Matériel animal et dispositif expérimental

L'étude a été menée avec un effectif total de 96 dindonneaux âgés d'au plus 2 jours issus de 13 dindes. Les animaux, tous de souche locale proviennent de sept ménages éleveurs répartis dans cinq villages de la commune de Ouaké.

Pour des raisons de commodité dans le suivi, la conduite technique des dindonneaux a été réalisée sur un seul et même site expérimental installé dans la basse-cour d'un des éleveurs retenus, ce qui a nécessité le déplacement de la plupart des sujets, 48 heures, après éclosion. Tous les dindonneaux sont répartis aléatoirement en trois lots de 32 sujets. Chaque lot est confié à une dinde choisit également au hasard. L'aliment a été servi à volonté deux fois par jour à 7h30 et 16h00 dans des enclos aménagés pour abriter les volailles.

La consommation de la dinde a été séparée de celle des dindonneaux au moyen d'un dispositif à base de mangeoire sélective à hauteur variable. L'aliment non consommé a été chaque fois récupéré et pesé. L'eau potable a été mise sans restriction à la disposition de tous les animaux dans des abreuvoirs siphoniques. L'identification des dindonneaux a été réalisée à l'aide de petites pastilles numérotées et attachées à l'aile droite par une ficelle munie d'un nœud ajustable. Les poids vifs individuels des dindonneaux ont été enregistrés toutes les semaines à la même heure, les matins avant le repas. Tous les animaux ont été soumis à des traitements de prophylaxie sanitaire d'usage selon un calendrier préalablement établi.

Choix des villages et des élevages

Le choix des villages a été motivé par la concentration du cheptel de dindons et la volonté des ménages éleveurs à accepter le paquet technologique proposé. Les ménages éleveurs retenus devaient en outre disposer de dindes dont une au moins serait entrain de pondre ou de couvrir. Quarante-huit heures après l'éclosion, les dindonneaux viables ont été transférés sur le seul site expérimental retenu pour l'essai.

Obtention de la farine d'asticots

Les asticots utilisés pour obtenir la farine sont produits à partir de la fiente de poules pondeuses élevées en batterie. La fiente une fois collectée dans des bacs en plastic d'une contenance de 100 litres est exposée à l'air libre à l'ombre des arbres. Le contenu des bacs est aspergé d'eau une fois par jour afin d'éviter l'assèchement du substrat et accélérer par la même occasion sa décomposition.

L'odeur dégagée par la décomposition du substrat a permis d'attirer des mouches domestiques de l'espèce *Musca domestica* qui sont venues y déposer des œufs. Après 24 heures d'ensemencement, les bacs sont recouverts d'une moustiquaire pour éviter des ensemencements tardifs et s'assurer ainsi de l'homogénéité des larves produites. La récolte des larves suffisamment développées a été effectuée cinq jours après le début de l'ensemencement. Les asticots recueillis sont d'abord rincés à l'eau froide pour être débarrassés de toute impureté avant d'être trempés pendant 2 minutes dans de l'eau préalablement portée à ébullition pour être tués. Les asticots morts sont ensuite recueillis à l'aide d'une écumoire puis versés dans de l'eau froide. La masse d'asticots obtenus est laissée quelques minutes égouttée, puis étalée finement sur des tôles galvanisées ondulées pour être séchée au soleil. Un total de 6 jours d'exposition à raison de 7 heures d'ensoleillement intense par jour a été nécessaire pour obtenir un taux de déshydratation suffisant pour faciliter la mouture dans un moulin à maïs.

Confection des rations alimentaires

Au total 6 rations alimentaires présentées sous forme de farine ont été confectionnées pour répondre aux besoins des dindonneaux tout au long de l'expérience qui est subdivisée en une phase de démarrage et une phase de croissance d'une durée respective de 4 semaines. Pour la phase de démarrage, trois rations de même composition centésimale ont été confectionnées (Tableau 1). La seule différence entre ces rations se situe au niveau du taux d'incorporation de la protéine animale (farine de poisson ou d'asticots dans l'aliment). À l'issue de la phase de démarrage, les animaux de chaque traitement ont été nourris avec une ration de croissance dont le taux d'incorporation de protéine animale a été réduit de moitié (Tableau 1).

Données collectées et méthodes d'analyse statistique

Les données collectées au cours de l'étude ont concerné essentiellement l'analyse bromatologique de la farine d'asticots et des différentes rations alimentaires, l'ingestibilité alimentaire, le taux de

mortalité de même que les Gains Moyens Quotidiens des dindonneaux. Les analyses bromatologiques, selon les méthodes officielles approuvées par l'AOAC (1990), ont été réalisées dans le laboratoire du Département des Sciences et Techniques de Production Animale (DSTPA) et celui du Département de Nutrition et Sciences Alimentaires (DNSA) de la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA) de l'Université d'Abomey-Calavi. L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel permettant les comparaisons nécessaires (test de t-Student). Les effets des rations alimentaires sur les différents paramètres étudiés, sont estimés par l'analyse de variance au seuil de 5% à l'aide du logiciel SAS (Statistical Analysis System, version 9.2).

Détermination de la matière sèche et autres nutriments de la ration

Les valeurs nutritionnelles moyennes de la farine d'asticots et des différentes rations alimentaires [en % de la Matière Sèche (M.S.)] ont été calculées sur la base des valeurs de trois analyses consécutives (répétitions) effectuées sur chacun des échantillons prélevés au cours de chaque période d'alimentation. Ces valeurs (pour les rations alimentaires) ont été soumises à une analyse de variance afin de tester l'influence de la farine d'asticots. L'énergie métabolisable (EM) a été estimée à l'aide de la formule I (15).

$$EM = 3951 + 54,4MG - 88,7CB - 40,8CT \quad I$$

avec:

MG= matière grasse;

CB= cellulose brute;

CT= cendres totales (11).

Résultats

Composition chimique de la farine d'asticots et des différentes rations alimentaires

Il ressort des résultats (Tableau 2) des analyses chimiques effectuées, que la farine d'asticots, particulièrement riche en matière azotée totale (39% de MS) et en matière grasse (23,5% de MS) a entraîné une augmentation du taux de ces nutriments dans les rations alimentaires qui y sont pourvues. La ration alimentaire R3 avec 10% de farine d'asticots a été respectivement de 15,4% et

13,5% pour la matière azotée totale (MAT) et de 40,1% et 37,7% pour la matière grasse (MG), plus riche ($p < 0,05$) que les rations R1 et R2 avec respectivement 0% et 5% de farine d'asticots dans leur composition.

Aucune différence significative dans les teneurs en MAT et MG n'a été enregistrée entre les rations R1 et R2. Les teneurs en MAT et MG de la ration R6 (0% farine de poisson et 5% farine d'asticots) servie pendant la période de croissance ont dépassé ($p < 0,05$) respectivement de 3,4% et 40,1% celles de la ration témoin R4 (5% de farine de poisson et 0% de farine d'asticots). Cette dernière ration a été de 38,5% ($p < 0,05$) plus maigre que la ration R5 (2,5% de farine de poisson et 2,5% de farine d'asticots). Les rations R5 et R6 n'ont présenté aucune différence significative dans les teneurs en MAT et MG. La même tendance a été observée avec les teneurs en énergies métabolisables (EM).

Le niveau d'incorporation de la farine d'asticots dans la ration a entraîné une augmentation plus ou moins significative ($p < 0,05$) de l'EM. La ration R3 avec 10% de farine d'asticots a provoqué une augmentation de l'EM de 5,3% supérieure ($p < 0,05$) à la ration R1 et de 4,4% supérieure ($p < 0,05$) à la ration R2. De même, la valeur de l'EM de la ration R6 a été de 5,2% supérieure ($p < 0,05$) à celle de la ration R4 et de 0,7% supérieure ($p > 0,05$) à la ration R5.

Consommation alimentaire des dindonneaux

Les dindonneaux ont consommé en moyenne par tête entre 35 g et 40 g de matière sèche (MS) d'aliment pendant la première semaine d'essai (Tableau 3). Cette consommation a progressé en moyenne de 20 g de MS chez tous les dindonneaux pendant la deuxième semaine, indépendamment de la nature de la ration. Pendant la troisième semaine, la consommation alimentaire des dindonneaux était de 73,6 g; 76,3 g et 75,1 g de MS respectivement pour les lots des rations R1, R2 et R3.

La consommation alimentaire moyenne des dindonneaux nourris avec la ration R1a quasiment doublé de la troisième à la quatrième semaine en passant de 73,6 g à 143,5 g de MS, dépassant ainsi respectivement de 21% et de 20,3% ($p < 0,05$) celle des dindonneaux nourris avec les rations R3 et R2.

Tableau 1

Composition centésimale des rations alimentaires des dindonneaux pendant les périodes de démarrage et de croissance.

| Ingrédients (%) | Rations démarrage | | | Rations croissance | | |
|----------------------|-------------------|------|------|--------------------|------|------|
| | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 |
| Maïs grains | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 |
| Cossette de manioc | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Drêche de brasserie | 10 | 10 | 10 | 15 | 15 | 15 |
| Tourteaux de coton | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Tourteau de palmiste | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Son de maïs | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Coquille d'huître | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| Sulfate de fer | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Pré mix | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| NaCl | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Farine de poisson | 10 | 5 | 0 | 5 | 2,5 | 0 |
| Farine d'asticots | 0 | 5 | 10 | 0 | 2,5 | 5 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Tableau 2

Composition chimique de la farine d'asticots et des différentes rations alimentaires pendant les périodes de démarrage et de croissance des dindonneaux.

| Nutriments (% MS) | Farine d'asticots | Rations alimentaires | | | | | |
|----------------------------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | Période de démarrage | | | Période de croissance | | |
| | | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 |
| Matière sèche | 3,4 ± 6,0 | 92,52 ^a ± 8,13 | 90,06 ^b ± 7,32 | 89,71 ^b ± 7,46 | 91,64 ^a ± 7,96 | 91,10 ^a ± 7,17 | 91,05 ^a ± 8,01 |
| Matières azotées totales | 38,99 ± 4,77 | 14,95 ^b ± 2,86 | 15,29 ^b ± 2,49 | 17,67 ^a ± 3,02 | 12,98 ^b ± 2,01 | 13,17 ^{ab} ± 2,76 | 13,43 ^a ± 2,20 |
| Cendres totales | 6,54 ± 1,89 | 8,02 ^a ± 2,16 | 7,79 ^{ab} ± 2,22 | 6,66 ^b ± 2,00 | 7,32 ^a ± 2,66 | 5,51 ^b ± 1,11 | 5,19 ^b ± 1,04 |
| Cellulose brute | - | 7,19 ^a ± 2,46 | 7,12 ^a ± 2,07 | 7,00 ^a ± 1,99 | 9,42 ^a ± 2,07 | 9,52 ^a ± 2,62 | 9,48 ^a ± 2,17 |
| Matière grasse | 23,53 ± 2,66 | 2,85 ^b ± 0,21 | 3,11 ^a ± 0,17 | 4,76 ^a ± 0,86 | 2,2 ^b ± 0,13 | 3,58 ^a ± 0,81 | 3,67 ^a ± 0,77 |
| Energie métabolizable (MJ/kg MS) | 4539,33 ± 77,11 | 3141,07 ^b ± 70,22 | 3170,81 ^b ± 66,66 | 3317,32 ^a ± 68,13 | 2936,47 ^b ± 62,17 | 3076,52 ^a ± 62,86 | 3098,02 ^a ± 60,07 |

Les valeurs moyennes suivies de différentes lettres sur la même ligne au sein de chaque période alimentaire sont significativement différentes ($P < 0,05$) au seuil de 5%.

Tableau 3

Consommation alimentaire moyenne (g de MS/tête/semaine) des dindonneaux au cours de l'essai.

| Périodes d'essai et types de rations | | Période de démarrage (semaines) | | | |
|--------------------------------------|----|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Rations de démarrage | R1 | 39,78 ^a ± 5,77 | 57,69 ^a ± 8,10 | 73,60 ^a ± 11,36 | 143,53 ^a ± 10,93 |
| | R2 | 34,50 ^a ± 3,89 | 56,47 ^a ± 3,48 | 76,27 ^a ± 13,47 | 114,43 ^b ± 10,8 |
| | R3 | 35,90 ^a ± 4,20 | 57,35 ^a ± 9,61 | 75,06 ^a ± 12,58 | 113,36 ^b ± 6,71 |
| | | Période de croissance (semaines) | | | |
| | | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Rations de croissance | R4 | 165,56 ^a ± 4,42 | 213,2 ^a ± 28,32 | 279,78 ^a ± 28,76 | 307,43 ^a ± 19,12 |
| | R5 | 178,73 ^a ± 15,00 | 224,03 ^a ± 37,80 | 296,13 ^a ± 38,08 | 327,68 ^a ± 34,98 |
| | R6 | 163,32 ^a ± 7,12 | 223,05 ^a ± 32,48 | 277,88 ^a ± 14,91 | 315,70 ^a ± 12,18 |

Les valeurs moyennes suivies de différentes lettres dans la même colonne, au sein de chaque période alimentaire, sont significativement différentes ($P < 0,05$) au seuil de 5%.

La consommation alimentaire moyenne a augmenté de 22,03 g; 64,3 et 50,1 g de MS au cours de la cinquième semaine (1^{ère} semaine de la période de croissance), respectivement chez les dindonneaux nourris avec les rations R4, R5 et R6, sans aucune différence significative entre les différents lots. À partir de la sixième semaine d'essai, les niveaux de consommation alimentaire se sont sensiblement rapprochés dans leur progression chez tous les lots d'animaux pour atteindre respectivement 307,4 g de MS pour le lot nourris avec la ration R4, 327,7 g de MS pour celui nourris avec la ration R5 et 315,7 g de MS pour celui nourris avec la ration R6 à la huitième semaine.

Taux de mortalité des dindonneaux

Le taux de mortalité des dindonneaux soumis à la ration alimentaire R1 formulée avec une protéine animale constituée exclusivement de 10% farine de poisson a été de 31,25% à l'issue de la période de démarrage (Tableau 4).

Ce taux s'est révélé deux fois plus élevé ($p < 0,05$) que celui des dindonneaux nourris avec une ration R3 formulée avec une protéine animale constituée exclusivement de farine d'asticots.

Les dindonneaux ayant consommé la ration R2 composée d'un mélange de 5% de farine de poisson et 5% de farine d'asticots ont affiché un taux de mortalité moyen de 9,38% supérieur ($p < 0,05$) aux dindonneaux de la ration R3. Les taux de mortalité ont connu une baisse remarquable chez tous les lots de dindonneaux à l'issue de la période de croissance, plus particulièrement chez ceux nourris avec les rations R4 et R5.

À ce moment, les dindonneaux de la ration R6 ont affiché un taux de mortalité de 12,5% inférieur ($p > 0,05$) à ceux de la ration R4 et de 1,8% supérieur ($p > 0,05$) à ceux de la ration R5.

Gains Moyens Quotidiens des dindonneaux

Le Gain Moyen Quotidien (GMQ) était de 1,07 g, 1,71 g et 1,22 g respectivement chez les dindonneaux nourris avec les rations R1, R2 et R3 au cours de la première semaine de la période de démarrage (Tableau 5). Le rythme de croissance quotidien a été en constante progression chez tous les dindonneaux, quelque soit la ration alimentaire administrée.

Il s'est amélioré de 61,7%; 10,5% et 76,2% entre la première et la deuxième semaine et de 57,8%, 104,8% et 107,4% entre la deuxième et la troisième semaine, respectivement chez les dindonneaux nourris avec les rations R1, R2 et R3. La quatrième semaine d'essai a été marquée par une légère baisse du GMQ de l'ordre de 21,6%; 36,7% et 10,8%, respectivement chez les dindonneaux nourris avec les rations R1, R2 et R3. Les écarts enregistrés entre les différents lots d'animaux sont restés toutefois statistiquement insignifiants ($p > 0,05$). L'évolution du GMQ s'est poursuivie au cours de la période de croissance en dents de scie chez tous les lots d'animaux. Le GMQ est passé de 3,45 g à 6 g, de 3,51 g à 8,85 g et de 4,84 g 10,02 g de la cinquième à la huitième semaine, respectivement chez les dindonneaux nourris avec les rations R4, R5 et R6.

Discussion

La farine d'asticots comme source de protéine et de matière grasse dans l'alimentation animale a fait l'objet de plusieurs études depuis plusieurs décennies (1, 4). Les teneurs particulièrement élevées en MAT et en MG de la farine d'asticots en ont fait une source alternative aux farines animales habituellement utilisées en élevage. L'utilisation partielle et totale de la farine d'asticots en remplacement de la farine de poisson dans la présente étude a permis de mesurer son importance alimentaire et nutritionnelle sur les performances zootechniques de jeunes dindonneaux.

Les compositions chimiques de la farine d'asticots ont peu varié selon les études. Le taux de 93,4% de MS obtenu dans la présente étude est comparable à celui de 92,5% obtenu par Bouafou sur des asticots vieux de deux jours séchés à l'étuve (1). Il en est de même du taux de 39% de MAT comparé à celui de 41,1% obtenu par Bouafou *et al.* après 12 heures de séchage dans une étuve (4). Ce taux de MAT reste cependant inférieur à celui obtenu par Bouafou *et al.* pour qui, la composition chimique des asticots dépendrait de leur stade de développement larvaire et de la durée de séchage (3).

Tableau 4

Taux de mortalité (%) des dindonneaux au cours des différentes périodes d'essais.

| Périodes d'essais | Rations | | |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | R1 | R2 | R3 |
| Démarrage (4 semaines) | 31,25 ^a ± 3,77 | 25,00 ^a ± 3,12 | 15,62 ^b ± 2,96 |
| Croissance (4 semaines) | R4 | R5 | R6 |
| | 16,66 ^a ± 2,10 | 14,54 ^a ± 2,02 | 14,81 ^a ± 1,99 |

Les valeurs moyennes suivies de différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes ($P < 0,05$) au seuil de 5%.

Tableau 5

Gain Moyen Quotidien (g) des dindonneaux pendant les périodes de démarrage et de croissance.

| Périodes d'essai et types de rations | | Période de démarrage (semaines) | | | |
|--------------------------------------|----|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Rations de démarrage | R1 | 1,07 ^a ± 0,07 | 1,73 ^a ± 0,18 | 2,73 ^a ± 1,04 | 2,14 ^a ± 0,67 |
| | R2 | 1,71 ^a ± 0,35 | 1,89 ^a ± 0,19 | 3,87 ^a ± 0,13 | 2,45 ^a ± 0,17 |
| | R3 | 1,22 ^a ± 0,69 | 2,15 ^a ± 0,55 | 4,46 ^a ± 0,59 | 3,98 ^a ± 0,51 |
| Rations de croissance | | Période de croissance (semaines) | | | |
| | | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | R4 | 3,45 ^a ± 0,17 | 6,19 ^a ± 1,85 | 5,11 ^a ± 0,95 | 6,00 ^a ± 0,30 |
| | R5 | 3,51 ^a ± 1,25 | 6,54 ^a ± 1,67 | 5,57 ^a ± 0,80 | 8,85 ^a ± 1,77 |
| | R6 | 4,84 ^a ± 0,54 | 5,92 ^a ± 0,67 | 5,30 ^a ± 0,65 | 10,02 ^a ± 1,74 |

Les valeurs moyennes suivies de différentes lettres dans la même colonne, au sein de chaque période alimentaire, sont significativement différentes ($P < 0,05$) au seuil de 5%.

Bouafou *et al.* a par ailleurs obtenu un taux de MG de 28,5% contre 23,5% obtenu au cours de la présente étude (4). Les taux de 6,5% et 6,16% de cendre totale obtenus respectivement dans la présente étude et dans celle menée par Bouafou *et al.* après 48 heures de séchage d'asticots vieux de deux jours se sont révélés quasiment identiques (4). Il apparaît que la relative faible teneur en cendre totale de la farine d'asticots a significativement agit sur les teneurs en cendre totale des rations au cours de la période de démarrage et de croissance des dindonneaux. Bouafou a noté que la farine d'asticots est une source alimentaire relativement pauvre en minéraux comparée à la plupart des farines animales (1). La réduction de moitié aussi bien de la farine d'asticots que de la farine de poisson dans les rations R4, R5 et R6 au cours de la phase de croissance a entraîné une diminution des différents nutriments, à l'exception de la cellulose brute.

En effet, cette augmentation de la cellulose brute d'environ 2% pouvait s'expliquer par une

augmentation de 5% de la drêche de brasserie dans toutes les trois rations.

La consommation alimentaire des dindonneaux est restée quasiment identique dans sa progression au cours des trois premières semaines, quelque soit le niveau d'incorporation de la farine d'asticots dans la ration. Cette consommation a remarquablement augmenté au cours de la quatrième semaine indépendamment de la nature de la ration. À cet effet, l'incorporation de la farine d'asticots de l'ordre de 10% en remplacement de la farine de poisson dans la ration alimentaire R3 a considérablement limité l'ingestion alimentaire des dindonneaux. Ce comportement alimentaire peut s'expliquer par la richesse énergétique de la ration favorisée par un taux particulièrement élevé de MG de la farine d'asticots. En effet, les volailles ont en général tendance à réguler leur ingestion alimentaire en fonction de la densité énergétique de la ration (12). Selon Picard une concentration énergétique plus élevée du régime fait baisser l'indice de consommation des poulets quelque soit le climat (16).

De son côté, Bouafou *et al.* ont observé une consommation de matière sèche alimentaire plus faible chez des rats soumis à un régime à base de farine d'asticots comparés aux témoins nourris à base de caséine (3). Avec la réduction de moitié du taux d'incorporation de la farine d'asticots et de la farine de poisson dans les rations à partir de la cinquième semaine (phase de croissance), les quantités ingérées de MS d'aliments ont connu une nette progression chez tous les lots d'animaux sans toutefois présenter des différences significatives entre les lots.

La substitution totale de la farine de poisson par la farine d'asticots dans la ration alimentaire des dindonneaux s'est soldée par la réduction sensible du taux de mortalité à l'issue de la période de démarrage de quatre semaines.

Les dindonneaux ayant reçus une alimentation contenant 10% de farine d'asticots et 0% de farine de poisson ont montré un taux de mortalité significativement inférieur aux témoins (10% de farine de poisson et 0% de farine d'asticots). Chez les rats en croissance soumis à un régime contenant 10% de farine d'asticots séchés, Bouafou *et al.* a pas contre observé des signes pathologiques et a donc conclu qu'à cette teneur, la farine d'asticots dans l'alimentation animale serait mauvaise pour la santé (2).

L'étude des paramètres plasmatiques de rats en croissance ayant consommé de la farine d'asticots séchés à 10% dans un régime n'a pas, selon Bouafou, révélé d'anomalies (1). La ration intermédiaire R2 constituée de 5% de farine de poisson et 5% de farine d'asticots n'a pas permis dans la présente étude de baisser significativement le taux de mortalité des dindonneaux au cours de la phase de démarrage. À l'issue de la phase de croissance qui a également duré quatre semaines,

les taux de mortalité au sein de tous les lots d'animaux ont connu une baisse sensible, plus particulièrement chez les dindonneaux qui avaient été durement affectés. Visiblement tous les dindonneaux étaient devenus moins vulnérables à cet âge.

Le GMQ extrêmement faible des dindonneaux dans la présente étude illustre le rythme de croissance quotidien particulièrement lent de la souche locale. Il est situé globalement entre 1 g et 4 g pendant la période de démarrage et entre 5 g et 10 g pendant la période de croissance. L'utilisation de la farine d'asticots dans la ration n'a pas provoqué une différenciation significative dans le rythme de croissance quotidien des dindonneaux tout au long de l'essai.

Néanmoins, étant donné que la consommation alimentaire avait été significativement plus faible chez les dindonneaux de la ration R3 à la quatrième semaine, on peut déduire que ce traitement à ce moment a été améliorateur de l'indice de consommation.

Conclusion

L'utilisation de la farine d'asticots comme source de protéine animale s'est révélé envisageable dans l'alimentation de jeunes dindonneaux. La substitution de 10% de farine de poisson par la farine d'asticots dans la ration a permis d'augmenter substantiellement les teneurs en MAT et MG. L'amélioration qualitative de la ration a permis de réduire de moitié le taux de mortalité des dindonneaux tout en améliorant l'indice de consommation à travers une baisse significative de la consommation alimentaire. Une substitution de 5% de farine de poisson par la farine d'asticots dans la ration a été certes amélioratrice mais pas assez pour induire une différence significative.

Références bibliographiques

1. Bouafou K.G.M., 2011, Revue bibliographique sur les asticots et leur emploi dans l'alimentation animale, *J. Anim. Plant Sci.*, **12**, 2, 1543-1551. Publication date: 30/12/2011, <http://www.biosciences.elewa.org/JAPS>; ISSN 2071 - 7024.
2. Bouafou K.G.M., Doukoure B., Konan B.A., Amonkan K.A. & Katy-Coulibally S., 2011, Substitution de la farine de poisson par la farine d'asticots séchés dans le régime du rat en croissance: conséquences histologiques et hystopathologiques, *J. appl. Biosci.*, **48**, 3279- 3283, ISSN 1997-5902.

3. Bouafou K.G.M., Zannou-Tchoko V., Konan B.A. & Koame K.G., 2008, Etude de la valeur nutritionnelle de la farine d'asticots séchés chez les rats en croissance, *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, **12**, 2008, 215 – 225 ISSN 1813-3290
4. Bouafou K.G.M. Kouamé K.G. & Offoumoua M., 2007, Bilan azoté chez le rat en croissance de la farine d'asticots séchés, *Tropicultura*, **25**, 2, 70-74.
5. Bouafou K.G.M., 2000, *Mise en place du Tarif Extérieur Commun (T.E.C.) au sein de l'U.E.M.O.A.: Influence sur l'aviculture ivoirienne*. Mémoire de Maîtrise, 35 p.
6. Dèdèhou N., 2008, *Diagnostic zootechnique des élevages villageois du dindon local (Meleagris gallopavo) dans la commune de Ouaké au Bénin*. Mémoire pour l'obtention du grade d'Ingénieur Agronome. Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin.
7. Ekoue S.E. & Hadzy Y.A., 2000, Production d'asticots comme source de protéine pour jeunes volailles au Togo – observations préliminaires, *Tropicultura*, **18**, 4, 212-214.
8. Fanou U., 2006, Première évaluation de la structure et de l'importance du secteur avicole commercial et familial au Bénin. FAO, ECTAD/AGAP. 31.
9. Hofman A., 2000, *Amélioration de l'aviculture traditionnelle aux îles Comores: Impact de la semi-claustration et de la complémentation par une provende locale sur la productivité de la volaille locale*. Mémoire de 3^e doctorat en Médecine Vétérinaire, FMV/Université de Liège, 71 p.
10. Hardouin J., 2005, *Production d'insectes à des fins économiques ou alimentaires: Mini-élevage et BEDIM*. Notes fauniques de Gembloux, **50**, 15-25.
11. Larbier M. & Leclercq B., 1992, *Nutrition et alimentation des volailles. Du Labo au Terrain*. Paris, FRA: INRA Editions, 355.
<http://prodinra.inra.fr/record/114212>.
12. Lessire M., Revol N., Rudeaux F. & Hallouis J.M., 1995, Valeur énergétique des aliments chez la poule pondeuse. *INRA Prod. Anim.*, **8**, 3, 189 – 195.
13. Loa C., 2000, Production et utilisation contrôlées d'asticots. *Tropicultura*, **18**, 4, 215-219.
14. Mensah G.A., Pomalegni S.C.B., Koudjou A.L., Kakpovi J.C.G., Adjahoutonon K.Y.K.B. & Agoundo A., 2007, *Farine d'asticots de mouche, une source de protéines bien valorisée dans l'alimentation des canards de barbarie*. Communication au 1^{er} Colloque de l'UAC des Sciences et Cultures à Abomey-Calavi (Bénin) du 24 au 29/06/2007. Atelier III: Sciences Naturelles et Agronomiques.
15. Ndoye N., 1996, *Etude de la qualité nutritionnelle des aliments de volailles vendus au Sénégal et de l'effet de leur supplémentation en lysine, en méthionine et en lipides sur les performances zootechniques du poulet de chair*. Thèse. Ecole Inter-état des sciences et médecines vétérinaires. Université Cheikh Anta Diop, 105 p.
16. Picard M., Sauveur B., Fenardji F., Angulo I. & Mongin P., 1993, Ajustements technico économiques possibles de l'alimentation des volailles dans les pays chauds. *INRA Prod. Anim.*, **6**, 2, 87-103.
17. Roberts J.A., Gunaratne S.P., Wickramaratne S.H.G. & Chandrasiri A.D.N., 1994, *Proceedings of the Seventh Asian-Australasian Association for Animal Production Congress*, Bali, Indonesia, **2**, 34-35.
18. Sonaiya E.B., Swan S.E.J., FAO (Rome 2004). *Production en aviculture familiale*. ISBN 92-5-205082-5
19. Soukossi A., 1992, Maggot production for fish and poultry production. *ANRPD Newsletter*, **3**, 2, 6.
20. Tiemoko Y. & Tawfik E., 1998, Effects of starter protein level on the growth performance of broiler chicks raised in the humid tropics. *Anim. Res. Dev.*, **30**, 77-83.

B.J. Agodokpessi, Béninois, Ingénieur agronome, Chercheur, Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Département des Sciences et Techniques de Production Animale et Halieutique, Parakou, Bénin

Y. Toukourou, Béninois, PhD, Enseignant-chercheur, Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Département des Sciences et Techniques de Production Animale et Halieutique, Parakou, Bénin.

I.T. Alkoiret, Béninois, PhD, Enseignant-chercheur, 2^{ème} Vice Recteur, Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Département des Sciences et Techniques de Production Animale et Halieutique, Parakou, Bénin.

M. Senou, Béninois, PhD, Enseignant-chercheur, Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Département de production animale, Cotonou, Bénin.

Non-farm Activities and Adoption of Improved Cassava and Beans Varieties in South-Kivu, DR Congo

P.M. Dontsop-Nguezet^{1*}, V. Manyong², T. Abdoulaye³, A. Arega⁴, M.S. Amato⁵, J.H. Ainembabazi⁶, D. Mignouna² & C. Okafor¹

Keywords: Adoption- Improved cassava and Beans varieties- Non-farm activities- South-Kivu- DR Congo

Summary

Non-farm activities have been generally considered as important strategy for overcoming credit constraints faced by rural households as well as for reducing poverty through income effect. This paper employs binary probit and average treatment effect to estimate the impact of participation in non-farm activities on adoption of improved cassava and beans varieties in South-Kivu, DR Congo. Results showed on one hand that the participation rate in non-farm activities in South-Kivu was 38% and 52.1% respectively for crafts and small businesses. On the other hand, the rate of adoption of new cassava and beans varieties were 14 and 28% respectively. Factors affecting the adoption rate were gender, education, household size, the presence of non-farm activities, household assets in terms of livestock owned, market access and access to the information on new technologies. These results demonstrate the tendency of rural households to include the practice of non-farm activities among their strategies for survival and diversify their sources of income or supplement farm income. Results of this study indicate a positive relationship between engagement of rural households in non-farm activities and their propensity to adopt improved varieties. There is still a huge gap between potential adoption rate and actual rate of adoption for cassava and beans improved varieties in the study area. Therefore, actors involved in the development of the agricultural sector have to be aware of the importance of these factors even when they are working for the promotion of purely agricultural activities.

Résumé

Les activités non agricoles et l'adoption de variétés améliorées de manioc et de haricot dans le Sud-Kivu, en RD Congo

Les activités non agricoles sont généralement considérées comme une importante stratégie pour surmonter les contraintes des ménages ruraux pour l'obtention de crédit ainsi que pour réduire la pauvreté à travers l'effet revenu. Cette étude analyse un probit binaire et l'effet moyen de traitement pour quantifier l'impact de la participation des ménages aux des activités non agricoles sur l'adoption des variétés améliorées de manioc et de haricot au Sud-Kivu, en RD Congo. Les résultats ont montré, d'une part, que le taux de participation aux activités non agricoles au Sud-Kivu était de 38% et 52,1% respectivement pour l'artisanat et le petit commerce. D'autre part, les taux d'adoption de nouvelles variétés ont été respectivement de 14% et 28% pour le manioc et pour le haricot. Les facteurs influant sur le taux d'adoption sont le genre, l'éducation, la taille du ménage, la présence d'activités non agricoles, les actifs des ménages en termes de possession de bétail, l'accès au marché et l'accès à l'information sur les nouvelles technologies. Ces résultats montrent une tendance des ménages ruraux d'inclure la pratique d'activités non agricoles parmi leurs stratégies de survie et de diversification comme autres sources de revenu. Les résultats montrent une relation positive entre l'engagement des ménages ruraux dans les activités non agricoles et de leur propension à adopter les variétés améliorées.

¹International Institute of Tropical Agriculture, Bukavu, DR Congo.

²International Institute of Tropical Agriculture, Dar Es Salaam, Tanzania.

³International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria.

⁴International Institute of Tropical Agriculture, Lilongwe, Malawi.

⁵Evangelic University in Africa, Bukavu, DR Congo.

⁶International Institute of Tropical Agriculture, Kampala, Uganda.

*Corresponding author: E. Mail: P.Dontsop@cgiar.org

Received on 17.11.15 and accepted for publication 21.12.15

Il existe, toutefois, un grand écart entre les taux d'adoption potentiels et les taux réels observés pour les variétés améliorées de manioc et de haricot dans la zone d'étude. Par conséquent, les acteurs impliqués dans le développement du secteur agricole doivent être conscients de l'importance de ces facteurs, même s'ils travaillent pour la promotion d'activités purement agricoles.

Introduction

Non-farm activities have been generally considered as important strategy for overcoming credit constraints faced by rural households (5, 8, 18, 32) as well as for reducing poverty through increase in income (4, 16, 21,). They are found to be particularly important for poor smallholder farmers who are pushed out of agriculture due to limited and poor land resources. However, the literature on their effect on farming decisions is limited and presents mixed conclusions with respect to empirical evidence of the linkage between the farm and non-farm activities.

Studies show that non-farm income activities are a good substitute for borrowed capital in rural economies where credit markets are either missing or dysfunctional (16). In addition, non-farm work may serve as collateral to facilitate access to credit by small-scale farmers (5). Generally, non-farm activities are expected to provide farmers with liquid capital for purchasing productivity enhancing inputs such as improved seeds and fertilizers (11, 37). However, pursuit of non-farm activities by farmers may undermine their adoption of modern technologies (especially labor-intensive technologies) by reducing the amount of household labor allocated to farming enterprises (18). Despite its impressive natural and climatic resources (80 million ha of arable land) suitable for high levels of agricultural productivity (receiving annually more than 8 months of rain), the agricultural sector in the Democratic Republic of Congo (DRC) is unable to ensure food self-sufficiency and enhance the socio-economic development of the country.

Annual food production is considerably below 20 million t although the estimated total demand is 25 million t (14). This gap is filled by imports from neighboring countries and Europe. To reverse this trend, the development of improved technologies including seeds and practices has been one of the prioritized strategies in recent years to meet the challenge of low productivity since the expansion of cultivable land is no longer a viable option in the medium and long term (10). This strategy is seen as a means to increase agricultural productivity, ensure food security, increase farm income, and, in turn, reduce poverty. However, the success of this strategy is based on the widespread use of new technologies. Evidence shows that although these technologies have the capacity to improve productivity and profitability, the level of their use is generally low, estimated at 34% in the region covered by the project titled Consortium for Improving Livelihoods in Central Africa (CIALCA) (28). Difficulties in accessing agricultural credit by smallholder farmers are among the reasons explaining this low rate of adoption. At the same time, the region is experiencing a resurgence of much more lucrative non-farm activities in the rural areas. Some analysts have argued that non-farm income sources may already account for as much as 40-45% of the average rural household's income in many developing countries (5, 30). Most recently, in a study in Nigeria, (35) showed that they represented about 78% of rural incomes. This growing involvement is justified partly by "attraction" factors such as high returns and "constraint" factors such as inadequate agricultural income (6).

This paper contributes to the literature by testing the hypothesis that smallholder farmers' participation in non-farm activities reduces the credit constraint they face and increases their adoption intensity of improved agricultural technologies such as fertilizer, improved seeds, and practices. Specifically, the study aims at showing evidence of the effect of participation on the adoption of improved varieties of cassava and beans which are among the five most grown crops in the region as well as the level of crop commercialization on such adoption.

Non-farm income activities and improved technologies in South-Kivu

Agriculture remains the main employment and income-generating activity and accounts for 45% of GDP in the DRC (38). However, the sector has not been capable of helping farmers to generate enough income to satisfy their basic needs and create sufficient gainful employment opportunities for the increasing population in South-Kivu. This situation has led to the resurgence of the non-farm sector which is becoming increasingly important. Smallholder farmers face decisions every day on how to optimize their land use. Such decisions include discrete choices of adopting modern technologies intended to increase farm production and profit. However, the tryout (adoption) rate has been low despite the desirable impacts of new varieties of cassava and beans (the major crops in the area) and the considerable energies put into persuading farmers to adopt those (23). The choice of technology adoption was assumed to have been affected by a combination of conditions, socioeconomic, institutional (including access to credit), and agro climatic. In South-Kivu, a region with poor soil fertility and devastated by many years of civil war and political instability, farmers face serious credit constraints due to their poverty status coupled with a lack of collateral and the risky nature of agricultural activities. To these challenges is added the limited or dysfunctional agricultural credit market in the area. These have effects on the farmers' capability to invest in household basic needs, such as food, health, school fees for their children, as well as improved agricultural inputs.

As a result, households in the area are increasingly diversifying their sources of income through expanding the base of non-farm activities as a way to tackle these challenges, relax agricultural credit constraints, and foster the impetus to achieve sustained income through increased adoption of improved technologies. Careful examination shows that the major non-farm activities in South-Kivu include full-time and part-time labor, small commerce, crafts, and mining (28). Out of this wide range, handicrafts and small commerce emerge as major non-farm activities practiced by the smallholder farmers which are the non-farm activities considered in this paper. Small businesses in this paper consist of the detailed product sales of miscellaneous items such as salt, matches, sugar, soap, vegetables, oil, flour, eggs, oil, or beer. It is important to note that the sale of harvested produce by farmers was not considered here as a small business activity. Crafts are defined as the exercise of a manual art business and in this study consisted of the production of items such as baskets, ropes, mats, mortars, and pestles. Different improved agricultural technologies have been introduced in south-kivu since 2006 through the CIALCA project with a set of soil fertility management practices (that necessarily include the use of fertilizer and organic inputs) and improved germplasm, combined with the knowledge on how to adapt these practices to local conditions. The aim was to maximize the agronomic use efficiency of the applied nutrients and improve crop productivity, a process known as Integrated Soil Fertility Management (ISFM) (23).

Although each component can have a positive contribution to soil fertility and crop productivity, the aim was to integrate multiple technologies to exploit complementarities among them. Mineral fertilizer use, planting in rows, and several improved crops varieties were introduced through the project (28). The program set up demonstration trials on the participants' plots to show differences between the traditional practice and the use of improved ISFM technologies. These included improved varieties of grain legumes, cassava, and maize, specific crop arrangements ("row planting"), and mineral fertilizer application: these are the technologies to which this study refers.

Materials and methods

Theoretical and empirical framework

Definitions from several authors agree that non-farm activities are a range of activities carried out in the rural area with the exception of those related to agricultural production, livestock, forestry, hunting, and fishing which constitutes the non-farm rural economy (6, 24).

These income-generating activities may be related to types of employment or self-employment that are not agricultural although carried on in rural areas. The decision by a household to participate in any of these activities as well as to adopt a given technology falls within the theoretical framework of "household model" which considers the household as both producer and consumer. As producer, the household seeks to maximize profits by choosing between different groups of income-generating activities in relation to its resource endowments and the prices of products and goods. As consumer, the household maximizes its utility by choosing between different levels of consumption and leisure, given the budget constraints. However, consumption decisions become non-separable in the case of market imperfect production, implying that households maximize utility, given their resources, the available technology, market access, and prices (36).

The interaction between participation in non-farm activities and the decision to adopt a given technology is dependent on liquidity constraints or access to credit (12, 27) and risk aversion. Considering the credit market failure these authors suggest that the low level of liquidity reduces, to a large extent, the choices of production possibilities. Thus, the farmer needs non-farm activities to finance the establishment of agricultural production as demonstrated by in their household model. The growth of non-farm activities reduces the stress of the need for credit and liquid assets for agricultural production and can therefore boost the competitiveness of agriculture (39).

Adoption impact is perceived as the change in farmers' adoption rates due to their participation in non-farm activities. In an assessment based on

non-experimental observations, adopting and non-adopting households may be systematically different. This is because participation in non-farm activities is not randomly distributed between the two categories as households themselves decide whether to participate or not in these activities on the basis of "constraints" and "attraction" factors. This result in the problem of selection bias attached to observable household characteristics which may stain the results with errors (9). To correct for this problem of selection bias economists use the non-experimental approach based on economic and econometric theories which minimizes potential errors in estimating impact (9, 11). To achieve this, it is imperative to follow the canonical model of evaluation introduced by Rubin (33).

Let the adoption output indicator be y , W be a binary variable which takes a value of one ($W_1 = 1$) if the individual participated in at least one non-farm activity and zero ($W_0 = 0$) if otherwise. Correspondingly, let Y_1 and Y_0 be two random variables that represent the two potential adoption statuses. The causal effect of participation for this individual is the difference between Y_1 and Y_0 as shown in equation (I):

$$\Delta Y = Y_1 - Y_0 \quad (I)$$

The causal effect has two important features: it is unobservable since only one of the two potential variables is observed for each individual (either Y_1 or Y_0) implying missing data called "counterfactual"; and it is individual, and thus there is a distribution of the causal effect in the population (9, 33). Nevertheless, due to the assumption of conditional independence between Y_i and W_i ($i = 0, 1$), an average causal treatment effect (ATE) can be determined in a population as shown in equation II (32), which measures the impact of participation of an individual drawn at random from the population. It is also equal to the average impact of participation in the entire population (9).

$$ATE = E(Y_1 - Y_0) \quad (II)$$

We could also determine the average treatment effect in the sub-population of participants (ATE1) which is given by equation III:

$$ATE1 = E(Y_1 - Y_0 / W = 1) \quad (III)$$

Specifically, with W_i , the observed variable of interest (Y) can be written as in equation IV:

$$y = (1 - W)Y_0 + WY_1 = Y_0 + W(Y_1 - Y_0) \quad (IV)$$

Assuming that the treatment variable W_i is statistically independent from (Y_1, Y_0) , as is the case when the treatment is random, the estimation of ATE becomes simple with the use of equation (IV) (11). Under this independence assumption, ATE and $ATE1$ are obtained by the difference between the mean of Y for participants and non-participants. The challenge we face, however, is that the independence assumption is relevant only in the case of randomized experimental design and may not apply in our case where participation in a non-farm activity depends to a large extent on the socioeconomic characteristics of individuals as well as the benefits the individuals expect from the activity (34, 40). The consistent estimate of ATE and $ATE1$ requires a correction for this bias. This correction can be obtained through the use of parametric, semi-parametric, or non-parametric methods. This paper uses the semi-parametric method to control for certain restrictive assumptions resulting from the statistical distribution of the variables of interest; see (11) for mathematical details.

This method reduces the bias due to the difficulty related to the counterfactual.

Rosenbaum and Rubin (32) show that if, in addition to the assumption of conditional independence,

$$P(x) = Pr(w = 1/x) = E(w/x)$$

satisfies the condition: $0 < P(x) < 1$, then, ATE and $ATE1$ can be written as in equations V and VI:

$$ATE = E\left(\frac{(w - P(x))y}{px(1 - p(x))}\right) \quad (V)$$

$$ATE1 = \frac{1}{p(w=1)} E\left(\frac{(w - P(x))y}{px(1 - p(x))}\right) \quad (VI)$$

To estimate equations 5 and 6, we first estimate $P(x)$ by a *Probit* or *Logit regression* model (9) and then use the estimated $P(x)$ values to obtain ATE and $ATE1$ in replacing the conditional expectation by the finite sample, as shown in equations VII and VIII:

$$ATE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \frac{[w_i - p(x)]y_i}{p(x)[1 - p(x)]} \quad (VII)$$

$$ATE1 = \left[N^{-1} \sum_{i=1}^N w_i \right]^{-1} \sum_{i=1}^n \frac{[w_i - p(x)]y_i}{p(x)[1 - p(x)]} \quad (VIII)$$

where W_i is the participation status of i^{th} individual; Y_i is the variable of interest (level of adoption), N is the sample size.

Empirical specification

In this paper, we use the binary logit model for both decisions of a farm household, whether to participate in non-farm activities and to adopt a technology package. A literature review brings out the fact that, with few differences, the determinants of participation in non-farm activities are also the factors determining the farmers' adoption of technological packages (11, 34, 40). Therefore, the specification of these two models (adoption and participation) is made at the same time in this section. The empirical models of participation noted "p" and adoption noted "a" are specified in equation IX.

$$Y(p, a) = f(I, M, AM, RN, RM) \quad (IX)$$

Where Y_p and Y_a are the dependent variables referring to participation in non-farm activities (petty trade and crafts) and the adoption of new varieties of cassava and beans. Other variables (I , M , AM , INF and RM) are groups of independent variables including factors that may affect the dependent variables.

Data used and description of variables

The data used in this paper were collected from 19 June 2006 to 21 February 2007 in northern Walungu and southern Kabare in South-Kivu. Villages and farms were selected with a two-stage stratified random cluster sampling strategy (23). To correct for oversampling, we use sampling weights, calculated as the inverse of the probability that the farm-household is selected in the sample. The total sample includes data from 475 farm-households. The questionnaire consisted of modules on different topics, including agronomic and socio-economic questions.

Respondents were asked about their awareness and use of improved agricultural technologies, specifically those introduced by the project, as well as non-farm income activities.

Explanatory variables included in the binary models were classified into five groups: farmer's individual characteristics, household's characteristics, household's assets and resources, institutional factors, and extension services. They are defined (Table 1) along with the expected signs on their coefficients. The dependent variable is adoption of improved beans or cassava varieties; the discriminating variable is participation in non-farm activities (petty trade and crafts). Participation here is a dichotomous variable taking the value 1 if the household participates in at least one of the non-farm activities studied and 0 otherwise. Adoption of new varieties is the binary variable that indicates the status of use of the improved varieties by the household during the growing season considered by the survey. It takes the value 1 if the farmer grows at least one improved variety and 0 otherwise. Prior expectations about the relationship of the explanatory variables to technology adoption are based on theoretical underpinnings and also previous empirical results. Education increases a farmer's sense of innovation and the capacity and facility to assess new technologies and therefore positively affects the use of new technologies. In addition, it influences both participation and income from non-farm activities (11, 29). Men would be more likely than women to adopt new agricultural technologies (11, 26). Women are more likely to engage in activities requiring the small amount of capital that can be derived from a loan or from their own accumulated savings. This fact makes them the social group most engaged in non-farm activities. The farmer's decision to adopt new technologies to use is associated with a certain level of risk and younger farmers are willing to take more risks than older farmers (11). The relationship between age and participation in non-farm activities is mixed. Non-farm activities generally require a certain level of ability, mobility, and training but, as pointed out by Zahanogo (40), the probability that rural households will diversify their income through non-farm activities increases with age.

In addition, some non-farm activities, such as crafts, can be well adapted to the situation of elderly farmers. Several studies confirm that large households adopt new technologies more often than smaller households (1, 13). In terms of participation, several studies have found a positive relationship between household labor allocation and non-farm activities (7). (69) argues that households with married heads have greater nutritional needs that push them to improve their agricultural production through the adoption of high yielding varieties. Several studies show a positive relationship between this variable and both adoption of new technologies and participation in non-farm activities (34, 40).

In Africa, several studies have argued that land has a positive impact on the likelihood of participation in non-farm activities as well as on adoption of improved varieties and the biggest landowners are those who receive the largest share of income from non-farm activities (21). However the sign of the relationship between the area owned and adoption varies in functions of socioeconomic and geographic contexts (26). According to Lay *et al.* (25), the number of livestock has also proved to be an important determinant of participation in non-farm activities. However, possession of livestock can have two opposite effects (34). In terms of the probability of adoption it has a positive relationship with the number of cattle available to the household. The characteristic of location and access to infrastructure is an important factor both for participation as well as for adoption (3). Better access to market and credit will therefore increase the propensity of households to adopt the technology available at the same time as their propensity to participate in non-farm activities (12, 21, 34). In most cases, participation in non-farm activities positively affects the probability of adopting agricultural technologies (21, 26). When producers are well monitored by the extension service this eventually leads to a change in their decision in favor of the new technology. Contact with extension agents facilitates access to information and promotes the adoption of innovations (12).

Table 1
Summary statistics of variables and their expected signs.

| Variables | Definition | Expected sign |
|--|---|-------------------|
| Individual characteristics | | |
| Age | Age of the household in years | Positive/Negative |
| Gender | 1 if the farmer is male; 0 otherwise | Positive |
| Marital status | 1 if the farmer is married; 0 otherwise | Positive |
| Formal education | 1 if the farmer has formal education; 0 otherwise | Positive |
| Household characteristics | | |
| Household size | Number of family members | Positive |
| Number of children enrolled in school | Total number of children enrolled in school | Positive |
| Household assets | | |
| Number of livestock | Total number of livestock owned measured in TLU | Positive |
| Total land owned | Total land area owned by the household in ha | Positive/Negative |
| Access to infrastructures | | |
| Access to credit | 1 if the farmer has access to credit; 0 otherwise | Positive |
| Access to market | Frequency of monthly visits to the market | Positive |
| Has non-farm revenue | 1 if the farmer has access to credit; 0 otherwise | Positive/Negative |
| Relations with extension services | | |
| Information on new technologies | 1 if the farmer has an adequate source of water for irrigation; 0 otherwise | Positive |

Belonging to a farmers' association allows contact with support structures or extension and the exchange of ideas among producers and facilitates access to reliable information on innovations.

Results and discussion

Table 2 contains the descriptive statistics of the variables for participants and non-participants in non-farm activities and shows that young people were more engaged in petty trade while older people were engaged in crafts. Farmers' characteristics such as education, gender, age, marital status, household size, and market access vary significantly across different groups. It is also observed that households who participated in small businesses as well as in crafts were those with large household sizes. This can be attributed to the fact

that having a high number of members increases the probability of such households participating in non-farm activities (34). Large households rely on their members to generate additional income. Women engaged more in small businesses than in crafts but were less engaged in non-farm activities than men. Also noteworthy is the fact that the proportion of farmers with formal education was higher among non-participants. Furthermore, non-participants in any of the non-farm activities had better access to credit and information on new varieties than those who participated. Market access was unequally distributed among participants and non-participants but households with easy access who visited markets more frequently were also those who participated most in at least one of the non-farm activities. Table 3 also summarizes the frequency of farmers adopting each non-farm activity in South-Kivu.

Table 2
Socio-economic characteristics of households by participation status.

| | Crafts | | | Small businesses | | | All | | |
|---|--------------|------------------|---------------------------------|------------------|------------------|---------------------------------|--------------|------------------|---------------------------------|
| | Participants | Non-participants | ^b Test of difference | Participants | Non-participants | ^b Test of difference | Participants | Non-participants | ^b Test of difference |
| Number of respondents | 30 | 437 | - | 152 | 315 | - | 192 | 278 | - |
| Percentage | 7 | 93 | -18.58*** | 38 | 62 | -5.18*** | 41 | 59 | |
| Average age | 49,6 | 45,1 | -1,63 | 41,8 | 47,1 | 3.70*** | 43,3 | 46,8 | 2.55** |
| % Female | 3,4 | 96,6 | - 2.40** | 41,1 | 58,9 | -3.54*** | 51,4 | 39,6 | -2.47** |
| % Married | 7,2 | 92,8 | -1,38 | 39,2 | 60,8 | -6.45*** | 51,5 | 90,2 | -7.09*** |
| % Formal education | 8,2 | 91,7 | - 1.68* | 38 | 61,9 | -2.62*** | 55,5 | 63 | -1,64 |
| Average number of children enrolled in school | 2,5 | 2,3 | -0,69 | 2,3 | 2,3 | 0,1 | 2,3 | 2,3 | -0,24 |
| Average total land owned | 1,9 | 0,8 | - 3.88*** | 0,9 | 0,8 | -0,79 | 0,9 | 0,7 | -1,49 |
| Number of livestock owned | 0,3 | 0,4 | 0,27 | 0,4 | 0,3 | -1,04 | 0,4 | 0,3 | -0,98 |
| Household size | 9,6 | 7 | - 4.12*** | 8,2 | 6,7 | - 4.63*** | 8,2 | 6,6 | -5.41*** |
| % Access to credit | 1,3 | 98,7 | 4.43*** | 31,4 | 68,5 | 0,5 | 64 | 54,5 | 2.09** |
| Market visit frequency | 6,4 | 3,6 | - 2.84*** | 5,1 | 3,1 | - 3.90*** | 3,6 | 2,6 | -3.62*** |
| % Access to information | 8,3 | 91,7 | -1,64 | 31,5 | 68,4 | -0,43 | 58 | 60,1 | -0,45 |

Note: *** Significant at 1%; ** Significant at 5%; * Significant at 10%.

^bRepresents the probability of student T test between different groups.

Table 3
Rate of participation in non-farm activities in the study area.

| Territory | Study area | Participation | | All |
|-----------|------------|---------------|------------------|---------------------|
| | | Crafts | Small businesses | Non-farm activities |
| Kabare | Kabamba | 34(19.4%) | 54(22.2%) | 57(20.7%) |
| | Luhihi | 40(22.9%) | 52(21.4%) | 58(21.0%) |
| | Lurhala | 37(21.1%) | 49(20.2%) | 67(24.3%) |
| Walungu | Karhongo | 23(13.1%) | 35(14.4%) | 34(12.3%) |
| | Burhale | 40(22.9%) | 53(21.8%) | 60(21.7%) |
| Total | | 175(38%) | 243(52.1%) | 276(59.2%) |

Note: The figures in parentheses represent the percentages.

A majority of farmers (59.2%) in the sample participated in non-farm activities; 52.1% were involved in small businesses and 24% in handicrafts.

The two groupments Lurhala (24.3%) and Burhale (21.7%) were distinguished by their high rate of participation and Karhongo had the lowest rate (12.3%). The estimated coefficients of the parameters and the marginal effects in the binary probit model are summarized (Table 4). The LR chi² of 95,65 is greater than the χ^2 -critical value at 1% level of significance, which suggests that the Probit model is an adequate representation of the data. Among the variables representing farmers' characteristics, significant factors in the choice of the new improved crops were household size, number of children educated, presence of non-farm income, level of household wealth expressed by the access to information on new technologies, gender, and education level of the farmers. As expected, more male farmers tend to adopt new varieties than female farmers. This result corroborates those of several empirical studies. These have argued that women have a low probability of adoption of agricultural technologies and attributed this to their limited access to information on innovations and inputs (11). Household size positively influenced the adoption of the new varieties but the significance was observed only for beans at 5%. It increases the workforce while reducing related costs and thereby encourages the adoption of new technologies (12, 13). The marginal effect indicates that the adoption of improved beans varieties would increase by 1.8% if the household size increased by one person. The number of children who attended school in the household is significantly and positively correlated with the probability of adopting improved varieties of cassava (at 5%) and beans (at 1%) and complements the education level of the decision-maker in the household. Children who receive a certain level of education are more likely to understand the performance of new varieties and propose them to their family. However the presence of a large number of children attending school can push the household to adopt improved varieties so as to make more income to cover school fees. In

addition, a further increase of the number enrolled in school would increase the adoption of improved varieties of beans by 4.1% and of cassava by 1.7%. As hypothesized, the presence of a non-farm income source in the household positively and significantly (at 5%) influenced the use of the improved varieties. Households with non-farm activities therefore have a higher propensity to adopt new varieties of the studied crops. These results are in the same direction as those of (26) who found that the presence of non-farm activities increases the propensity to adopt new agricultural technologies. Farmers who are better educated have greater ability to process information and search for beans technologies suitable for their production constraints than those who are not educated. Unexpectedly, this variable is inversely related to the adoption of cassava technology at the 5% significance level but has a low marginal effect. Household assets (wealth) represent to a farmer not only a guarantee against the risk inherent in the use of new technologies but also a source of cash for the purchase of agricultural inputs. The number of livestock as an asset of the household positively influences the adoption of improved varieties of the two crops. Market access promotes very significantly (1%) the adoption of improved bean varieties. Other empirical studies have indicated that market access facilitates access to information on new varieties and promotes the orientation of the production to the market. Access to information on new varieties was found to drive positively the adoption of new technologies. Several authors have demonstrated empirical evidence of the positive role that information plays in the adoption behavior of farmers. Diagne and Demont (9); and Dontsop Nguetzet *et al.* (11) found that considerable knowledge of the technology by the farmer could lead to a higher rate of adoption. With the same aim to capture the access to information, (29) found that contact between producers and extension agents and information about innovations including new high-yielding varieties are important in adoption.

Table 4
Drivers of adoption of improved cassava and beans varieties in South-Kivu.

| | Beans | | | Cassava | | |
|--|----------|-----------|------------------|-----------|-----------|------------------|
| | Coef. | Std error | Marginal effects | Coef. | Std error | Marginal effects |
| Age of the household head | -0,041 | 0,505 | -0,007 | 0,933 | 0,06 | 0,008 |
| Gender of the household head :1 if female and 0 otherwise | - 0.479* | 0,268 | - 0.082* | 0,263 | 0,328 | 0,024 |
| Marital status: 1 if the household head is married and 0 otherwise | 0,489 | 0,361 | 0,078 | 0,372 | 0,049 | 0,031 |
| Household size | 0.105** | 0,04 | 0.018** | 0,048 | 0,323 | 0,004 |
| Formal education: 1 if the household head has a formal education and 0 otherwise | 0.434* | 0,26 | 0.076* | - 0.674** | 0,078 | - 0.062** |
| Number of children that have attended school | 0.233*** | 0,065 | 0.041*** | 0.186** | 0,178 | 0.017** |
| Access to credit | 0,003 | 0,247 | 0 | 0.663** | 0,31 | 0.061** |
| Frequency of visits to market | 0.126*** | 0,041 | 0.022*** | -0,086 | 0,055 | -0,007 |
| Access to information on improved technologies | 1.004*** | 0,262 | 0.176*** | 1.128*** | 0,338 | 0.106*** |
| Number of obs. | | 447 | | | | 443 |
| LR chi2(11) | | 95.65*** | | | | 49.36*** |
| Prob> chi2 | | 0 | | | | 0 |
| Pseudo R2 | | 0,1876 | | | | 0,1404 |
| Log likelihood | | -207,019 | | | | -151,055 |

Note: *** Significant at 1%; **Significant at 5%; *Significant at 10%.

Table 5
Semi-parametric estimation of the population parameters of adoption rate.

| Activity | Culture | Estimated parameters | | | | | | Obs |
|------------------|---------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------|-----|
| | | ATE | ATE1 | ATE0 | JPA | GAP | PSB | |
| Small businesses | Beans | 0.52*** (-0.05) | 0.54*** (-0.07) | 0.50*** (-0.06) | 0.28*** (-0.03) | -0.25*** (-0.03) | 0,01 -0,04 | 457 |
| | Cassava | 0.43*** (-0.06) | 0.39*** (-0.06) | 0.45*** (-0.07) | 0.14*** (-0.02) | -0.28*** (-0.04) | -0,03 -0,04 | 456 |
| Crafts | Beans | 0.74*** (-0.08) | 0.76*** (-0.09) | 0.73*** (-0.09) | 0.28*** (-0.03) | -0,46*** (0,06) | 0,01 -0,02 | 457 |
| | Cassava | 0.43*** (-0.06) | 0.39*** (-0.06) | 0.45*** (-0.07) | 0.14*** (-0.02) | - 0.28*** (-0.05) | 0,03 -0,04 | 457 |

Note: *** p<0.01; ** p<0.05; * p<0.10. The figures in parentheses represent the robust standard errors; Obs.: Number of observations.

In the above result, the participation in non-farm activities is captured as a variable in the adoption model. Hence it may be subjected to the endogeneity problem since the direction of the relationship between adoption and non-farm income is debatable.

In addition, even if no problem of endogeneity is assumed, Table 4 does not give the magnitude of the impact on adoption rate of participation in non-farm income activities. Table 5 presents the summary of the semi-parametric estimation of the population parameters of adoption using participation in non-farm income activities as the instrumental variable. Following (9) we therefore estimate the causal effect of participation in non-farm activities (small businesses and crafts) on the adoption of new varieties of cassava and beans using the parameters of the average treatment effect (*ATE*). The semi-parametric method was used to obtain the propensity scores and the results are presented (Table 5). The actual adoption rate which represents the current demand for those varieties while considering participation in non-farm activities (*JPA* Joint participation and adoption) was 28% for beans and 14% for cassava. The average treatment effects (*ATE*), which reflect the potential adoption rates in the population if all households participated in non-farm activities, were estimated. The observed values of this parameter for their participation in crafts were 74% for beans and 43% for cassava. Those observed for the participation in small businesses were 52% for beans and 43% for cassava. The rate of cassava adoption remained constant (43%) for the two non-farm activities. This constancy is confirmed when the parameter of *GAP* which is the difference between the potential and the current adoption rates (*JPA* Join participation and adoption) is examined. The differences show that unconstrained participation in petty trade as well as in crafts would improve the rate of cassava adoption by 28%. For beans, however, the value of *GAP* varies considerably from 25% (small businesses) to 46% (crafts). Crafts thus appear to be an activity where participation would affect very strongly and significantly the adoption of new bean varieties.

This is explained by the fact that some craft activities are directly related to agriculture which provides them with raw materials, unlike small businesses which consist of the buying and reselling of goods, whether agricultural or not.

In addition, *ATE1* and *ATE0* parameters express the potential adoption rate among participants and non-participants. The values of these parameters show that unconstrained non-agricultural activities have greater effects among participating farm households than those who do not participate.

It is pertinent to note that the population selection biases (*PSB*) are low (range 2-3%) and not significant. This gives more confidence to the *ATE* parameters, certifying that they play a full primary role which is to reduce or eliminate selection bias (32).

Taking into account the constant changes observed in the rural world, these results have shown that participation in non-farm activities enhances adoption; it is a good strategy to relax the credit constraint faced by smallholder farmers in South-Kivu in acquiring improved seeds. Therefore the expansion of non-agricultural activities is essential in the process of modernizing agriculture to increase productivity.

Conclusion

This paper used the Probit and average treatment effect to estimate the potential impact of participation in non-farm activities on the adoption of improved beans and cassava varieties in South-Kivu, DRC. Results showed that the participation rate of households in non-farm activities in the area concerned was 38% for crafts and 52.1% for small businesses. However, the rates of adoption of these new varieties were 14% for cassava and 28% for beans. Factors affecting the adoption rate as determined based on a logistic regression were found to be gender, education, household size, the presence of non-farm activities, household assets in terms of livestock owned, access to market and to information on new technologies. These results demonstrate the tendency of rural households to include the practice of non-farm activities among their strategies to modernize farm production for survival and to diversify their sources of income or to supplement farm income.

This study also indicates that there is still a huge gap between the potential adoption rate (with unconstrained participation) and the actual rate of adoption for both crops studied. The differences observed for beans adoption were 25% (for small business) and 46% (for crafts) and are averagely larger than the 28% observed for cassava. These results show a positive relationship between the engagement of rural households in non-farm activities and their propensity to adopt improved varieties. This link could happen through the re-investment of non-farm income in agricultural innovations and there is a reduction of the risk in agricultural innovation through the diversification of income sources. The involvement of the farmers' households in non-farm activities may reduce the amount of additional labor for agriculture.

Therefore, the different actors involved in the development of the sector through projects and programs are expected to consider these non-farm activities even when they are working to promote purely agricultural technologies.

Acknowledgements

We are grateful to staff from national and Regional Research Centers and development actors who were consulted during the surveys and who assisted in data collection. We greatly appreciate the financial support from the Directorate General for Development (DGC), Belgium which has funded CIALCA since 2006.

Literature

1. Abdulai A., Owusu V. & Goetz R., 2011, Land tenure differences and investment in land Improvement measures: Theoretical and empirical analyses. *J. Dev. Econ.*, **96**, 1, 66–78.
2. Adégbola P.Y. & Adékambi S.A., 2008, *Taux et déterminants de l'adoption des variétés améliorées d'igname développées par l'IITA*. Rapport d'étape. 31.
3. Atamanov A. & Van den Berg M., 2012, Rural Nonfarm Activities in Central Asia: A Regional Analysis of Magnitude, Structure, Evolution and Drivers in the Kyrgyz Republic, *Europe-Asia Studies*, **64**, 2, 349-368.
4. Awoyemi T.T., 2004, *Rural non-farm and poverty reduction in Nigeria*. A report submitted to AERC, Nairobi, Kenya.
5. Barrett C.B., Reardon T. & Webb P., 2001, Non-farm Income Diversification and Household Livelihood Strategies in Rural Africa: Concepts, Dynamics, and Policy implications, *Food Policy*, **26**, 315-331.
6. Davis J., 2006, Rural non-farm livelihoods in transition economies: emerging issues and policies, *Electron. J. Agric. Dev. Econ.*, **3**, 2, 180–224.
7. Davis B., Winters P. & Zezza A., 2007, *Rural Income Generating Activities: A Cross Country Comparison*, ESA Working Paper N°. 07-16, The Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
8. De Janvry A. & Sadoulet E., 2001, Income Strategies among Rural Households in Mexico: The Role of Off-farm Income, *World Dev.*, **29**, 3, 467-480.
9. Diagne A. & Demont M., 2007, Taking a new looks at empirical models of adoption: Average treatment effect estimation of adoption rates and their determinants, *Agric. Econ.*, **37**, 2-3, 201-210.
10. Dontsop N.P.M., Okoruwa V. & Adéoti A., Adenegan, K., 2012, Productivity Impact Differential of Improved Rice Technology Adoption among Rice Farming Households in Nigeria, *J. Crop Improv.*, **26**, 1, 121.
11. Dontsop N.P.M., Diagne A., Okoruwa V., Ojehomon V. & Manyong V., 2013, Estimation of Actual and Potential Adoption Rates and Determinants of NERICA Rice Varieties in Nigeria, *J. Crop Improv.*, **27**, 5, 561-585.
12. Doss C., 2006, Analyzing technology adoption using micro studies: limitations, challenges, and opportunities for improvement, *Agric. Econ.*, **34**, 3, 207-219.

13. Doss C., 2003, *Understanding Farm-level Technology Adoption: Lessons Learned from CIMMYT's Micro Surveys in Eastern Africa*, Economics working paper, 03-07.
14. DSCR, Ministère du plan RDC, 2011, *Document de Stratégie de Croissance et de Réduction de la Pauvreté (DSCR)*, Volume 3, Rapport macroéconomique et budgétaire, Mars 2011.
15. Ellis F., Bahigwa G., 2003, Livelihoods and Rural Poverty Reduction in Uganda, *World Dev.*, **31**, 6, 997-1013.
16. Ellis F., Freeman H.A. & Ade H., 2004, Rural Livelihoods and Poverty Reduction Strategies in Four African Countries, *J. Dev. Studies*, **40**, 4, 1-30.
17. Giiro G.M., 2013, *Impact of Off-farm Income on Agricultural Technology Adoption Intensity and Productivity: Evidence from Rural Maize Farmers in Uganda*. Working paper, International Food Policy Research Institute.
18. Goodwin B. & Mishra A., 2004, Farming Efficiency and the Determinants of Multiple Job Holding by Farm Operators. *Am. J. Agric. Econ.*, **86**, 3, 722-729.
19. Iiyama M. P., Kariuki P., Kristjansson P. S., Kaitibie S. & Matimali J., 2008, Livelihood Diversification, Incomes and Soil Management Strategies: A Case Study from Kerio Valley, Kenya, *J. Inter. Dev.*, **20**, 380-397.
20. Jonasson, E., 2005, *Non-farm employment as rural poverty exit path? Evidence from Peru: Department of Economics*. Lund University, Sweden.
21. Kassie M., Shiferaw B. & Muricho G., 2010, *Adoption and Impact of Improved Groundnut Varieties on Rural Poverty: Evidence from Rural Uganda*. *Environment for Development*, Discussion Paper Series May 2010, EfD DP 10-11.
22. Kijima Y., Matsumoto T. & Yamano T., 2006, Nonfarm Employment, Agricultural Shocks and Poverty Dynamics: Evidence from Rural Uganda, *Agric. Econ.*, **35**, 459-467.
23. Lambrecht I., Vanlauwe B., Merckx R. & Maertens M., 2014b, Understanding the process of agricultural technology adoption: mineral fertilizer in eastern DR Congo. *World Dev.*, **59**, 132-146.
24. Lanjouw O.J. & Lanjouw P., 2001, The rural non-farm sector: issues and evidence from developing countries, *Agric. Econ.*, **26**, 1-23.
25. Lay J., M'Mukaria G. & Mahmoud T., 2007, *BodaBoda Rule: Non-farm Activities and Their Inequality Implications in Western Kenya*, Kiel Working Paper No. 1314, Kiel Institute for the World Economy.
26. Nkamleu G.B., Coulibali O. & Endamana D., 2001, *Transfert de nouvelles technologies dans les systèmes de production au Nord du Cameroun: cas des variétés améliorées du niébé*. Document de travail, p 20. IITA, Mimeo, HFS- Yaoundé Cameroun. http://www.fidafrique.net/IMG/pdf/Technology_adopti_on_Pronaf_Cameroon.pdf
27. Ouédraogo S., 2003, Impact économique des variétés améliorées du niébé sur les revenus des exploitations agricoles du plateau central du Burkina Faso, *Tropicultura*, **21**, 4, 204-210.
28. Ouma E., Birachi E., Vanlauwe B., Ekesa B., Blomme G., Chianu J., Bouwmeester H. & Van Asten P., 2011, *CIALCA Baseline Survey*. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), www.iita.org.
29. Reardon T., Berdegue J., Barrett C. & Stamoulis K., 2006, *Household Income Diversification into Rural Nonfarm Activities. Transforming The Rural Nonfarm Economy*, Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=1846821>.
30. Reardon T., Berdegue, J. Escobar G., 2001, Rural Nonfarm Employment and Incomes in Latin America: Overview and Policy Implications. *World Dev.*, **29**, 3, 395-409.
31. Reardon T., Stamoulis K. & Pingali P., 2007, Rural Nonfarm Employment in Developing Countries in an era of Globalization, *Agric. Econ.*, **37**, 173-183.
32. Rosenbaum P.R. & Rubin D.B., 1983, The central role of propensity score in observational Studies for Causal Effect, *Biometrika*, **70**, 1, 41-55.
33. Rubin D.B., 1974, Estimating causal effects of treatments in randomized and nonrandomized studies, *J. Educ. Psychol.*, **66**, 688- 701.
34. Sanchez V., 2005, *The determinants of rural non-farm employment and incomes in Bolivia*, MSc thesis. Department of Agricultural Economics. Michigan State University, USA.
35. Tasié C., Offor U. & Wilcox G., 2012, Determinants of off-farm income diversification in Rivers State, Nigeria, *J. Agric. Res.*, **1**, 8, 331-334.

-
36. Taylor E. & Adelman I., 2003, *Agricultural Household Models: Genesis, Evolution, and Extensions*, *Rev. Econ. Household*, **1**, 1, 33-58.
37. Wang Y., Chenggang W. & Suwen P., 2011, *The Impact of Nonfarm Activities on Agricultural Productivity in Rural China*, Department of Agricultural and Applied Economics, Texas Tech University, USA.
38. *World Bank*, 2013, *World DataBank*. <http://databank.worldbank.org/data/home.aspx>.
39. *World Bank*, 2008, *World Development Report 2008: Agriculture for Development*, Washington DC: USA.
40. Zahonogo P., 2011, Determinants of non-farm activities participation decisions of farm households in Burkina Faso, *J. Dev. Agric. Econ.*, **3**, 4, 174-182.
-

P.M. Dontsop Nguetzet, Cameroonian, Impact Economist, International Institute of Tropical Agriculture, Bukavu, DR Congo.

V. Manyong, Congolese (DR Congo), PhD, Director, Eastern African hub, International Institute of Tropical Agriculture, Dar Es Salaam, Tanzania.

T. Abdoulaye, Nigerien, PhD, Outcome/Impact Socio-Economist, International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria.

A. Arega, Ethiopian, PhD, Impact Assessment Economist, International Institute of Tropical Agriculture, Lilongwe, Malawi.

M.S. Amato, Congolese (DR Congo), MSc Student, Evangelic University in Africa, Bukavu, DR Congo.

J.H. Ainembabazi, Ugandan, Post-Doctoral Fellow-Agricultural Economist, International Institute of Tropical Agriculture, Kampala, Uganda.

D. Mignouna, Togolese, Post-Doctoral Fellow-Agricultural Economist, International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria.

C. Okafor, Nigerian, PhD, East and Central African Action Area coordinator of the Humidtropics program, International Institute of Tropical Agriculture, Bukavu, DR Congo.

Erodibility of Cultivated Soils in the Foubot Area (West Cameroon)

J.D. Ngandeu-Mboyo^{1*}, M. Yemefack¹, R. Yongue-Fouateu² & P. Bilong²

Keywords: Water dispersible clay- Erodibility- Soil organic matter - Soil management -Cameroon

Summary

Agricultural lands in Western highlands of Cameroon are likely to face severe erosion because of the interactions of the following factors: high intensity of agricultural activities, poor farming practices and high rainfall intensity. However, the severity of this soil erosion can vary significantly with the ease with which soil is detached and transported by erosion agents. That is why a study was carried out in the Foubot area in order to evaluate the soil erosion risk variation with some soil types. Thirty one soil samples were collected at 0–20 cm depth from three main soil types encountered in the area (Andosols, Acrisols and Ferralsols). Soil samples were analyzed for particle size distribution (Total clay, Total silt, Water dispersible clay, Water dispersible silt), Soil organic matter, Soil reaction, CEC, Exchangeable bases, clay dispersion ratio, dispersion ratio, clay aggregation and Mean weight diameter). Soil erodibility indicators were determined and used to estimate soil erosion risk for the three soil types. The results showed high dispersive potential of the three soil types. Soil characteristics and the deriving soil erodibility vary from one soil type to another. The most vulnerable soils are the Acrisols and the less erodible are the Andosols. Soil mineralogy seems to be the key factor regulating soil erodibility variation in the area. The Water-Dispersible Silt (WDS) correlates positively with the Soil organic matter ($r=+0.67$, $p=0.000$). The Water-Dispersible Clay (WDC) significantly correlates negatively with the soil organic matter ($r=-0.61$, $p=0.000$). WDC also showed significant negative correlation with calcium ($r=-0.67$, $p=0.016$) and potassium ($r=-0.74$, $p=0.000$). Based on its strong correlation with erodibility parameters, soil organic matter content appeared as the main soil characteristic through which soil conservation measures could easily be implemented in the studied area.

Résumé

Erodibilité des sols cultivés de la région de Foubot (Ouest Cameroun)

Les sols cultivés des Hautes Terres de l'Ouest-Cameroun encourent des risques d'érosion sévère du fait de l'interaction entre la forte intensité des activités agricoles, des pratiques culturales rudimentaires et la forte intensité des pluies. Cependant, la sévérité de l'érosion de ces sols peut varier en fonction de la facilité avec laquelle les éléments du sol sont détachés et transportés par les agents de l'érosion. Une étude a été entreprise dans la région de Foubot afin d'évaluer la variabilité des risques d'érosion en fonction de différents types de sol. Trente-et-un échantillons de sol ont été prélevés entre 0 et 20 cm de profondeur dans les trois principaux types de sol de la région (Andosols, Acrisols et Ferralsols). Les analyses de ces sols ont porté sur la granulométrie (Teneur totale en argile, Teneur totale en limon, Teneur en argile dispersée dans l'eau, Teneur en limon dispersé dans l'eau), la matière organique, le pH, la CEC, les bases échangeables, le taux de dispersion de l'argile, le taux de dispersion, l'agrégation de l'argile et le diamètre moyen pondéral. Les indices d'érodibilité des sols ont été déterminés et utilisés pour estimer les risques d'érosion pour ces trois principaux types de sol. Les résultats montrent que ces sols ont tous trois un potentiel de dispersion élevé. Les caractéristiques des sols et leur érodibilité qui en découle varient d'un type de sol à un autre. Les Acrisols sont les plus vulnérables à l'érosion alors que les Andosols sont les moins affectés. La minéralogie des sols semble être le principal facteur qui influence la variation de l'érodibilité des sols dans cette région. Il existe une corrélation positive entre le Limon Dispersé dans l'Eau (LDE) et la matière organique du sol ($r=+0,67$; $p=0,000$).

¹University of Yaoundé I, Department of Earth Sciences, UMMISCO Unit, Yaoundé, Cameroon.

²International Institute of Tropical Agriculture, Yaoundé, Cameroon & Institute of Agricultural Research for Development, Nkolbisson, Cameroon

*Corresponding author: Email: desirengandeu@yahoo.fr

Received on 08.07.15 and accepted for publication on 23.12.15.

L'Argile Dispersée dans l'Eau (ADE) montre une corrélation négative significative avec la matière organique du sol ($r=-0,61$; $p=0,000$). Il en est de même avec le calcium ($r=-0,67$; $p=0,016$) et le potassium ($r= 0,74$; $p=0,000$). Sur la base de sa forte corrélation avec les indices d'érodibilité des sols, la matière organique semble être la principale caractéristique des sols par laquelle des mesures de gestion conservatoire des sols peuvent être appliquées dans la région de Foubot.

Introduction

Soil erodibility is the ease with which soil is detached and transported by agents of erosion. It depends on the physical and chemical characteristics of the soil, which are: the nature and amount of soil aggregates, organic matter content, particle size distribution as well as the swelling and shrinking forces and dispersion potential of the soil (5, 15, 26). The erodibility of a soil is defined by its resistance to two energy sources: the splash effect on the soil surface and the shearing action of runoff between clods in grooves or rills (4). Soil erodibility is then related to the integrated effect of rainfall, runoff, and limited infiltration on soil loss and is commonly call the soil-erodibility factor (K) (23).

For a particular soil, the K -factor is the rate of erosion per unit erosion index from a standard plot and reflects the fact that different soils erode at different rates. Thus, depending on their erodibility, soils react at varying speeds to raindrop attack and structural degradation. The K -factor also has a strong relationship with several soil properties. Soil texture, soil organic matter, soil structure affect K -factor through their influence on detachment and infiltration rates (7). A better estimation of K -factor would thus require rainfall, runoff and infiltration data, which are often not readily available at plot use level. That is why several other methods can be used to estimate soil erodibility factor, making use of its strong relationship with some soil characteristics. The most used method is the monograph method based on the particle size parameter, the percent organic matter, the soil structure index, the profile-permeability class factor and the percent clay (35) .

Beside the K -factor parameter, soil aggregate stability is one of the main factors controlling soil erodibility (2, 7) and the destruction of soil structural stability will lead to the increase of soil erodibility (18). Moreover, land use systems such as slash and burn agricultural systems result in accelerated soil degradation due to exposure of the soil surface layer to the impact of raindrops and runoff (20, 21) and to the impact of fire in decreasing soil aggregate stability (31).

Any scientific planning for soil conservation and water management requires knowledge of the relations among those factors that cause soil and water losses and those that help to reduce such losses.

Direct methods based on the rainfall simulation for measurement (through dispersion, raindrop impacts or ultrasounds) of the strength of the aggregate against water forces (16, 23, 37) and indirect methods based on the analysis of soil physical characteristics (12, 17) are generally used to estimate soil erodibility. Although the K -factor is recommended by the universal soil loss equation (23) for the determination of the soil erodibility, a whole series of laboratory and field tests has thus been set up for defining structural stability with respect to water. Many erodibility indices have thus been derived from physical and chemical soil characteristics. Some of them are the followings: Water Dispersible Clay (WDC), Dispersion Ratio (DR), Clay Dispersion Ratio (CDR), Clay Flocculation Index (CFI) (1), Water Stable Aggregates, Soil Texture, Mean-weight Diameter (1, 15, 24).

The Foubot area, situated in the Noun valley and surrounding landscapes, is subject to a tropical climate characterized by high intensity of rainfall.

Soils of the area are classified in three main groups defined by the World Reference Base for soil classification (8): young Andosols (derived from volcanic ashes), Acrisols and Ferralsols. They are all submitted to intensive agricultural activities for annual and seasonal food crop production, using mostly farming practices unsuitable for soil conservation. Rainfall intensity combined with such inappropriate farming systems are likely to cause severe erosion in agricultural land of the area. We hypothesized that the severity of this erosion process may vary from one soil type to another owing to the resistance of their particles to detachment and transport by the erosion agents. This study was thus carried out in order to estimate soil erosion risk variation in the area as a premise for developing appropriate soil conservation strategies for a sustainable agricultural production and environmental protection, using basic soil characteristics and derived indices.

Material and methods

The study area

Foumbot area lies between latitude 5°25'-5°35' N and longitude 10°33'-10°44' E. It is located in the Noun valley, situated between the Bamileke and the Bamoun plateaus. The Noun valley is 10 to 20 km wide (34). It is subject to a mountainous tropical climate characterized by an average annual precipitation of about 1713 mm and a mean monthly temperature of 21 °C (28). The study area is an undulated plain with a mean altitude around 1100 m, embedded on a geological substratum made of metamorphic rocks (gneiss and migmatites), with many intrusions of various types of granitoid, and partly covered by a thick layer of lapillus (34). According to the World Reference Base for soil classification (8), soils of the research area (Figure 1) belong to the following five groups of which the first three are the most important: Andosols, Acrisols, Ferralsols, Regosols and Gleysols in some valley bottom.

Samples collection

In the field, data were collected in three soil types, chosen according to their extent in the area: Andosol occupying approximately 55%, Acrisols (12%) and Ferralsols (18%).

A total of 31 soil samples were collected at 0-20 cm depth throughout the three soil types (Figure 1).

Physical and chemical analysis

Soil samples were analyzed in the soil laboratory of the Institute of Agricultural Research for Development (IRAD) at Nkolbisson, Yaoundé (Cameroun) using the following techniques (22, 33). The particle size distribution was determined using the Robinson Köhn method. The method consists of the destruction of organic matter by hydrogen peroxide, the chemical dispersion of soil particles by sodium hexametaphosphate, the mechanical separation of the soil particles by shaking, the pipetting of silt and clay fractions and the sieving of sand fraction. The organic carbon was determined by the Walkley and Black method which uses potassium dichromate and concentrated sulphuric acid to oxidize soil organic matter. In the resulting solution, percentage of soil organic carbon is determined by colorimetry. The total nitrogen was obtained by the Kjeldhal method which consists of the digestion of the soil sample with concentrated sulphuric acid in presence of a sodium sulphate catalyst in a digester. The total nitrogen is determined by colorimetry. The pH of soil was measured with a pH-meter in a soil and water suspension of 1:2.5. For the determination of exchangeable bases and CEC, the soil sample is leached with normal ammonium acetate at pH 7. The exchangeable bases are determined by flame photometry (Na, K and Ca) and by Atomic Absorption Spectrometry (Mg).

The CEC is determined immediately after the exchangeable bases using the same sample and tube. The excess salt is washed out with ethanol 80%. The whole sample is distilled and the evolved ammonia is titrated using 0.05 M HCl.

Total clay (TC) and total silt (TS) are the percentage of clay and the percentage of silt obtained by the Robinson Köhn method. The Water Dispersible Clay (WDC) and the Water Dispersible Silt (WDS) are the percentage of clay and the percentage of silt obtained by the same method but without the dispersion agent (sodium hexametaphosphate).

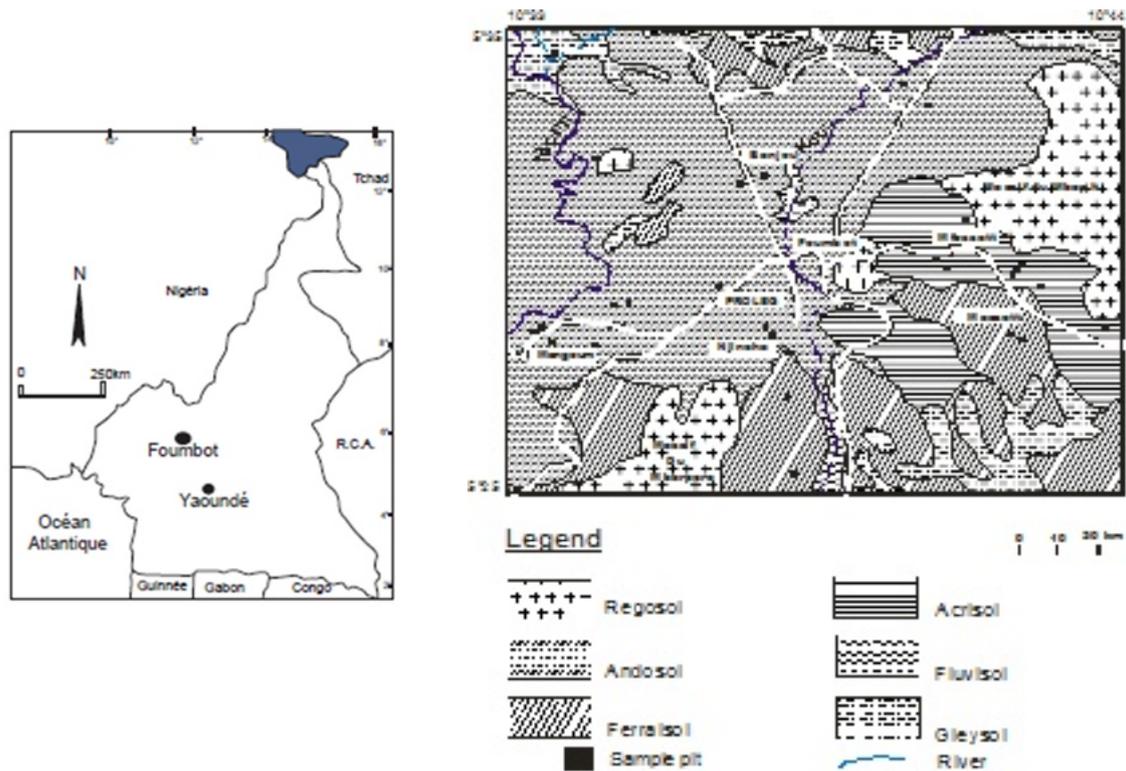


Figure 1: Soils of the Fombot area as adapted from Segalen (26).

Other soil erodibility indicators such as Clay Dispersion Ratio (*CDR*), Dispersion Ratio (*DR*) and Clay Aggregation (*CA*) were calculated in the equations I, II and III.

$$CDR = WDC/TC \quad I$$

$$DR = (WDC+WDS)/(TC+TS) \quad II$$

$$CA = (TC-WDC)/TC \quad III$$

Separation of water stable aggregate

A Yoder type machine was used for the aggregate stability determination (36). Twenty grams of air-dried soils sieved at 5 mm were put in the topmost sieve of a column of four sieves with respectively 4.5; 3; 1.5 and 0.625 mm meshes. The column was soaked in a cylinder of de-ionized water for one minute. Then, the column was oscillated vertically during seven minutes in the water. After this, the resistant soil aggregates in each sieve (water stable aggregates) and the unstable aggregates (<0.625 mm) were dried at 105 °C during 48 hours and weighed.

The data obtained were used for the calculation of the Mean-Weight Diameter (*MWD*); Equation IV.

$$MWD = \sum X_i W_i \quad IV$$

Where X_i is the diameter of the i^{th} sieve size and W_i the proportion of the total aggregates in the i^{th} sieve.

Data analysis

Statistical data analyses, carried out using the SPSS 12 computer package, included summary statistics, analyses of variance (ANOVA) and mean separation (Turkey HSD) for evaluating the differences between treatments.

Results and discussion

Soils characteristics variation among the soil types

Prior to the estimation of soil erosion risk variation in the Foubot area, analyses of variance (ANOVA) and mean separation were carried on soil characteristics of the three soil groups as shown in table 1. Most of these characteristics vary significantly at $p=0.05$ between the three soil groups. Soil particle size distribution varies from clayey (Acrisols) to sandy-loam (Andosols).

Ferralsols are very acidic ($pH=4.5$). The three soil types are all very rich in soil organic matter, although Andosols have a significant highest content. The cation exchange capacity (CEC) is low for Ferralsols (8.9 cmol/kg), medium for Acrisols (21.3 cmol/kg) and higher for Andosols (28.8 cmol/kg). The highly significant differences between the three soil types tend to confirm our hypothesis that they may present quite different resistance potentials to raindrops on the soil surface and to shearing actions of runoff.

The relative high content of soil organic matter in the three soil types is likely to reduce erodibility because it produces compounds that bind particles together, increasing aggregation and reducing the susceptibility of the particles to detachment by raindrop impact and surface runoff. Soil organic matter may also improve biological activity and increase an infiltration rate, which reduces runoff and erosion.

Soil erodibility

Several soil erodibility indices were used to assess the erosion risk on the three soil groups. The analysis of the variance (ANOVA) of these soil erodibility indices in table 2 reveals highly significant differences between the three soil groups in terms of water dispersible clay ($P<0.000$), water dispersible silt ($P<0.002$), total clay ($P<0.000$), total silt ($P<0.014$), clay dispersion ratio ($P<0.003$), dispersion ratio ($P<0.007$), clay aggregation ($P<0.0001$) and medium weight diameter ($P<0.000$). The separation of means showed that WDC, TC and CDR were significantly lower for Andosols as compared to Acrisols and Ferralsols.

Table 1

Average soil characteristics of the three main soil groups of Foubot area.

| Soil type | Particle size | | | Chemical properties | | | | | | | |
|------------|---------------|--------|--------|---------------------|---------|---------|------------------------------|------------------------------|----------------|-----------------|---------|
| | % | | | % | | cmol/kg | | | | | |
| | Clay | Silt | Sand | OM | Total N | pH | Ca ₂ ⁺ | Mg ₂ ⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | CEC |
| Acrisols | 44.5 a | 30.6 a | 24.4 a | 7.9 a | 0.35 a | 5.3 a | 1.6 a | 2.97 a | 0.3 a | 0.04 a | 21.34 a |
| Andosols | 23.3 b | 28.8 a | 47.1 b | 9.1 b | 0.54 b | 5.9 a | 11 b | 2.64 a | 1.8 b | 0.13 b | 28.8 b |
| Ferralsols | 40.4 a | 23.6 b | 34.9 c | 6.6 a | 0.11 c | 4.5 b | 0.8 c | 0.75 b | 0.2 a | 0.03 a | 8.87 c |

Significantly different at $p=0.05$.

Table 2

ANOVA and mean separation results for soils particle size parameters and erodibility indices of the Foubot area ($n=31$).

| Soil types | P | Erodibility indices | | | | | | | |
|------------|---------|---------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | WDC (%) | WDS (%) | TC (%) | TS (%) | CDR | DR | CA | MWD |
| | | 0.000 | 0.002 | 0.000 | 0.014 | 0.003 | 0.007 | 0.001 | 0.000 |
| Acrisols | Average | 39.1 a | 27.7 a | 44.5 a | 30.6 a | 0.88 a | 0.89 a | 0.12 a | 1.24 a |
| | SD | 5.1 | 4.5 | 5.2 | 5.3 | 0.02 | 0.01 | 0.05 | 0.26 |
| Andosols | Average | 17.7 b | 25.0 a | 23.3 b | 28.8 a | 0.76 b | 0.82 b | 0.24 b | 2.46 b |
| | SD | 3.1 | 3.8 | 3.6 | 4.1 | 0.07 | 0.02 | 0.13 | 0.31 |
| Ferralsols | Average | 34.1 a | 19.1 b | 40.4 a | 23.6 b | 0.81 c | 0.81 b | 0.19 b | 2.86 b |
| | SD | 11.2 | 6.3 | 11.5 | 5.6 | 0.08 | 0.05 | 0.06 | 0.55 |

Notes: TC= Total Clay; TS= Total Silt; WDC= Water-Dispersible Clay; WDS= Water-Dispersible Silt; CDR= Clay Dispersion Ratio; DR= Dispersion Ratio; CA= Clay Aggregation; MWD= Mean-Weight Diameter.

Figures followed in the same column by the same letter are not significantly different at $p=0.05$.

Meanwhile *WDS*, *TS* and *DR* were lower for Ferralsols as compared to Acrisols. No significant difference was observed between Andosols and Ferralsols for *DR*, *CA* and *MWD* as compared to Acrisols.

The three soil groups are thus highly different as far as erodibility is concerned.

Lower values of *WDC* and *CDR*, and high values of *CA* and *MWD* actually infer high resistance to erosion. Based on these indices, the susceptibility to erosion between the three soil groups of Foubot area could thus be ranked as follows: Acrisols>Ferralsols>Andosols. Acrisols appeared to be more susceptible to detachment and transportation by erosion agents in the area whereas Andosols seems to be the most resistant to erosion.

Andosols here have the relative highest organic matter content and they are known to be characterized by the presence of allophane in their mineral fraction which is an amorphous or cryptocrystalline and hydrated mineral substance (11, 29). Allophane contributes, alongside clay minerals and organic matter to the aggregation of soil constituents (30). This mineral phase may explain why the Foubot Andosols have the highest resistance to water erosion. In addition, the low bulk density of Andosols induces high infiltration of water, reducing at the same time runoff, which is the main agent of aggregate transportation in water erosion. The *CEC* which is slightly higher in Andosols may also play a significant role to stabilized aggregates (7). Indeed, aggregates containing polyvalent cations (Ca_2^+ , Al_3^+ and Fe_3^+) are resistant to slaking (30).

Although Clay Aggregation (*CA*), Dispersion Ratio (*DR*) and the Mean-Weight Diameter of water stable aggregates (*MWD*) could not significantly differentiate Ferralsols and Andosols, their values showed similar trends, with a slightly high resistance of Andosols.

This might infer that soil parameters used to compute these indices (*WDC*, *CA*, *CDR*, and *MWD*) may not be the only soil characteristics for explaining and predicting soil erodibility in the area.

According to other authors (21), other soil characteristics such as soil mineralogy, soil organic matter content and forms or other intrinsic characteristics of the soil may equally influence the predictability of soil erodibility in this area. In addition, some authors, while investigating recently on appropriate aggregate stability methods that can enable to better distinguish the soil physical quality of different soil types, came out with a similar conclusion that the aggregate stability should be used judiciously and in concert with other indicators for an overall assessment of the conditions of soil physical quality (19).

The study has shown that in terms of resistance to water erosion, the soils of the Foubot area are ranked from Andosols to Acrisols.

Knowing that they are all rich in organic matter and that the less resistant to erosion has the higher amount of clay of the three, an intrinsic characteristic of these soils may be the key factor controlling soil erodibility variation in the area. The most resistant soils (Andosols) are volcanic soils in which non crystalline minerals play an important role in the aggregation because of their high surface areas. Iron and aluminum oxides are the main factor controlling soil aggregation in the Ferralsols then the resistance to erosion (6). The Acrisols are rich in kaolinite characterized by low *CEC* and low surface area that decrease aggregates stability (3). So soil mineralogy is the main factor regulating soil erosion in the Foubot area. Field observation reveals that water erosion is the main type of erosion encounter in this area. In Andosols, erosion ranges from splash erosion in lowlands to rill erosion on the slope whereas in Acrisols, it ranges from sheet erosion to gully erosion. In Ferralsols, the water erosion ranges from sheet erosion in lowlands to rill erosion on slope.

Relationships between erodibility indices and soils characteristics

Looking for potential relationship between erosion risk and soil characteristics, many soil erodibility indices correlate with some soil characteristics (Table 3).

Table 3

Pearson's Coefficients of Correlation (*PCC*) between erodibility indices and soils properties in the Foubot area.

| Chemical properties | <i>PCC</i> | <i>WDC</i> | <i>WDS</i> | <i>CDR</i> | <i>DR</i> | <i>CA</i> | <i>MWD</i> |
|------------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|------------|
| OM (N=31) | <i>PCC</i> | -0.606(**) | 0.686(**) | -0.442(*) | -0.021 | -0.442(*) | -0.393(*) |
| | p | 0.000 | 0.000 | 0.013 | 0.909 | 0.013 | 0.029 |
| pH (N=12) | <i>PCC</i> | -0.301 | 0.245 | -0.032 | -0.157 | 0.032 | -0.066 |
| | p | 0.341 | 0.443 | 0.92 | 0.626 | 0.92 | 0.838 |
| Ca ⁺ (N=12) | <i>PCC</i> | -0.673(*) | 0.069 | -0.555 | -0.305 | 0.555 | 0.461 |
| | p | 0.016 | 0.832 | 0.061 | 0.335 | 0.061 | 0.131 |
| Mg ⁺ (N=12) | <i>PCC</i> | -0.174 | 0.294 | 0.073 | 0.157 | -0.073 | -0.317 |
| | p | 0.589 | 0.354 | 0.822 | 0.627 | 0.822 | 0.315 |
| K ⁺ (N=12) | <i>PCC</i> | -0.736(**) | 0.122 | -0.463 | -0.195 | 0.463 | 0.393 |
| | p | 0.000 | 0.705 | 0.129 | 0.543 | 0.129 | 0.206 |
| Na ⁺ (N=12) | <i>PCC</i> | -0.298 | 0.111 | 0.233 | 0.346 | -0.233 | 0.043 |
| | p | 0.346 | 0.731 | 0.466 | 0.271 | 0.466 | 0.894 |
| CEC (N=12) | <i>PCC</i> | -0.283 | 0.032 | -0.146 | -0.039 | 0.146 | 0.202 |
| | p | 0.373 | 0.921 | 0.651 | 0.904 | 0.651 | 0.530 |

Notes: *WDC*= Water-Dispersible Clay; *WDS*= Water-Dispersible Silt; *CDR*= Clay Dispersion Ratio; *DR*= Dispersion Ratio; *CA*= Clay Aggregation; *MWD*= Mean-Weight Diameter; *SOM*= Soil organic Matter; *CEC*= Cation Exchange Capacity;

(*; ** correlation is significant at $p < 0.05$ and 0.01 respectively).

The Water Dispersible Clay (*WDC*) significantly correlates negatively with the Soil Organic Matter (*OM*) ($r = -0.61$, $p = 0.000$). This means that higher organic matter will reduce the water dispersible clay, thus the soil erodibility. As mentioned above, soil organic matter is one of the key factors increasing soil aggregation (3). That is why it is primarily used for computing the soil erodibility *K*-factor (35).

It acts as bonds to form aggregates with clay particles in the soil. It so controls the aggregation and disaggregation of soil clay (12). Significant negative correlation exists between calcium ($r = 0.67$, $p = 0.016$), potassium ($r = -0.74$, $p = 0.000$) and Water Dispersible Clay. Some bivalent cations as calcium and sometimes magnesium through their cationic bridging with clay particles and soil organic matter improve soil aggregation which is an indicator of soil structure (27). This implies that higher values of these soil characteristics will reduce *WDC* hence, soil erodibility. This is what certainly explains the resistance of Andosols of the Foubot area. This is also the case of the Clay Dispersion Ratio (*CDR*) which correlates negatively with organic matter ($r = -0.44$, $p = 0.013$).

The water dispersible silt (*WDS*) correlates positively with the organic matter ($r = +0.67$, $p = 0.000$).

Soil erodibility and soil conservation

The Foubot area is subjected to naturally high rainfall intensity. High values of Water Dispersible Clay and Clay Dispersion Ratio indicate a risk of high soil erodibility and thus high soil degradation. Moreover, unsuitable traditional farming practices leading to the destruction of organic matter by fire for land preparation, seedbeds oriented alongside the slope and intensive exploitation of soil are non-beneficial practices to soil conservation in the area. They all induce high soil erosion risk and expose the area to severe land degradation and desertification (32). Erosion process on these soil in the undulated landscape of the Foubot area is likely to produce clay and silt deposition in low-land areas, leading to the formation and the increase of existing marshy land areas. Such marshy lands are known to be improper for agriculture in this area where agricultural lands are rather under high pressure due to the high demography.

According to several authors (5, 9); one of the most common strategies for soil erosion control and soil conservation on such agricultural lands would be a suitable preservation of the vegetation cover on soil. Such vegetation cover limits soil degradation by decreasing soil erosion and soil surface evaporation, by increasing CEC, soil aggregate stability and water infiltration (3).

It also reduces the impact of raindrop on soil aggregates and particles (14) and contributes to the improvement of physical and chemical characteristics of soils (10).

Vegetation cover has the capacity of increasing the amount of soil organic matter which is one of the main soil characteristics that influences soil erodibility. However, the question is how to conserve organic matter in these soils under high intensity use? For a sustainable management option in the Founbot area, special attention should thus be paid to incorporating household and livestock sub-products for increasing soil organic matter content and soil stability. On these aspects, researches on agro-forestry systems involving soil vegetation cover types in Cameroon have shown that there is a wide range of plant species that could be used in improved fallow technologies aiming at soil conservation (13, 25). It has been shown that a reasonable quantity of plant biomass incorporated in agricultural soil significantly increases soil organic matter, base saturation and soil pH. Applying plow ridges along the contour lines will also reduce transportation of particles and increase water infiltration. Other soil management practices such as intercropping with leguminous crop may reduce soil loss on moderate slopes of less than 10% (25).

Conclusion

Four erodibility indices (*WDC*, *CDR*, *CA* and *MWD*) used to predict soil erosion risk in the Founbot area, have shown that the three types of soil have high dispersive potentials. High values of water dispersible clay and clay dispersion ratio indicate high soil erodibility and thus high soil degradation. Soil characteristics and soil erodibility vary from one class of soil to another.

The most erodible soils are Acrisols and the less vulnerable soils are Andosols. Soil mineralogy appeared to be one of the factors controlling soil erodibility variation in the area.

The relationships between soils characteristics and soil erodibility indices indicated that some soil characteristics such as organic matter highly influences soil erodibility in the area. Higher organic matter reduces soil erodibility and can suitably be used to control soil erosion in the Founbot area. This is possible with cropping systems that cover the soil surface, limit soil transportation by water and protect soil against clay dispersion.

Acknowledgments

Special thanks to IRD (Institut de Recherche pour le Développement), the French institution which supported the laboratory analysis of soil data for this study within the UMI 209 UMMISCO Unit.

Literature

1. Bajracharya R.M., Elliot W.J. & Lal R., 1992, Interrill erodibility of some Ohio soils based on field rainfall simulation, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **56**, 267-272.
2. Barthès B. & Roose E., 2002. Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion; validation at several levels, *Catena*, **47**, 133-149.
3. Bronick C.J. & Lal R., 2005, Soil structure and management: a review, *Geoderma*, 124, 3-22.
4. Bryan R., 2000, Soil erodibility and processes of water erosion on hill slope. *Geomorphol.*, **32**, 385-415.
5. Cerdà A., 2000, Aggregate stability against water forces under different climates on agriculture land and scrubland in southern Bolivia, *Soil Tillage Res.*, **57**, 159-166.
6. Dalal R.C. & Bridge B.J., 1996, *Aggregation and organic matter storage in sub-humid and semi-arid soils*. In: Carter MR, Stewart BA (eds), *Struct. & Org. Matter Storage in Agric. Soils*, 263-307, CRC PRESS, Boca Raton.
7. Dimoyiannis D., 2012, Wet aggregate stability as affected by excess carbonate and other soil properties, *Land Degrad. Dev.*, **23**, 450-455.
8. FAO-ISRIC. 2006. *Word Reference Base for soil resources* FAO., Rome, Italy. 128.
9. Garcia-Orenes F., Cerdà A., Mataix-Solera J., Guerrero C., Bodi M.B, Arcenegui V., Zornoza R. & Sempere J.G., 2009. Effects of agricultural management on surface soil properties and soil-water losses in eastern Spain, *Soil Tillage Res.*, **106**, 117-123.
10. Gomez J.A., Giraldez JV, Pastor M. & Fereres E., 1999, Effects of tillage method on soil physical properties, infiltration and yield in an olive orchard, *Soil Tillage Res.*, **52**, 167-175.
11. Guerra J.A., Arbelo C.D., Armas C.M., Mora J.L. & Rodriguez A.R., 2004. Water erosion rates and mechanisms in Andosols and volcanic Aridisols in two contrasting bioclimatic regions (Canary Islands, Spain). Proceedings of the 13th International Soil Conservation Organisation Conference, Brisbane. 4.
12. Igwe C.A., 2005. Erodibility in relation to water dispersible clay for some soils of Eastern Nigeria, *Land Degrad. Dev.*, **16**, 87-96.
13. Kaho F., Yemefack M., Feujio-Teguefouet P. & Tchanchaouang J.C., 2011. 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 Cameroun, *Tropicultura*, **29**, 39-45.
14. Layton J.B., Skidmore, E.L., Thompson, C.A., 1993. Winter-associated changes in dry-soil aggregation as influenced by management, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **57**, 1568 - 1572.
15. Le Bissonnais Y., 1996, *Soil characteristics and aggregate stability*. In: Aggassi M. (ed). *Soil Erosion, Conservation and Rehabilitation*, 41-60. Marcel Dekker Inc, New York, NY.
16. Le Bissonnais Y. & Le Soudeur C., 1995, Mesurer la stabilité structurale des sols pour évaluer leur sensibilité à la battance et à l'érosion, *Etude Gestion Sols*, **2**, 43-56.
17. Loch R.J. & Rosewell C.J., 1992, Laboratory methods for measurement of soil erodibility (K factors) for the Universal Soil Loss Equation, *Aust. J. Soil Res.*, **30**, 233 - 248.
18. Mataix-Solera J., Cerdà A., Arcenegui V., Jordan A. & Zavala L.M., 2011, Fire effects on soil aggregation: A review, *Earth-Sci.-Rev.*, **109**, 44-60.
19. Moncada M.P., Gabriels D., Cornelis W. & Lobo D., 2013, Comparing aggregate stability tests for soil physical quality indicators, *Land Degrad. Dev.*, DOI: 10.1002/ldr.2225. Page 3.
20. Mosandl R., Günter S., Stimm B. & Weber M., 2008, *Ecuador suffers the highest deforestation rate in South America*. In: Beck E, Bendix J, Kottke I, Makeschin F. & Mosandl R, (eds). *Gradients in a tropical mountain ecosystem of Ecuador*. *Ecol. Stud.*, **198**, 37-40. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. Germany.
21. Ochoa-Cueva P., Fries A., Montesinos P., Rodriguez-Diaz J.A. & Boll J., 2013, Spatial estimation of soil erosion risk by land-cover change in the Andes of Southern Ecuador, *Land Degrad. & Dev.*, DOI: 10.1002/ldr.2219. 9.

22. Pauwels J.M., Van Ranst E., Verloo M. & Mvondo Ze A., 1992, *Manuel de laboratoire de pédologie: Méthodes d'analyses de sols et de plantes, équipement, gestion de stocks de verrerie et de produits chimiques*. Bruxelles, Belgique AGCD et Centre Universitaire de Dschang, 265 p.
23. Renard K.G., Forster G.R., Weesies G.A., McCool D.K. & Yoder D.C., 1997, *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. Agricultural Research Service (USDA-ARS) Handbook N° 763. US Department of Agriculture, Washington, DC, 49.
24. Saha D. & Kukal S.S., 2013, Soil structural stability and water retention characteristics under different land uses of degraded lower Himalayas of north-west India, *Land Degrad. Dev.*, DOI: 10.1002/ldr.2204. Page 9, Article first published online: 21 MAR 2013.
25. Satterlee B.M., Yemefack M. & Orr B.D., 2009, Maize yield and soil property responses to *Entada abyssinica* (Steud. ex A. Rich.) cuttings in the Adamawa Lowlands, Cameroon, *J. Food Agric. Env.*, **7**, 192-296.
26. Segalen P., 1967, *Les sols de la vallée du Noun*. Cahier ORSTOM Série Pédol. Vol. V n° 3. 287-349.
27. Singh J.M. & Khera K.L., 2008, Soil erodibility indices under different land uses in lower Shiwaliks, *Trop. Ecol.*, **49**, 113-119.
28. Six I., Elliott E.T. & Paustian K., 2000, Soil structure and soil organic matter: A normalized index and the effect of mineralogy, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **64**, 1042-1049.
29. Suchel J.B., 1989. *Les climats du Cameroun*. Doctorat Thesis, University of Bordeaux III. 1186 p.
30. Tematio T., 2005, *Etude cartographique et pétrologique des sols à caractères ferrallitiques et andosoliques dans les Monts Bambouto (Ouest Cameroun): Influence de la lithologie et des facteurs du milieu sur la nature et la distribution des sols en région de montagne tropicale humide*. Doctorat Thesis, University of Yaoundé, I. 277 p.
31. Tisdall J.M., 1996, *Formation of soil aggregates and accumulation of soil organic matter*. In: Carter MR, Stewart BA (eds). *Structure and organic matter storage in agricultural soils*, 57-96. CRC Press, Boca Raton.
32. Ubeda X., Sala M. & Imeson A., 1990, *Variaciones en la estabilidad y consistencia de un suelo forestal antes y después de sersomestido a un incendio*. Reunion National de Geomorfologia, 677-685. Teruel.
33. UN, 1977, *Desertification: Its causes and consequences*, Pergamon Press, Oxford, 448 p.
34. Van Reeuwijk L.P., 2002, *Procedures for soil analysis*, ISRIC, Technical Paper N°9, Wageningen, The Netherlands, 185 p.
35. Wandji P., 1985, *Contribution à l'étude pétrologique, géochimique et géotechnique des projections volcaniques de la région de Foubot*. Doctorat Thesis, University of Yaoundé, Yaoundé, 159 p.
36. Wischmeier W.H. & Smith D.D., 1978, *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservative planning*. Agricultural Handbook 537, U.S. Department of Agriculture, Washington D.C., 58.
37. Yoder D.C., 1936, A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses, *J. Am. Soc. Agron.*, **26**, 337-351.
38. Yönter G. & Uysal H., 2012, The determination of the relationships between physical and chemical properties of soils to water erosion and crust strengths in Menemen Plain Soils, Turkey, *Afr. J. Agric. Res.*, **7**, 183-193.

J.D. Ngandeu-Mboyo, Cameroonian, PhD Student, University of Yaoundé I, Department of Earth Sciences and UMMISCO Unit, Yaoundé, Cameroon.

M. Yemefack, Cameroonian, PhD, Senior Research Officer, International Institute of Tropical Agriculture, Yaoundé, Cameroon & Institute of Agricultural Research for Development, Nkolbisson, Cameroon.

R. Yongue-Fouateu, Cameroonian, PhD, Associate Professor, University of Yaoundé I, Department of Earth Sciences, Yaoundé, Cameroon.

P. Bilong, Cameroonian, PhD, Professor, University of Yaoundé I, Department of Earth Sciences, Yaoundé, Cameroon.

Les aliments utilisés en pisciculture semi intensive en Côte d'Ivoire et leur productivité

A.R. Koumi^{1*}, B.N. Kimou², I.N. Ouattara², K.M. Koffi³, B.C. Atse¹ & L.P. Kouame⁴

Keywords: Feeds- Fish farming- Semi-intensive- Production- Ivory Coast

Résumé

Une enquête a été réalisée en Côte d'Ivoire sur les aliments utilisés en système semi-intensif de pisciculture. Ces aliments ont été collectés chez 156 pisciculteurs. Leur valeur nutritionnelle ainsi que les facteurs influençant leur utilisation et leur productivité ont été évalués. Les aliments commerciaux, ceux produits par les pisciculteurs et les sous-produits agro-alimentaires sont utilisés respectivement par 51%, 34% et 47% des pisciculteurs, soit seuls, soit associés. Les valeurs nutritionnelles des aliments commerciaux industriels nationaux et importés couvrent les besoins de croissance des poissons élevés. A l'inverse, les aliments produits par les provendiers, les pisciculteurs et les sous-produits sont en général pauvres en protéines et/ou riches en fibres. La localisation de la ferme, l'âge, l'origine, le sexe et la fonction principale du pisciculteur influencent le choix de l'aliment. Les valeurs des paramètres de croissance sont élevées pour l'utilisation des aliments commerciaux par rapport à celles obtenues avec les aliments produits par les pisciculteurs et les sous-produits. Les gains moyens quotidiens des tilapias varient entre 1,06 et 1,20 g/j et les rendements entre 2455 et 4252 kg/ha/an. La mise à disposition d'aliments composés pouvant couvrir les besoins des espèces élevées formulés à partir des matières premières locales et accessibles à moindre coût en système semi intensif améliorerait la production piscicole.

Feeds Used in Semi-intensive-Fish Farming System and their productivity in Ivory Coast

A survey was carried out on fish feeds used in semi-intensive fish farming system in Ivory Coast. Fish feeds were collected from 156 fish farms. Their nutritional value and the factors affecting their use as well as their productivity were assessed. Commercial feeds, feeds produced by fish farmers and agro-industrial by-products were used respectively by 51%, 34%, and 47% of the producers, alone or mixed. Nutritional values of commercial feeds meet the nutritional requirement of fish breeding. Conversely, feeds produced by local feed sellers, fish farmers and agro-industrial by-products are in general poor in crude protein and/or rich in crude fiber. The geographical location of the fish farm, the age, the origin, the gender and the main professional activity of the fish farm owner influence the choice of feed. The highest growth parameters were obtained by the commercial feeds compared to fish farmer's feeds or agro-industrial byproducts. The average growth rates of tilapia range between 1.06 and 1.20 g/day. Their yields range between 2445 and 4252 kg/ha/year. The availability of low cost composed fish feeds which take into account the requirement of fish formulated from local and available raw materials would improve fish production.

¹Centre de Recherches Océanologiques, Département Aquaculture, Laboratoire de nutrition, Abidjan, Côte d'Ivoire.

²Université Félix Houphouët Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire d'Hydrobiologie, Abidjan, Côte d'Ivoire.

³Université Félix Houphouët Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire de Biotechnologie et Sciences des aliments, Abidjan, Côte d'Ivoire.

⁴Université Nangui Abrogoua, UFR des Sciences et Technologies des Aliments, Abidjan, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant: Email: koumirachel@yahoo.fr

Reçu le 17.09.15 et accepté pour publication le 23.12.15

Introduction

Le poisson, qu'il provienne de l'aquaculture ou des pêches de capture, joue un rôle essentiel dans la sécurité alimentaire et nutritionnelle, la lutte contre la pauvreté et le bien-être général (10). En effet, le poisson est une excellente source de protéines et de micronutriments tels que les vitamines A, D et plusieurs vitamines du groupe B, les minéraux, l'iode, le sélénium, le zinc, le fer, le calcium, le phosphore et le potassium (30, 31).

Il est également sources d'acides gras oméga-3 à longue chaîne (21). Sa consommation est ancrée dans les traditions culturelles de nombreuses populations dans le monde (10). En Côte d'Ivoire, cette consommation est estimée à 11-16 kg/ha/an soit une demande annuelle de 252.980 tonnes (9, 23). Ce besoin est comblé en majorité par des importations massives de poissons congelés de plus de 200.000 tonnes/an, les pêches de capture de 75.611 tonnes et une production aquacole estimée à 3.720 tonnes seulement (11). Cette faible production de l'aquaculture serait la production d'un millier de fermes piscicoles dénombrées en Côte d'Ivoire avec une superficie totale exploitée d'environ 500 ha (9). L'essentiel de la pisciculture étant basé sur la production de tilapias *Oreochromis niloticus* et des silures (*Heterobranchus longifilis*, *Clarias gariepinus*) en systèmes d'élevage intensif, semi intensif et extensif (9). Le système intensif à forte productivité nécessitant un investissement élevé sur de petites surfaces d'exploitation et une alimentation coûteuse et contraignante reste très peu pratiqué. De ce fait, les systèmes semi intensifs et extensifs d'élevage de poissons qui sont accessibles aux producteurs sont les plus rencontrés dans les pays en voie de développement (5, 8, 9). En Côte d'Ivoire, le système semi intensif d'élevage de poisson a été introduit depuis les années 1990 par les projets de professionnalisation des fermes piscicoles pour initier la pisciculture commerciale afin de créer de l'emploi et de satisfaire les besoins des marchés en poissons (20). Ce système se présente comme une forme de pisciculture artisanale qui a recours à une alimentation régulière constituée soit de sous-produits agricoles, soit des aliments formulés à faible proportion de protéines

animales soit encore des aliments complets avec le sexage des alevins associés ou non à une fertilisation de type organique ou minérale (16, 17). Il est pratiqué en majorité dans les régions du Sud, et constitue le principal système de production de poisson commercial (9). Néanmoins, la production piscicole ivoirienne demeure faible et connaît plusieurs difficultés parmi lesquelles la faible disponibilité d'aliments de qualité sur les fermes d'élevage. En effet, les poissons requièrent une alimentation équilibrée et de valeur nutritionnelle spécifique à l'espèce et au stade de croissance pour atteindre un poids marchand compétitif en un temps court (13). L'aliment piscicole devrait contenir les macronutriments (protéines, lipides, fibres, glucides ...), les minéraux et les vitamines nécessaires à la croissance des poissons dépendant de l'espèce et de la taille pour leur assurer une croissance de qualité (13, 24). La qualité de l'aliment utilisé représente donc le facteur essentiel qui garantit la croissance et la qualité des poissons élevés, la productivité, la durabilité et la rentabilité des fermes aquacoles (14, 12). Cependant, le choix de l'aliment est influencé par les conditions socio-économiques, géographiques et culturelles des pratiquants (12). Cette étude se propose d'identifier les différents aliments utilisés en système semi intensif d'élevage, de déterminer leur valeur nutritionnelle et les facteurs influençant leur utilisation afin de comprendre la faible production de poissons d'élevage en Côte d'Ivoire.

Matériel et méthodes

Enquêtes auprès des pisciculteurs

Une enquête a été réalisée dans les quinze principales régions piscicoles (Marahoué, Haut Sassandra, Tonkpi, Cavally, Agnéby-Tiassa, Gôh, Nawa, Grands Ponts, Sud Comoé, Gbeké, Bélier, Marahoué, Mé, Indénié Djuablin, Moronou) et deux Districts Autonomes (Abidjan et Yamoussoukro) de la Côte d'Ivoire auprès des pisciculteurs. Les missions sur le terrain ont permis de couvrir trente-cinq Départements (Bouaflé, Daloa, Man, Danané, Guiglo, Tiassalé, Divo, Oumé, Ouragahio, Gagnoa, Guéyo, Soubré, Méadji, Lakota, Dabou, Agboville, Azaguié, Anyama, Bingerville, Aboisso, Bonoua,

Grand Bassam, Bouaké, Tiébissou, Yamoussoukro, Sinfra, Toumodi, Taabo, Alépé, Adzopé, Akoupé, Abengourou, Agnibilékrou, Arrah et Bongouanou). La figure 1 présente les différentes localités visitées. L'enquête a été réalisée à l'aide d'un questionnaire élaboré avec le logiciel Sphinx 4.5. Ce questionnaire a permis de renseigner sur les fermes, les espèces élevées, les données de croissance, de production, le profil socio-économique des promoteurs de fermes, les différents types d'aliments utilisés, leur coût, leur disponibilité et leur mode d'utilisation. Les fermes enquêtées ont été visitées puis les documents de gestion ont été consultés et les aliments utilisés pour nourrir les poissons d'élevage ont été échantillonnés pour leur analyse au laboratoire. Les enquêtes ont concerné les pisciculteurs en activité et en raison de la distribution irrégulière des fermes piscicoles sur le territoire ivoirien toutes les fermes accessibles par région, département et sous préfecture visitées ont été enquêtées.

Analyses biochimique et minérale des échantillons

Les analyses biochimiques ont été déterminées selon les méthodes AOAC (2). La teneur en humidité de chaque aliment a été déterminée après séchage à l'étuve de 10 g d'échantillons à 105 °C pendant 24 heures. La teneur en protéines a été obtenue par minéralisation sulfurique d'1 g d'échantillon, suivi de distillation et titrage à l'acide chlorhydrique selon la méthode de Kjeldahl dosant l'azote total ($N \times 6,25$). Les lipides totaux ont été déterminés par extraction dans cinq grammes d'échantillons secs par la méthode de Soxhlet avec l'hexane comme solvant. La teneur en cendres a été obtenue par calcination de cinq grammes d'échantillons au four à moufle à 550 °C pendant 24 h. Les teneurs en fibres ont été obtenues par hydrolyse acide de deux grammes d'échantillons.

Les teneurs en calcium et en phosphore ont été déterminées au spectrophotomètre à absorption atomique à partir de 0,5 g d'échantillons secs selon les techniques décrites par AOAC (3). Les différentes analyses ont été réalisées en triplicat puis les moyennes ont été calculées pour chaque paramètre.

Traitement et analyse des données

Le traitement et l'analyse des données ont consisté au traitement statistique des informations relevées sur les fermes à partir du logiciel sphinx et au calcul des paramètres zootechniques. Les paramètres zootechniques calculés sont:

Le Gain de masse quotidien (g/j) = $\frac{\text{Masse finale} - \text{Masse initiale}}{\text{Durée d'élevage}}$;

L'Intensité de nourrissage (kg/ha/j) = $\frac{\text{Quantité d'aliment distribuée par cycle}}{\text{Superficie exploitée} \times \text{Durée de production}}$;

Le Rendement (kg/ha/an) = $\frac{\text{Quantité totale de poissons produits par an}}{\text{Superficie exploitée en hectare}}$;

Le coût de production du kg de poisson lié à l'aliment (FCFA/kg) = $\frac{\text{Coût d'aliment utilisé par cycle}}{\text{kg de poissons marchands produits}}$.

Analyses statistiques

Les données zootechniques ont été calculées et exprimées en moyenne \pm écart type. Le logiciel STATISTICA 7.1 a été utilisé pour l'analyse statistique des données de croissance, de production et d'économie. Les données ont été analysées par ANOVA à un facteur et le test de Tukey a été utilisé pour les comparaisons multiples des moyennes. Le traitement a été considéré significatif au seuil $\alpha = 0,05$.



Source : INS, RGPH, 1998

Realisation : Alla K.A., 2014

- Chef-lieu de Département
- Chef-lieu de Département visité
- Chef-lieu de Sous-préfecture
- Chef-lieu de Sous-préfecture visité
- Limite d'Etat
- Limite de Région
- Limite de Département
- - - Limite de Sous-préfecture
- Limite de région piscicole
- District autonome d'Abidjan
- District autonome de Yamoussoukro
- Région piscicole visitée

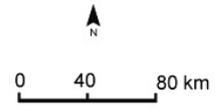


Figure 1: Régions piscicoles visitées en Côte d'Ivoire en 2013.

Résultats

Données de l'enquête

Les données de l'enquête montrent que le système semi intensif d'élevage représente 100% des pisciculteurs enquêtés dans le Grands ponts, l'Agnéby Tiassa, et le Moronou; 96,8% des pisciculteurs enquêtés dans le Sud Comoé, plus de 70% des pisciculteurs du Cavally (75%); le District d'Abidjan (71,4%), l'Indénié Djuablin (70,2%); plus de 50% des pisciculteurs du Tonkpi (66,66%); du Gbeké (57,1%); du Bélier (50%) et de la Mé (58,8%). Les régions de la Marahoué (33,3%); du Haut Sassandra (25%); de la Nawa (11,4%) et du Goh (16,2%) présentent les plus faibles proportions de pisciculteurs en système semi intensif.

Aliments utilisés

Les différents aliments piscicoles rencontrés sur les fermes sont les aliments commerciaux, les aliments produits par les pisciculteurs et les sous-produits agro-alimentaires. Les aliments commerciaux sont constitués des aliments industriels et des aliments provendiers. Les aliments industriels rencontrés sur les fermes sont importés ou nationaux. Les aliments commerciaux industriels importés rencontrés sont produits en Hollande par SKRETTING et commercialisés en Côte d'Ivoire par une grande ferme piscicole. Les aliments commerciaux industriels nationaux sont produits et commercialisés par IVOGRAIN et FACI, deux sociétés de production d'aliments pour animaux d'élevage implantées en Côte d'Ivoire. Les aliments provendiers sont produits et commercialisés dans les Départements de Dabou, Anyama, Agnibilékrou, Bingerville et Abengourou, par le Centre de Recherches Océanologiques (CRO) et par les Grands Moulins d'Abidjan (SOKOBALO). Les aliments commerciaux sont rencontrés sur 50,6% des fermes, les aliments produits par les pisciculteurs sur 34% et les sous-produits agro-alimentaires sur 46,8% des fermes. Les aliments commerciaux nationaux (39,7%) sont les plus rencontrés sur les fermes enquêtées. Ils sont dominés par les aliments Ivograin (55/62). Les commerciaux importés (1,3%) sont très peu rencontrés et les provendiers sont utilisés sur 15,4% des fermes.

Les sous-produits les plus utilisés sont les sons de riz (26,92%) et de maïs (23,08%) (Tableau 1).

Caractéristiques des aliments rencontrés

Les caractéristiques des différents aliments sont présentées dans le tableau 2. Les aliments commerciaux industriels importés sont les plus coûteux (1.000±200 FCFA/kg), suivi des aliments industriels commerciaux nationaux (275±20 FCFA/kg), des aliments commerciaux provendiers (220±65 FCFA/kg) et des aliments produits par les pisciculteurs (115±65 FCFA/kg). Les sous-produits agro-alimentaires sont les moins coûteux (50±40 FCFA/kg). Les aliments commerciaux industriels nationaux et provendiers ont des prix d'achats plus ou moins similaires. Les aliments importés et nationaux sont destinés au tilapia et aux silures à des stades de croissance indiqués par les producteurs tandis que les autres aliments sont utilisés pour tous les stades de croissance et pour toutes les espèces élevées. Les aliments importés sont essentiellement présentés sous forme de granulés extrudés flottants de différentes tailles tandis que les aliments commerciaux nationaux et provendiers sont présentés sous forme de granulés de 2-6 mm et de farine. Les aliments produits et les sous-produits sont présentés sous forme de farine.

Composition biochimique et minérale des aliments

Le tableau 3 présente les compositions biochimiques et minérales des différents aliments utilisés. Les teneurs en protéines de ces aliments varient entre 16,2 (aliments provendiers et sous-produits) et 57% (aliments commerciaux industriels importés). Les teneurs en lipides les plus faibles ont été enregistrées avec les sous-produits agro-alimentaires (0,9%) et les plus élevées avec les aliments enregistrées avec les aliments produits par les pisciculteurs (17,9%). Les teneurs en cendres (17%) et en fibres (56,3%) les plus élevées sont obtenues avec les aliments produits par les pisciculteurs. Les teneurs en glucides varient entre 7,9 (aliments industriels importés) et 48,8% (sous-produits). Les teneurs en énergie brute varient entre 14,4 kJ/g et 20,8 kJ/g avec les rapports protéines/énergies les plus élevés obtenus avec les aliments industriels importés (27,4 mg/kJ) et les plus faibles valeurs enregistrées avec les aliments produits par les pisciculteurs eux-mêmes (6,4 mg/kJ) et les sous-produits agro-alimentaires (5,9 mg/kJ).

Tableau 1
Fréquence d'utilisation des différents aliments.

| Aliments utilisés | Fréquence (n=156) | Occurrence (%) |
|--|----------------------|-------------------|
| <i>Aliments commerciaux</i> | 79 | 50,64 |
| Commerciaux Industriels importés | 2 | 1,28 |
| Commerciaux Industriels nationaux | 62 | 39,74 |
| <i>Ivograin</i> | 55 | 35,26 |
| <i>Faci</i> | 7 | 4,49 |
| Commerciaux provendiers | 24 | 15,38 |
| <i>Aliments produits par les pisciculteurs</i> | 53 | 33,97 |
| <i>Sous-produits agro-alimentaires</i> | 73 | 46,79 |
| <i>Son de riz</i> | 42 | 26,92 |
| <i>Son de maïs</i> | 36 | 23,08 |
| <i>Farine basse de riz</i> | 5 | 3,21 |
| <i>Son de blé</i> | 15 | 9,62 |

* Différents aliments peuvent être rencontrés sur une même ferme.

Tableau 2
Caractéristiques des aliments.

| Caractéristiques | Aliments commerciaux | | | Aliment produit par pisciculteur | Sous-produits agro-alimentaires |
|---------------------------|--|---------------------------------------|---|---------------------------------------|------------------------------------|
| | Industriels | | Provendiers | | |
| | Importés | Nationaux | | | |
| Coût (FCFA/kg) | 1000 ± 200 | 275 ± 20 | 220 ± 65 | 115 ± 50 | 50 ± 40 |
| Origine | Hollande | Abidjan | Locale | Locale | Locale |
| Espèces considérées | - Tilapia - Silures | - Tilapia | - Tilapia - Silures - Mâchoiron | - Tilapia - Silures - Mâchoiron | - Toutes les es- pèces |
| Stades considérés | - Démarrage - Prégrossissement - Grossissement | - Pregrossissement - Grossissement | Tous les stades | - Tous les stades | - Tous les stades |
| Mode de présentation | - Extrudés - Granulés - Flottants | - Farine - Granulés | - Farine - Granulés - Granulés concassés | - Farine | - Farine |
| Tailles des granules (mm) | - 0,5 - 0,7 - 1,0 - 2,5 - 4,5 | -2 | -2 -6 | - | - |
| Disponibilité | Acceptable | Moyenne | Bonne | Produit à volonté | Bonne |

Tableau 3
Composition biochimique et minérale des aliments.

| Paramètres | Commerciaux | | | | | | Produits par pisciculteurs | Sous-produits agro-alimentaires (son de riz; son de maïs; farine basse de riz; son de blé) | | |
|-------------------|----------------------|---------|-----------------------|---------|---------------|---------|----------------------------|--|-------|---------|
| | Industriels importés | | Industriels nationaux | | Proviendriers | | | | | |
| | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | | | | Minimum |
| Humidité (%) | 9 | 10 | 8,87 | 9,5 | 8,71 | 11,35 | 8,55 | 10,51 | 8,46 | 10,48 |
| Protéines (%) | 30 | 57 | 28 | 30,15 | 16,2 | 24,9 | 10,92 | 35,9 | 9,45 | 16,2 |
| Lipides (%) | 5 | 15 | 4 | 7 | 4,3 | 9,42 | 1,83 | 17,86 | 0,93 | 14,54 |
| Cendres (%) | 8 | 11 | 10,76 | 11,53 | 5,47 | 10,84 | 4,7 | 16,97 | 3,44 | 9,96 |
| Fibres (%) | 0,1 | 4 | 6,52 | 8,21 | 9,74 | 43,21 | 4,7 | 56,33 | 8,88 | 51,54 |
| Glucides (%) | 7,9 | 44 | 35,67 | 41,32 | 18,74 | 45,57 | 15,52 | 47,85 | 22,77 | 48,82 |
| Energie (kJ/g) | 17,34 | 20,81 | 16,53 | 17,01 | 15,74 | 17,57 | 14,44 | 21,99 | 15,97 | 18,16 |
| P/E (mg/kJ) | 17,3 | 27,39 | 16,46 | 18,07 | 9,52 | 14,61 | 6,4 | 18,81 | 5,92 | 9,84 |
| Calcium (mg/g) | 6 | 6 | 10,4 | 19,98 | 1,73 | 7,96 | 1,22 | 13,29 | 0,93 | 3,41 |
| Phosphore (mg/g) | 7 | 18 | 10,18 | 13,02 | 2,12 | 15,49 | 4,37 | 65,75 | 2,92 | 15,07 |
| Calcium/phosphore | 0,86 | 0,96 | 0,8 | 1,8 | 0,19 | 3,75 | 0,09 | 1,53 | 0,06 | 1,28 |

Les plus faibles (0,1) et les plus fortes valeurs (1,8) de calcium/phosphore sont obtenues respectivement avec les sous-produits agro-alimentaires et les aliments commerciaux nationaux.

Facteurs influençant l'utilisation des aliments

Les fréquences d'utilisation des différents aliments en fonction de la région, de la localisation de la ferme et des caractéristiques socio-économiques des promoteurs de ferme sont présentées au tableau 4.

Les résultats permettent d'observer que les régions de la Marahoué, du Haut Sassandra, du Goh, de la Nawa et du Moronou sont caractérisées par une forte utilisation des sous-produits agro-alimentaires (75-100%) dans l'alimentation des poissons en semi intensif. A l'inverse, les régions du Cavally, le District d'Abidjan, les Grands ponts, le Sud Comoé et l'Agnéby Tiassa, représentent les régions de forte utilisation d'aliments commerciaux. La production d'aliment par les pisciculteurs eux mêmes est plus observée dans les régions du Tonkpi, des Grands ponts et du Bélier (45,5 – 66,7%). Les fermes situées en zone urbaines et périurbaines utilisent plus un aliment commercial (34,5%) et produit (36,8%).

A l'inverse, en zone rurale, les pisciculteurs utilisent plus les sous-produits (40,7%) et les aliments commerciaux (41,5%) par rapport aux aliments produits (17,8%). La production d'aliment sur les fermes est observée en majorité (34,3%) chez les pisciculteurs âgés de moins de 40 ans tandis que les sous-produits sont plus utilisés chez les pisciculteurs âgés de 40-60 ans (37%) et plus de 60 ans (40%). Les origines allogène et allochtone sont caractéristiques d'une forte utilisation des sous-produits au détriment des autres types d'aliment. Les autochtones utilisent proportionnellement les trois types d'aliments rencontrés. Le promoteur de sexe féminin utilise en majorité les aliments commerciaux (47,6%) et produits (38,1%). A l'inverse, les hommes utilisent le plus les aliments commerciaux (37,5%) et les sous-produits (38%). Les salariés (46,4%) et les opérateurs économiques (47,5%) sont caractérisés par une utilisation massive d'aliments commerciaux, les agriculteurs utilisent plus les sous-produits (47,3%) et les pisciculteurs de métier ont tendance à produire leur aliment (50%).

Tableau 4

Influence de la région, de la localisation de la ferme et des caractéristiques socio-économiques des promoteurs de fermes sur l'utilisation d'aliment en système semi intensif.

| Facteurs | Fréquence d'utilisation des aliments (%) | | | Effectif total |
|---------------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|----------------|
| | Commerciaux | Produits par les pisciculteurs | Sous-produits agro-alimentaire | |
| <i>Régions</i> | | | | |
| Marahoué | 5,55 | 16,67 | 77,78 | 16 |
| Haut Sassandra | 0 | 25 | 75 | 4 |
| Tonkpi | 33,33 | 66,67 | 0 | 6 |
| Cavally | 57,14 | 28,57 | 14,29 | 6 |
| Nawa | 16,67 | 16,67 | 66,67 | 4 |
| Gôh | 0 | 0 | 100 | 6 |
| Grands Ponts | 45,45 | 45,45 | 9,09 | 9 |
| Sud Comoé | 43,75 | 29,17 | 27,08 | 30 |
| District d'Abidjan | 66,66 | 25 | 8,33 | 10 |
| Agnéby Tiassa | 73,33 | 20 | 6,67 | 11 |
| Gbeké | 0 | 50 | 50 | 4 |
| Bélier | 42,86 | 42,86 | 14,29 | 5 |
| Moronou | 0 | 0 | 100 | 2 |
| Indénié Djuablin | 36,36 | 15,91 | 47,73 | 33 |
| Mé | 50 | 25 | 25 | 10 |
| <i>Localisation de la ferme</i> | | | | |
| Urbaine et périurbaine | 34,48 | 36,78 | 28,74 | 67 |
| Rurale | 41,53 | 1,78 | 40,68 | 89 |
| <i>Age du promoteur</i> | | | | |
| Moins de 40 ans | 40 | 34,29 | 25,71 | 26 |
| 40-60 ans | 37,78 | 25,19 | 37,04 | 102 |
| 60 ans et plus | 40 | 20 | 40 | 28 |
| <i>Sexe du promoteur</i> | | | | |
| Féminin | 47,62 | 38,1 | 14,29 | 15 |
| Masculin | 37,5 | 24,46 | 38,04 | 141 |
| <i>Origine du promoteur</i> | | | | |
| Autochtone | 38,58 | 30,71 | 30,71 | 96 |
| Allochtone | 38,18 | 21,82 | 40 | 44 |
| Allogène | 39,13 | 8,7 | 52,17 | 16 |
| <i>Fonction du promoteur</i> | | | | |
| Salarié | 46,43 | 25 | 28,57 | 43 |
| Opérateur économique | 47,5 | 27,5 | 25 | 28 |
| Agriculteur | 31,18 | 21,51 | 47,31 | 72 |
| Pisciculteur | 31,25 | 50 | 18,75 | 13 |

Tableau 5

Espèces élevées en système semi intensif (n=156).

| Espèces | Fréquence | Pourcentage |
|---|-----------|-------------|
| Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) | 155 | 99,36 |
| Heterotis (<i>Heterotis niloticus</i>) | 65 | 41,67 |
| Silure (<i>Heterobranchus longifilis</i> , <i>Clarias gariepinus</i> , <i>Hetero-clarias</i>) | 59 | 37,82 |
| Mâchoiron (<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>) | 15 | 9,62 |
| <i>Parachana africana</i> | 2 | 1,28 |
| Carpe (<i>Labeo coubie</i>) | 1 | 0,64 |

* Différentes espèces peuvent être rencontrées sur une même ferme.

Tableau 6

Paramètres de croissance des poissons, de production et d'économie des pisciculteurs en système semi intensif en fonction des aliments utilisés.

| Paramètres | Aliments commerciaux (n= 37) | Aliments produits par les pisciculteurs (n = 29) | Sous-produits agro- alimentaires (n=41) |
|---|---------------------------------|--|---|
| <i>Paramètres de croissance</i> | | | |
| Durée de production (mois) | 9,46 ± 1,52 ^a | 9,62 ± 1,64 ^a | 9,57 ± 1,57 ^a |
| Poids marchands Tilapia (g) | 336,84 ± 57,17 ^b | 305,52 ± 66,05 ^a | 302,07 ± 51,21 ^a |
| Poids marchands Heterotis | 3833,33 ± 1607,28 ^b | 2766,67 ± 1337,9 ^a | 3202,38 ± 920,66 ^a |
| Poids marchands Silure (g) | 2650,00 ± 2398,09 ^b | 2133,33 ± 1526,98 ^a | 2187,50 ± 1334,63 ^a |
| GMQ Tilapia (g/j) | 1,20 ± 0,17 ^b | 1,07 ± 0,21 ^a | 1,06 ± 0,11 ^a |
| GMQ Heterotis (g/j) | 12,36 ± 4,39 ^a | 9,76 ± 5,92 ^a | 11,46 ± 3,64 ^a |
| GMQ Silure (g/j) | 9,26 ± 8,66 ^b | 6,97 ± 5,09 ^a | 6,74 ± 3,63 ^a |
| <i>Paramètres de production</i> | | | |
| Intensité de nourrissage (kg/ha/j) | 28,36 ± 13,93 ^a | 30,85 ± 12,61 ^a | 77,56 ± 47,01 ^b |
| Production totale (kg) | 2770,66 ± 2353,82 ^a | 3225,54 ± 2938,14 ^a | 3346,88 ± 2081,35 ^a |
| Rendement (kg/ha/an) | 4252,38 ± 2657,27 ^b | 2837,83 ± 1544,05 ^a | 2445,45 ± 1693,36 ^a |
| <i>Paramètres d'économie</i> | | | |
| Prix aliment (FCFA/kg) | 245 ± 45 ^c | 115 ± 50 ^b | 25 ± 20 ^a |
| Coût de production lié à l'aliment (CFA/kg) | 475 ± 115 ^b | 335 ± 125 ^b | 210 ± 95 ^a |
| Prix de vente tilapia (FCFA/kg) | 1530 ± 425 ^b | 1445 ± 400 ^b | 1195 ± 270 ^a |
| Prix de vente Heterotis (FCFA/kg) | 1250 ± 250 ^a | 1290 ± 544 ^a | 1120 ± 265 ^a |
| Prix de vente silure (FCFA/kg) | 1311,54 ± 404,22 ^b | 1160 ± 477,49 ^b | 1085 ± 320 ^a |

Les valeurs portant les mêmes lettres alphabétiques sur la même ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de $\alpha = 0,05$.

Espèces retrouvées sur les fermes

Les espèces retrouvées sur les fermes en système semi intensif sont le tilapia (*Oreochromis niloticus*) l'Heterotis (*Heterotis niloticus*), les Silures (*Heterobranchus longifilis*, *Clarias gariepinus*, *Hetero-clarias*), le Mâchoiron (*Chrysichthys nigrodigitatus*), le *Parachana africana* et la Carpe (*Labeo coubie*) (Tableau 5).

Les espèces les plus rencontrées sont le tilapia (99,4%), l'heterotis (41,7%) et les silures (37,8%).

Paramètres de croissance de production et d'économie

Les paramètres de croissance et d'économie sont significativement plus élevés avec l'utilisation des aliments commerciaux par rapport aux aliments produits par les pisciculteurs et aux sous-produits agro-alimentaires (Tableau 6). Cependant, ces paramètres ne varient pas significativement avec l'utilisation des aliments produits et des sous-produits.

Les intensités de nourrissage aux sous-produits agro-alimentaires (77,6±47 kg/ha/j) sont significativement plus élevés ($p < 0,05$) par rapport à ceux obtenus avec les aliments produits par les pisciculteurs (30,9±12,619 kg/ha/j) et commerciaux (28,4 ± 13,9 kg/ha/j).

Les rendements obtenus avec l'utilisation des aliments commerciaux (4252,4±2657,3 kg/ha/an) sont significativement plus élevés que ceux obtenus avec les aliments produits (2837,9±1544,1 kg/ha/an) et les sous-produits agro-alimentaires (2445,5 ± 1693,4 kg/ha/an).

Discussion

Le système semi intensif est pratiqué à 100% dans trois régions et à plus de 50% dans sept régions enquêtées. Ce résultat permet de confirmer que le système semi intensif d'élevage des poissons est l'un des systèmes les plus pratiqués en Côte d'Ivoire. Par ailleurs, la dominance de ce système dans les régions du Tonkpi, du Cavally, des Grands Ponts, du Sud Comoé, du District d'Abidjan, de l'Agnéby Tiassa, du Gbeké, du Bélier, de l'Indénié Djuablin et de la Mé pourrait s'expliquer par une culture semi intensive de l'élevage des poissons avec utilisation d'aliment complet transmise dans ces régions par les projets d'appui à la professionnalisation piscicole. En effet, ces régions ont été les zones de projets d'appui (projet BAD Ouest à l'Ouest, Projet d'appui à la Pisciculture au Centre Ouest, Projet d'Appui à la Pisciculture Paysanne de l'Est au Sud Est et à l'Est) au développement de l'aquaculture orientés vers l'intensification de la production piscicole par les systèmes d'élevage intensif et semi intensif avec utilisation des aliments composés commerciaux ou produits à partir des matières premières locales (20). Ce qui explique également l'utilisation d'aliment composés commerciaux ou produits par les pisciculteurs en majorité dans ces régions au détriment des sous-produits. La forte utilisation d'aliment commercial dans ces régions pourrait également s'expliquer par une forte proportion de salariés et d'opérateur économiques parmi les promoteurs de ferme dans ces régions. Par ailleurs, l'utilisation d'aliments industriels nationaux (IVOGRAIN et FACI) et provendiers sur les fermes piscicoles a déjà été rapportée par FAO (9). De même, la production d'aliments par les pisciculteurs eux mêmes et l'utilisation de sous-produits agro-alimentaires ont déjà été rapportés par Layrol (16) et Toilly (29) dans certaines régions de la Côte d'Ivoire.

Cependant l'utilisation d'aliments commerciaux industriels importés sur les fermes d'élevage semi intensif semble être une activité récente. Par ailleurs, le prix moyens de ces aliments de 1.000 ± 200 FCFA/kg justifierait leur faible utilisation de 1,3% par les pisciculteurs en système semi intensif.

L'aliment industriel national produit par Ivograin est le plus retrouvé sur les fermes par rapport aux aliments FACI, aux aliments commerciaux importés et aux aliments provendiers. Cette forte présence des aliments Ivograin pourrait s'expliquer par le fait que cette société spécialisée dans la fabrication des aliments d'animaux d'élevage commercialise ses aliments sur toute l'étendue du territoire ivoirien à partir de magasins de vente situés dans presque toutes les grandes villes du pays. Par ailleurs, les prix de vente des aliments commerciaux provendiers (220 ± 65 FCFA/kg) présentés sous forme de farine similaire aux aliments commerciaux industriels nationaux traduits un besoin local d'aliment dans certaines zones à forte activité piscicole. Aussi, la production d'aliment à un prix de revient moyen de 115 ± 50 FCFA/kg par 34% des pisciculteurs contre 275 ± 20 FCFA/kg pour les aliments commerciaux nationaux répond non seulement à un besoin d'aliment mais aussi à une volonté de réduction du coût de l'aliment par certains pisciculteurs autochtones et allogènes, agés de moins de 40 ans pour la plupart situés en zone urbaine et périurbaine profitant d'une accessibilité des matières premières. L'utilisation de sous-produits agricoles dans la pisciculture ivoirienne pourrait s'expliquer par la forte production, la bonne disponibilité locale et le faible coût (50 ± 40 FCFA/kg) de ces sous-produits agricoles constitués majoritairement de sous-produits céréaliers. En effet, le riz et le maïs dont sont issus la plupart de ces sous-produits agricoles utilisés pour nourrir les poissons d'élevage sont produits localement et disponibles presque toute l'année dans la sous-région de l'Afrique de l'Ouest (19, 25). En effet, les cultures du riz et du maïs sont les deux principales spéculations céréaliers en Côte d'Ivoire.

Aussi leur utilisation comme aliment piscicole pourrait-elle être également due à une faible disponibilité d'aliments piscicoles dans les zones rurales et à l'incapacité de certains pisciculteurs à utiliser les aliments commerciaux (4, 9).

En effet, ils sont utilisés en majorité par les hommes pisciculteurs-agriculteurs allochtones agés de 40-60 ans et plus, situés en zone rurale.

Selon Brechbühl (4) et; Crentsil et Ukpung (6), ces pisciculteurs sont en général des planteurs de café, de cacao, d'huile de palme, et d'autres cultures pour qui la pisciculture est une seconde activité. Par ailleurs, l'utilisation de sous-produits agricoles a été vulgarisée auprès des agriculteurs, des jeunes déscolarisés et des populations à faibles revenus situés en zone rurale par les projets de développement de l'aquaculture paysanne initiés en Côte d'Ivoire depuis les années coloniales (20). La formulation d'aliment de faible qualité par les provendiers et les pisciculteurs et l'utilisation de sous-produits agro-alimentaires dans l'alimentation des poissons traduits une faible disponibilité d'aliment de qualité sur les fermes et une non professionnalisation de la filière piscicole comme rapporté par FAO (9) et MIPARH (20). Ces résultats expriment également une volonté de réduction du coût de production en système semi intensif comme constaté par Lazard (17); et De Silva et Hasan (8) dans la plupart des pays de l'Afrique de l'Ouest et en Asie.

Ils expriment aussi que l'utilisation d'aliment pour la pisciculture est liée à la situation géographique (régions, localisation, culture), à l'âge, l'origine, le sexe et la fonction principale du promoteur de la ferme comme rapporté par Gabriel *et al.* (12) en Afrique de l'Ouest; et Ranjet et Kurup (26) sur les fermes d'élevage de crevette en Inde.

Par ailleurs, les besoins en nutriments des tilapias et des silures sont en général compris entre 25-55% de protéines, 4-10% de lipides, 25-40% de glucides, 15-25 kJ/g d'énergie, 16-22 mg/kg de rapport protéines/énergie; 2-6,5 mg/g de calcium, 3-9 mg/g de phosphore; de 0,7-1 rapport calcium/phosphore pour des teneurs en cendres et en fibres inférieurs à 10% (13, 27, 22, 32). Ces données permettent d'observer que seuls les aliments commerciaux industriels importés répondent aux besoins de croissance des différentes tailles et espèces de poissons élevés.

Les aliments industriels commerciaux nationaux répondent seulement aux besoins de croissance en prégrossissement du tilapia et en grossissement du tilapia et du silure.

Les aliments produits par les provendiers et par les pisciculteurs sont en général pauvres en protéines et riches en fibres et ont des rapports protéine/énergie faibles. De plus, ils présentent quelque fois de faibles valeurs de rapports calcium/phosphore et sont présentés sous forme de poudre et utilisés pour tous les stades de production des poissons élevés. La comparaison de la composition biochimique des sous-produits agricoles aux besoins des poissons permet d'observer que ceux-ci sont de qualité insuffisante, riches en fibres et en substances anti nutritionnelles pour permettre une bonne croissance des poissons élevés. La faible qualité des aliments produits par les provendiers et les pisciculteurs pourrait s'expliquer par la non qualification en formulation d'aliment de ces producteurs qui sont des commerçants, des agriculteurs, des salariés ou des opérateurs économiques (4, 9, 20, 15). La faible qualité des aliments formulés par les pisciculteurs par rapport aux aliments commerciaux a également été observée dans plusieurs pays de l'Afrique de l'Ouest et au Bangladesh (12, 18).

Elle serait due à l'absence de matériels de production d'aliment adaptés, à la méconnaissance des besoins nutritionnels des poissons élevés, au manque de suivi, d'encadrement et à l'absence de gérance des fermes par des professionnels (12, 18). La faible valeur nutritionnelle des sous-produits agricoles et agro-alimentaires utilisés pour nourrir les poissons d'élevage est due au fait qu'ils proviennent de produits céréaliers généralement pauvres en protéines et calcium en raison de leur origine végétale (13, 28). Les faibles teneurs de protéines et de calcium d'une part et les taux élevés en fibres d'autres part sont dus au fait que ces sous-produits sont généralement constitués de fragments d'amidon, de faibles proportions de germes mais en grande partie de péricarpes issus des opérations de décorticage et de blutage des graines (13).

Cependant les compositions biochimiques de ces sous-produits varient en général d'un auteur à l'autre.

Ces différences de compositions des sous-produits d'un auteur à l'autre d'une part et entre nos résultats et ceux rapportés par Guillaume *et al.* (13), Sauvant *et al.* (28) et Abariké *et al.* (1) d'autre part pourraient être dues aux différences de composition de ces sous-produits telles que les taux de fragment de germe, les balles et le péricarpe qui peuvent être influencés par le matériel et le procédé de production.

Les valeurs élevées des paramètres de croissance et de production du tilapia et du silure observées avec les aliments commerciaux par rapport aux aliments produits par les pisciculteurs et les sous-produits agro-alimentaires pourraient s'expliquer par les différences de qualité de composition (protéines, fibres, énergie) et de présentation (taille, nature) de ces différents aliments. La faible valeur nutritionnelle des sous-produits, des aliments produits par les pisciculteurs par rapport aux besoins des espèces élevées justifieraient les faibles poids marchands tilapia, les gains moyens quotidiens égaux à 1 g/j et les faibles rendements. Toutefois, l'amélioration des paramètres de croissance de production et d'économie avec une intensité de nourrissage aux sous-produits soutenue en système semi intensif laisse penser que ces sous-produits peuvent améliorer la productivité des étangs piscicoles à forte distribution.

Cette intensité de nourrissage soutenue, contribue à la mise en place d'une alimentation naturelle composée de zooplancton, de phytoplancton, d'insectes, de mollusques et de tous les organismes benthiques de petites tailles disponibles comme alimentation d'appoint pour les poissons (7). Par ailleurs, les poids marchands tilapia et les rendements similaires observés avec les aliments produits et les sous-produits pourraient s'expliquer par la faible distribution d'aliment de faible qualité produit par les pisciculteurs. Mais, quelque soit l'aliment distribué en élevage semi intensif, les gains moyen quotidien enregistrés sont en général inférieur à 1,5 g/j et les rendements inférieurs à 10.000 kg/ha/an.

Ce qui traduit une faible capacité des fermes en élevage semi intensif à produire des poissons marchands compétitifs en quantité suffisante. Cette situation serait due à la faible utilisation d'aliments de qualité, à l'association des aliments commerciaux aux sous-produits dans l'alimentation et à la non professionnalisation de la filière piscicole (9). Il conviendrait d'améliorer la qualité des aliments produits par les pisciculteurs et les provendiers, de sensibiliser les pisciculteurs à l'utilisation d'aliments composés de qualité, aux respects des bonnes pratiques d'alimentation et de production afin d'améliorer la production de poissons en système semi intensif et d'influencer la production nationale de poisson et l'économie ivoirienne.

Références bibliographiques

1. Abarike E.D., Attipoe F.Y.K. & Alhassan E.H., 2012, Effects of feeding fry of *Oreochromis niloticus* on different agro-industrial by-products, *Int. J. Fish. Aquac.*, **4**, 178-185.
2. A.O.A.C., 1995, *Official methods of analysis, 16th edition*. Association of Analytical Chemist, Arlington, Virginia, USA. 1094.
3. A.O.A.C., 2003, *Metals and others elements*. Association of Analytical Chemist. Arlington, Virginia, USA. 1425 p.
4. Brechbühl A., 2009, *The future of pisciculture in southern Côte d'Ivoire*. Bachelor Thesis: Federal Institute of Technology- Agri-food and Agri-environmental Economics Group, Zürich (Swiss), 50p.
5. C. I. F. A., 1998, *A strategic reassessment of fish farming potential in Africa*. CIFA Technical Paper **32**, 1-15.
6. Crentsil C. & Ukpong I.G., 2014, Economics of Fish Production in Amansie-west District of Ghana: Implication for Food Security in West Africa, *Asian J. Agric. Exten. Econ. Sociol.*, **3**, 3, 179-188.
7. Dabbadié L., 1996, *Etude de la viabilité d'une pisciculture rurale à faible niveau d'intrant dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire: approche du réseau trophique*. Thèse de Doctorat, Océanologie Biologique, Université de Paris 6, France, 214 p.

8. De Silva S.S. & Hasan M.R., 2007, *Feeds and fertilizers: The key to long-term sustainability of Asian aquaculture*, pp 19-47, In: MR Hasan, T Hecht, SS De Silva & AGJ Tacon (Editors), *Study and analysis of feeds and fertilizers for sustainable aquaculture development*. FAO Fisheries Technical Paper. No. 497. Rome, 510.
9. F.A.O., 2008, *Profil de la pêche par pays, la république de Côte d'Ivoire*. Rome, Italie: FAO, http://ftp.fao.org/FI/DOCUMENT/fcp/fr/FI_CP_CI.pdf (30/10/2014)
10. F.A.O., 2013, *Le rôle de l'aquaculture dans l'amélioration de la nutrition: possibilités et défis, Comite des pêches, septième session, Saint-Pétersbourg (Fédération de Russie), 7-11 Octobre 2013 COFI: aq/vii/2013/7, 9*.
11. F.A.O., 2014, *Fisheries and aquaculture information and statistics service - Rome, Italie: FAO* <http://www.fao.org/figis/servlet/SQServlet?ds=Aquaculture&k1=COUNTRY&k1v=1&k1s=107&outtype=html> (08/11/2014)
12. Gabriel U.U., Akinrotimi O.A., Bekibele D.O., Onunkwo D.N. & Anyanwu P.E., 2007. Locally produced fish feed: potentials for aquaculture development in sub-Saharan Africa, *Afr. J. Agric. Res.*, **2**, 287-295
13. Guillaume J., Kaushik S., Bergot P. & Metailler R., 1999, *Nutrition et alimentation des poissons et crustacés*, INRA, Paris, France, 485.
14. Jamu D.M. & Ayinla O.A., 2003, *Potential for the development of Aquaculture in Africa*. NAGA. **26**, 9-13.
15. Koumi A.R., Kimou B.N., Atsé B.C., Ouattara I.N. & Kouamé L. P. 2015. Fish Feeds Used in Côte d'Ivoire: Nature, Quality, Use and Productivity, *Asian J. Agric. Food Sci.*, **3**, 2, 225-236.
16. Layrol V. 1996. *Les nouvelles perspectives de développement de l'aquaculture du tilapia en Afrique subsaharienne*. Commission Economique pour l'Afrique des Nations Unies, Addis-Abeba, Ethiopie, 85 p.
17. Lazard J., 2009, La pisciculture des tilapias. *Cah. Agric.*, **18**(2-3), 174-182, Pisciculture: le poisson de demain, Synthèse. DOI : 10.1684/agr.2009.0305.
18. Mammur-Ur-Rashin M., 2013, Improving aquaculture feed in Bangladesh: From feed ingredients to farmer profit to safe consumption, *Agric. Biosyst. Engin.*, **34**, 1-11.
19. Mendez del Villar P. & Bauer J. M., 2013, Le riz en Afrique de l'Ouest: dynamiques, politiques et perspectives, *Cah. Agric.*, **22**, 336-344. Doi: 10.1684/agr.2013.0657
20. M. I. P. A. R. H. (Ministère de la Production Animale et des Ressources Halieutiques), 2008, *Contexte actuel et proposition d'orientations stratégiques pour le plan de développement de l'aquaculture ivoirienne*. Abidjan; Côte d'Ivoire: Ministère de la Production Animale et des Ressources Halieutiques.
21. Mozaffarian D. & Rimm E.B., 2006, *Fish intake, contaminants, and human health: Evaluating the risks and the benefits*, *JAMA*, **296**, 1885-1899.
22. New M.B., 1987, *Feed and feeding of fish and shrimp. A manual on the preparation and presentation of compound feeds for shrimp and fish in aquaculture*, ADCP/REP/87/26, FAO, Rome.
23. O.C.D.E - F.A.O., 2011, *Produits de la pêche et de l'aquaculture* pp sont 171-184. In: OCDE/FAO, (Editor), *Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO* Rome, Italie.
24. Ozigbo E., Anyadike C., Adegbite O. & Kolawole P., 2014, Review of Aquaculture production and management in Nigeria, *Amer. J. Exp. Agric.*, **40**, 10, 1137-1151.
25. P.R.E.S.A.O., 2011, *Analyse de la compétitivité du riz local en Côte d'Ivoire*. Résumé numéro **3**, 8.
26. Ranjet K. & Kurup B. M., 2013, Economic analysis of polder based freshwater prawn farming systems in Kuttanad, India, *Int. J. Fish. & Aquacult.*, **5**, 6, 110-121.
27. Robinson E., Li M.H. & Hogue C.D., 2006, *Catfish nutrition: Nutrient requirements*. Mississippi USA: State University Extension Service Publication 2412, 4.
28. Sauvant D., Perez J.M. & Tran G., 2004, *Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage*. INRA, Deuxième édition revue et corrigé. Paris, France, 304 p.
29. Toily K.N.B., 2009, *La filière piscicole en Côte d'Ivoire: cas des régions d'Abidjan, Agboville et Aboisso*. Thèse de Doctorat de Médecine Vétérinaire: Ecole-Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires, Dakar, Sénégal, 94 p.

30. Toppe J., Bondad-Reantaso M.G., Hasan M.R., Josupeit H., Subasinghe R. P., Halwart M. & James D., 2012, *Aquatic biodiversity for sustainable diets: The role of aquatic foods in food and nutrition security pp sont* 94-101, In: FAO (Editors), *Sustainable diets and biodiversity*, Rome, Italie, 309.
31. Weichselbaum E., Coe S., Buttriss J. & Stanner S., 2013, *Fish in the diet: Rev., Nutr. Bull.*, **38**, 128-177.
32. Wilson R.P. & Moreau Y., 1996. Nutrimint requirement of catfishes (Siluroidei). *Aquat. Living Resour.*, **9**, 103-111.

A.R. Koumi, Ivoirien, PhD, Chercheur, Centre de Recherches Océanologiques, Département Aquaculture, Laboratoire de nutrition, Abidjan, Côte d'Ivoire.

B.N. Kimou, Ivoirien, Etudiant en thèse, Université Félix Houphouët Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire d'Hydrobiologie, Abidjan, Côte d'Ivoire.

I.N. Ouattara, Ivoirien, PhD, Enseignant Chercheur, Maître de Conférences, Université Félix Houphouët Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire d'Hydrobiologie, Abidjan, Côte d'Ivoire.

K. M. Koffi, Ivoirien, PhD, Enseignant Chercheur, Maître de Conférences, Université Félix Houphouët Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire de Biotechnologie et Sciences des aliments, Abidjan, Côte d'Ivoire.

B.C. Atse, Ivoirien, PhD, Chercheur hydrobiologiste, Directeur de Recherche, Centre de Recherches Océanologiques, Département Aquaculture, Laboratoire de nutrition, Abidjan, Côte d'Ivoire.

L.P. Kouame, Ivoirien, PhD, Enseignant Chercheur, Professeur Titulaire, Université Nangui Abrogoua, UFR des Sciences et Technologies des Aliments (STA), Abidjan, Côte d'Ivoire.

La pisciculture continentale dans la région du Gontougo (Côte d'Ivoire): Caractérisation et aspects socio-économiques

K.M. N'dri^{1*}, K. Yao² & G.J. Ibo¹

Keywords: Artisanal fish farming - Sustainable management - Socio-economic aspect - Gontougo-Ivory Coast

Résumé

*Cette étude fait l'état des lieux de la pisciculture dans la région du Gontougo. Elle a été réalisée de mai à septembre 2013 à l'aide d'un questionnaire et d'entretiens individuels auprès des pisciculteurs. Il ressort des résultats obtenus que la pisciculture est de type artisanal et qu'elle joue un rôle socio-économique important. Elle est totalement pratiquée par des nationaux, majoritairement représentés par l'ethnie abron (77,8%). Cette activité est surtout pratiquée par les personnes âgées de 45 ans au moins (77,8%). Nous avons observé que 41,7% des étangs sont en dérivation contre 58,3% d'étangs de barrage. L'essentiel des espèces de poissons élevées est constitué de *Oreochromis niloticus* Linné, 1758 et *Heterobranchus longifilis* Valenciennes, 1840. La production piscicole totale en 2012 a été estimée à 3.552,5 kg dans 68 étangs. Les quantités produites sont très variables d'un pisciculteur à un autre, avec une moyenne de 592,1±635,9 kg/pisciculteur/an. La totalité (100%) des pisciculteurs nourrissent les poissons avec les sous-produits agricoles. Ils éprouvent des difficultés à nourrir correctement les poissons. Ils ne bénéficient pas de financement, d'encadrement et de formation. Certains pisciculteurs (33,3%) souffrent du problème d'eau sur les sites aménagés. Tous ces facteurs constituent une entrave à une gestion durable des ressources halieutiques.*

Continental Fish Farming in the Gontougo Area (Ivory Coast): Characterization and Socio-economic Aspects

*This study aims at identifying the current state of fish farming in the area of Gontougo. It was carried out from May to September 2013 using a questionnaire and individual interview with fish farmers. The results showed that all producers practiced artisanal fish farming and this activity played an important socio-economic role. Fish farming is exclusively carried out by local people belonging mainly to the Abbron ethnic group (77.8%). This activity is mainly practiced by people aged 45 years and over (77.8%). It was observed that 41.7% of the ponds are in derivation while 58.3% are barrage ponds. *Oreochromis niloticus* Linné, 1758 and *Heterobranchus longifilis* Valenciennes, 1840 are the most reared fish species. The total fish production in 2012 was estimated to 3,552.5 kg in 68 ponds. The produced quantities vary from a fish farmer to another, with an average production of 592.1±635.9 kg/fish farmer/year. All fish farmers (100%) feed the fish with agricultural by-products. They have difficulties to feed them properly. They didn't receive funding, coaching and training. Some fish farmers (33.3%) faced water problem. All these factors are an obstacle to sustainable management of fish farming in this area.*

¹Université Nangui Abrogoua, UFR Sciences et Gestion de l'environnement, Abidjan, Côte d'Ivoire.

²Université Nangui Abrogoua, UFR Sciences de la Nature, Abidjan, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant: Email: ndrimarycel7@yahoo.fr

Reçu le 08.10.15 et accepté pour publication le 02.02.16

Introduction

En Côte d'Ivoire, l'aquaculture a été introduite vers les années quarante par l'administration coloniale française. Elle avait pour but de rechercher une diversification des sources de protéines animales destinées à subvenir aux besoins sans cesse croissants de la population (1). Au départ, il s'agissait essentiellement d'une pisciculture d'eau douce. Mais le résultat s'est avéré insuffisant en raison de l'absence d'une véritable tradition aquacole et le fait qu'elle soit restée une activité accessoire au monde rural au profit du secteur agricole basé sur la production du café et du cacao. Malgré la faiblesse de sa production, de son apport en termes de croissance économique, de son intégration dans l'économie, le secteur piscicole tient une place de choix dans les domaines économique, social et surtout nutritionnel. Au plan de la sécurité alimentaire, le poisson est la première source de protéines animales du consommateur ivoirien (6). Pour les populations à faible revenu, il est souvent la seule source de protéine accessible selon Micha et Frank cité par Vanga (11). En termes de production halieutique (toutes pêcheries confondues), il est envisagé de porter la production annuelle totale des productions halieutiques qui était de l'ordre de 52.000 tonnes en 2007 à environ 89.000 tonnes en 2015; 123.000 tonnes en 2020 et 152.000 tonnes en 2025 (9). L'atteinte de ces prévisions suppose un système de production halieutique nationale (pêche et aquaculture) performant (plus 200 % d'accroissement d'ici 2025).

Or dans la région concernée par cette étude, les activités halieutiques restent encore mal connues bien que cela constitue pour les acteurs une source de revenus et alimentaire non négligeables. Les récents rapports d'activités et les recherches réalisées sur la pisciculture artisanale (2, 3, 4, 7, 8, 10, 12) en Côte d'Ivoire sont nombreux. Toutefois, la majorité de ces travaux a été entreprise au Sud, au Centre et à l'Ouest du pays. Par contre, la région du Gontougo (dans le Nord-Est), n'a encore fait l'objet d'aucune étude socio-économique concernant la pisciculture.

C'est pourquoi, la présente étude de diagnostic consiste à réaliser un état des lieux de la pisciculture. Elle s'inscrit dans la problématique de la gestion durable des ressources halieutiques en eau continentale. Elle se propose d'étudier les facteurs de production, le niveau d'exploitation et le circuit de commercialisation des produits de pêche, le financement et la rentabilité de cette activité.

Matériel et méthodes

Zone d'étude

Cette étude a été réalisée dans la région du Gontougo, située au Nord-Est de la Côte d'Ivoire entre le 7°10 et le 8°75 de latitude Nord et le 2°5 et 4° de longitude Ouest (Figure 1). Elle est localisée dans une zone forestière avec une transition climatique de type soudano-guinéen et caractérisée par un relief très accidenté. Les trois départements de la région (Bondoukou, Tanda, Transua) où existent les activités piscicoles ont été retenus pour les enquêtes. Le département de Koun-Fao n'a pas été retenu parce qu'il n'y a pas d'activité piscicole.

Collecte et traitement des données

Avant l'enquête proprement dite, une étude préliminaire a eu lieu sur les différents sites d'étude. Celle-ci a permis d'échanger avec les pisciculteurs et d'avoir une première idée sur les données à collecter. Cette première phase d'étude a également permis de tester et de compléter le questionnaire. En ce qui concerne la collecte des données, deux techniques ont été utilisées: l'enquête par questionnaire et l'observation directe des faits. Le questionnaire a été administré aux pisciculteurs en activité ou non sur les sites retenus. Il a consisté à évaluer les pratiques et les productions des pisciculteurs, à analyser le circuit de commercialisation et la rentabilité de l'activité. Pour ce qui est de l'observation directe des faits, elle vient en complément de la première technique. Elle a consisté à suivre les pratiques habituelles des pisciculteurs, à vérifier le matériel utilisé et à fixer les faits les plus marquants. Cette dernière étape a permis de se familiariser avec les réalités des sites piscicoles retenus et de vérifier les informations qui ont été recueillies à partir du questionnaire.



(Source : <http://www.abidjan.net/élections/régionales/2013/élection/régions>)

Figure 1: Carte de région du Gontougo (Côte d'Ivoire).

Tableau 1

Fermes piscicoles recensées dans la région du Gontougo.

| Départements | Sous-préfectures | Sites des fermes | |
|--------------|------------------|--------------------|-------------------|
| Bondoukou | Bondoukou | Assouma | |
| | | Songori* | |
| | | Gouméré | N'guettiakro |
| | | Tabagne | Tabagne Iguela |
| Tanda | Tanda | Guiendé | |
| | | Lomo | |
| | | Siasso Ahibango | |
| | Amanvi | Amanvi* | |
| Transua | Assuefry | Assuefry | |
| Koun-fao | - | - | |
| Total | | 11 | |

Chaque site correspond à une ferme piscicole ou à un pisciculteur. * : ferme non enquêtée.

(Source : Données d'enquête)

Cette étude a été réalisée sur une période de 5 mois (de mai à septembre 2013). Les informations recherchées ont concerné: le nom, l'âge, la nationalité, l'ethnie, la religion, la situation matrimoniale, le temps consacré à l'activité, le niveau d'instruction, la taille du ménage, l'engin de pêche (type, nombre), l'activité alternative, le statut professionnel, le choix du site, la production de la pisciculture, la commercialisation des produits, l'impact alimentaire de l'activité, la rentabilité et les difficultés rencontrées, etc. Ces informations ont été obtenues au cours d'entretiens directs avec les pisciculteurs et d'administration d'un questionnaire. Ainsi, le questionnaire a été soumis à un effectif de neuf pisciculteurs sur onze correspondant aux sites suivants: Assouma, N'guettiakro, Tabagne, Iguela, Guiendé, Lomo, Siasso, Ahibango, et Assuefry. La ferme piscicole de Songori (abandonnée depuis très longtemps) et celle d'Amanvi (en phase de construction) n'ont pas été enquêtées.

La répartition des pisciculteurs par tranche d'âge est inspirée de celle de Bogue *et al.* (5). L'exploitation statistique des résultats a été faite à l'aide du logiciel Excel avec l'outil tableau croisé dynamique.

Résultats et discussions

Fermes piscicoles recensées

Dans l'ensemble des localités visitées, onze fermes piscicoles ont été recensées (Tableau 1).

Acteurs en présence

Nationalités et ethnies en présence

La population de la région du Gontougo est composée d'une pluralité ethnique avec les Abron, Koulango, Agni, Lobi, Nafana, Malinké, etc... et les communautés étrangères dont les Ghanéens, les Burkinabés, les Maliens, les Togolais, etc.

Il ressort des enquêtes que la pisciculture est essentiellement pratiquée par les pisciculteurs de nationalité ivoirienne (100%). Les autochtones (Abron, Koulango) représentent la majorité des pisciculteurs (88,9%); avec 77,8% d'Abron et 11,1% de Koulango. Les allochtones (Sénoufo) donnent une proportion de 11,1%. Aucun étranger n'est impliqué dans cette activité (Figure 2).

Niveau d'étude des pisciculteurs

Les pisciculteurs du niveau secondaire, avec une proportion de 55,6% sont les plus nombreux. Ceux du niveau primaire viennent en deuxième position avec une proportion de 33,3% suivis des pisciculteurs du niveau supérieur (11,1%) (Figure 3). Tous les pisciculteurs enquêtés ont été scolarisés.

Structure d'âge des pisciculteurs

La figure 4 présente la structure de la population des pisciculteurs par tranche d'âge. L'essentiel des activités piscicoles dans les localités concernées est assuré par des pisciculteurs dont l'âge est au moins égal à 45 ans. Cette catégorie d'acteurs, qui est celle des vieux, représente plus de la moitié des pisciculteurs avec une proportion de 77,8%. La tranche d'âge de 30 à 45 ans présente une proportion de 22,2% alors que les plus jeunes, âgés de moins de 30 ans, sont totalement absents.

Situation matrimoniale, charge familiale et religion

Les informations recueillies auprès des pisciculteurs enquêtés montrent que 88,9% des pisciculteurs sont mariés contre 11,1% de célibataires. La tranche d'âge dominante parmi les mariés est de 45 ans et plus, avec une proportion de 87,5%. Les pisciculteurs appartiennent à des unités domestiques variant de 5 à 15 personnes. Cependant, le nombre moyen de personnes à charge par pisciculteur est de 10 personnes. Les données d'enquête révèlent que ces acteurs sont soit de religion chrétienne (77,8%) ou soit de religion musulmane (22,2%).

Organisation des communautés et temps consacré à la pisciculture

Dans la région du Gontougo, aucune forme d'organisation professionnelle n'a été constatée chez les pisciculteurs des différentes localités enquêtées. L'activité piscicole est totalement individuelle.

Soixante-sept pourcent des pisciculteurs pratiquent l'activité durant toute l'année contre 33% pendant une période inférieure ou égale à 6 mois.

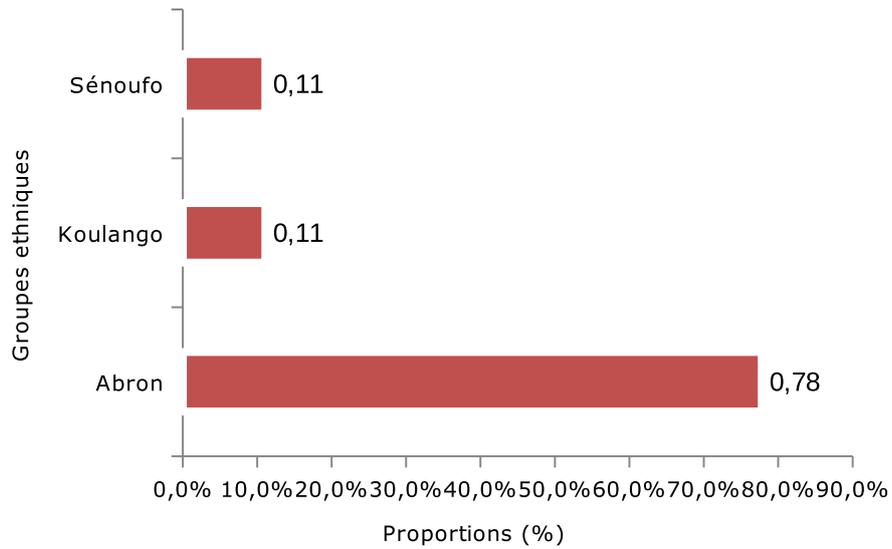


Figure 2: Répartition des pisciculteurs par ethnie dans la région du Gontougo.

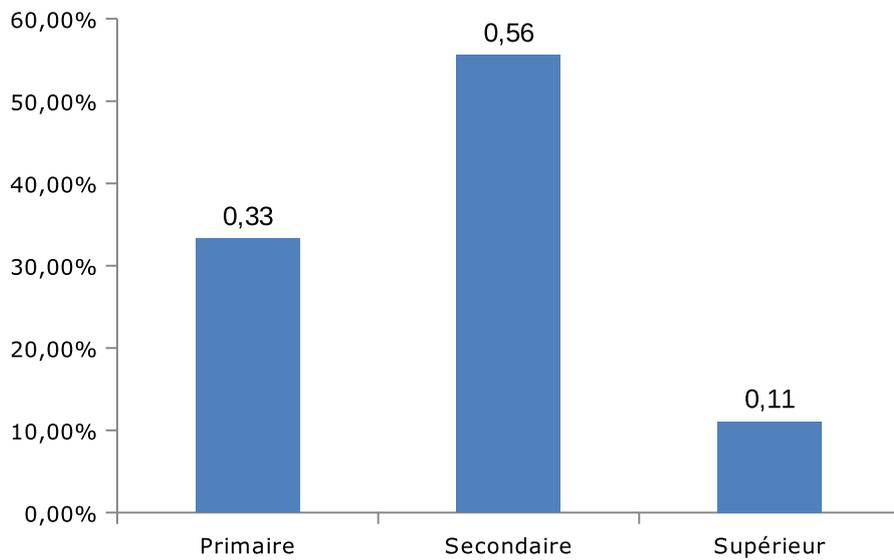


Figure 3: Niveau de scolarisation des pisciculteurs dans la région du Gontougo.

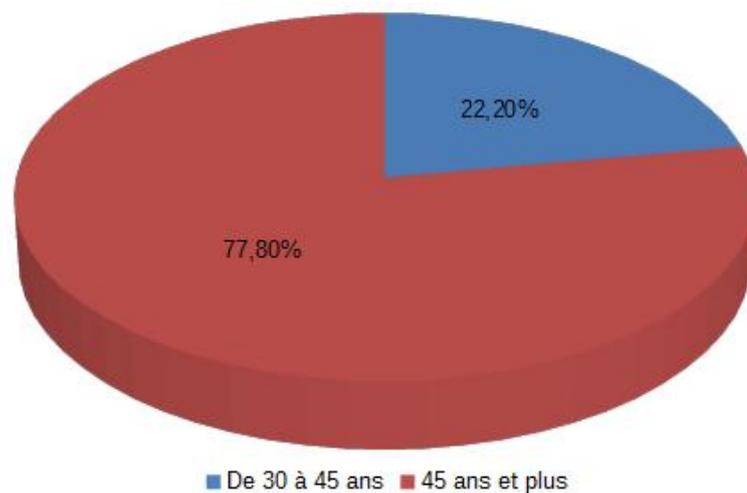


Figure 4: Répartition des pisciculteurs par tranche d'âge dans la région du Gontougo.

Choix du site, encadrement et formation des pisciculteurs

Dans les départements concernés, le choix de tel ou tel site par le pisciculteur pour l'implantation des fermes piscicoles est motivé par des raisons diverses. Les enquêtes menées ont permis d'en distinguer quatre. Presque quarante-cinq pourcent des pisciculteurs enquêtés ont choisi les sites en se basant sur le fait qu'il existe une disponibilité constante de l'eau en toute saison. Onze pourcent d'entre eux ont fait le choix des sites du fait que ces zones sont les seuls points d'eau du village ou du secteur. Onze pourcent des pisciculteurs disent qu'il s'agit de sites où l'on assiste à des croisements de rivières et 33,3% parmi eux disent avoir choisi ces sites parce qu'ils en sont propriétaires.

Les fermes piscicoles ne bénéficient d'aucun encadrement technique de la part des structures étatiques ou para-étatiques en charge des productions halieutiques (Services Vétérinaires, ANADER, ONG...).

Ainsi, les pisciculteurs du Gontougo ne reçoivent aucune formation professionnelle dans ce domaine.

Activités alternatives ou associées à la pisciculture

Les résultats d'enquêtes auprès des pisciculteurs ont montré que 88,9% d'entre eux pratiquent d'autres activités génératrices de revenus contre 11,1% qui ne s'adonnent qu'à la pisciculture (Tableau 2). Celles-ci portent majoritairement sur les cultures pérennes (plantations d'anacardier, de cacaoyer, d'oranger, de palmier à huile). Cependant, des cultures vivrières (igname, banane, maïs et/ou manioc) sont dans certains cas pratiquées.

Certains pisciculteurs exercent la profession de gestionnaire de restaurant, de boutique ou d'élevage de bovins (11,1% chacun).

Techniques de pisciculture

Type de pisciculture et d'étangs piscicoles

Les pisciculteurs pratiquent la pisciculture extensive (quatre soit 44,4%) et semi-intensive (cinq soit 55,6%). Elle est artisanale et non intégrée (100% des fermes). Les structures d'élevage rencontrées sont de deux types: les étangs en dérivation (41,7%) et les étangs de barrages (58,3%). Par ailleurs; 22,2% des fermes ne possèdent que des étangs en dérivation; 44,4% des étangs de barrage

et 33,3% à la fois des étangs en dérivation et de barrage (Tableau 3). Le nombre d'étangs en dérivation par ferme est très variable. Les enquêtes ont montré que 44,4% des fermes ont un nombre d'étangs supérieur à 10 contre 55,6% qui disposent de moins de 10 étangs. Les fermes enquêtées ont une superficie totale variant entre 0,5 et 4 hectares, avec 55,6% qui ont moins de 2 hectares contre 44,4% qui ont plus de 2 hectares.

Engins de pêche utilisés

Deux principaux types d'engins (filets maillants et épuisettes) sont utilisés pour les activités piscicoles. Le nombre de filets maillants (30 à 45 mm de côté) par ferme varie de 1 à 4. Cependant; 55,6% des fermes disposent d'un seul filet contre 33,3% qui ont au moins 2 filets.

Parmi les pisciculteurs enquêtés, un seul ne dispose pas de filet. Par ailleurs, un seul pisciculteur dispose d'épuisette. Aucune senne pour la pêche ou la récolte des poissons n'a été enregistrée.

Alimentation des poissons et disponibilité en eau

Seules les fermes avec les étangs en dérivation pratiquent la pisciculture semi-intensive où l'on assiste à un apport d'aliment aux poissons. Aucun éleveur ne fabrique son propre aliment. Aussi, les poissons ne bénéficient pas d'aliment commercial ou industriel. Cent pourcent des acteurs utilisent des sous-produits agricoles issus des moulins (farine basse de riz et/ou son de maïs).

Ces sous-produits proviennent généralement d'Agnibilekrou, d'Abengourou, de Daoukro, de Transua, de Tanda ou de Drobo au Ghana. En outre, un seul pisciculteur utilise, en plus des sous-produits agricoles, des aliments non conventionnels (fientes issues des fermes avicoles, résidus de manioc) pour nourrir les poissons. Sur les 5 pisciculteurs qui nourrissent les poissons, 60% distribuent l'aliment deux fois/jour contre 40% une fois/jour. La majorité de ces pisciculteurs enquêtés (60%) ne sont pas satisfaits de la qualité des aliments utilisés pour nourrir les poissons. En revanche, 2 pisciculteurs sur 5 soit 40% parmi eux disent être satisfaits de l'aliment distribué parce que les poissons l'acceptent bien et ont un bon poids marchand en fin de cycle.

Tableau 2

Activités alternatives recensées chez les pisciculteurs dans la région du Gontougo.

| Activités | Effectif | % |
|--|----------|-------------|
| Pisciculture uniquement | 1 | 11,1 |
| Pisciculture + Anacarde + Cacao + Oranger | 1 | 11,1 |
| Pisciculture + Anacarde / Cultures vivrières | 3 | 33,4 |
| Pisciculture + Cacao / Cultures vivrières | 1 | 11,1 |
| Pisciculture + Anacarde / Gestion de restaurant | 1 | 11,1 |
| Pisciculture + Cultures vivrières / Boutique | 1 | 11,1 |
| Pisciculture + Anacarde / Palmier à huile/ Elevage de bovins | 1 | 11,1 |
| Total Pisciculteurs ayant une activité alternative | 8 | 88,9 |
| Total pisciculteurs n'ayant pas d'activités alternatives | 1 | 11,1 |
| Total | 9 | 100 |

(Source : Données d'enquête).

Tableau 3

Différents types d'étangs par localité dans la région du Gontougo.

| Localités | Etangs en dérivation | Etangs de barrage |
|--------------|----------------------|-------------------|
| Assouma | X | X |
| N'guettiakro | X | X |
| Tabagne | | X |
| Iguela | X | X |
| Guiendé | | X |
| Lomo | | X |
| Siasso | | X |
| Ahibango | X | |
| Assuefry | X | |

Les cellules marquées par une croix (X) indiquent les types d'étangs utilisés par les pisciculteurs.

(Source: Données d'enquête).

Dans l'ensemble, les pisciculteurs éprouvent des difficultés à nourrir correctement les poissons en raison de rupture régulière d'approvisionnement. Seuls 11,1% des pisciculteurs disposent d'une balance comme instrument de pesée pour déterminer la quantité d'aliment à distribuer aux poissons ou pour peser les poissons avant la vente.

Concernant les ressources en eau, les données d'enquête ont montré que 66,7% des pisciculteurs disposent de suffisamment d'eau toute l'année contre 33,3% qui souffrent d'une baisse accrue des niveaux ou d'un tarissement des sources en saison sèche (octobre, novembre, décembre, janvier, février). L'ensemble des pisciculteurs ne disposent d'aucun appareil de mesure pour la détermination et le suivi des paramètres physico-chimiques de l'eau d'élevage.

Espèces de poissons élevées et données de productions

Espèces de poissons élevées

Le tableau 4 indique les proportions des différentes espèces de poissons élevées dans les fermes piscicoles.

Le tilapia, *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) et le Silure, *Heterobranchus longifilis* (Clariidae) constituent l'essentiel des espèces élevées en pisciculture commerciale. Le tilapia est élevé par 100% des pisciculteurs contre 77,8% pour le silure. Presque cinquante-six pourcent des pisciculteurs associent l'élevage du tilapia en polyculture avec le silure. Seulement, onze pourcent des pisciculteurs élèvent le mâchoiron, *Chrysichthys nigrodigitatus* (Claroteidae) en polyculture avec le tilapia et le silure. D'autres espèces telles que le «poisson Cameroun», *Heterotis niloticus* (Osteoglossidae) et le «poisson dormant», *Parachanna obscura* (Channidae) sont associées aux tilapias.

Les alevins utilisés dans les fermes piscicoles sont obtenus par achat (66,7% des fermes) auprès des particuliers formés soit par le projet Belge dans la localité d'Abengourou, soit par le Ministère des Eaux et Forêts. Ils peuvent également être obtenus par capture (11,1%), par don (11,1%) et par production par les pisciculteurs eux-mêmes (11,1%). Presque quatre-vingt neuf pourcent des pisciculteurs pratiquent le cycle alevinage + pré-grossissement + grossissement contre 11,1% qui font alevinage + pré-grossissement. Le prix des alevins varie de 60 à 200 FCFA. Cette variation du prix serait liée à la taille et à l'espèce de poisson.

Productions exploitées

Les enquêtes menées auprès des pisciculteurs ont donné une production piscicole totale pour l'année

2012 estimée à 3.552,5 kg. Les quantités produites sont très variables d'un pisciculteur à un autre (140 kg à 1.850 kg). La moyenne plus ou moins Ecart-type par pisciculteur est de 592,1±635,9 kg. Presque soixante-sept pourcent des pisciculteurs produisent annuellement moins de 500 kg de poissons contre 33,4% des pisciculteurs qui produisent entre 500 et 2.000 kg de poissons par an.

Une enquête menée auprès des responsables de la Direction de l'Aquaculture et des Pêches (DAP) et de l'Association Pisciculture et Développement Rural, Côte d'Ivoire (APDRACI) a révélé que ces structures spécialisées en aquaculture n'ont aucune estimation de la production annuelle de poisson d'élevage dans la région du Gontougo.

Aspects socio-économiques de la pisciculture

Création d'emplois

Pour mener cette activité, les pisciculteurs disposent d'une main-d'œuvre familiale (62,5%) ou d'une main-d'œuvre extérieure (25%) chargée de surveiller la ferme. Toutefois, certains (12,5%) ne disposent pas de main-d'œuvre. Selon les données d'enquête, 5 pisciculteurs sur 9 soit 55,6% travaillent en équipe avec un nombre de personnes variant de 5 à 22 par ferme piscicole. Cependant, 40% des fermes ont une équipe de moins de 10 personnes contre 60% avec une équipe de plus de 10 personnes. Sur 44,4% des fermes de cette région, les pisciculteurs ne travaillent pas en équipe. Le niveau d'intervention des membres des équipes se situe uniquement au niveau de l'aspect élevage. Les membres sont constitués d'hommes (80% des fermes) et de femmes (20% des fermes). On peut donc considérer ce secteur comme pourvoyeur d'emploi.

Tableau 4

Proportions des différentes espèces de poissons exploitées par ferme dans la région du Gontougo.

| Espèces exploitées | Nombre de ferme | % |
|---|-----------------|------|
| Tilapia | 1 | 11,1 |
| Tilapia + Silure | 5 | 55,6 |
| Tilapia + Cameroun | 1 | 11,1 |
| Tilapia + Silure + Mâchoiron | 1 | 11,1 |
| Tilapia + Silure + Cameroun + Mâchoiron + Dormant | 1 | 11,1 |
| Total | 9 | 100 |

(Source: Données d'enquête).

Commercialisation du poisson

Dans le cadre de cette étude, les enquêtes ont montré qu'aucune forme d'organisation de marché n'est mise en place. Généralement, les pisciculteurs vendent eux-mêmes leur production. Cependant, certains pisciculteurs (en cas d'indisponibilité par exemple) remettent le poisson à leur femme ou à une tierce personne (commerçant-revendeur) pour la vente sur le marché de consommation.

Les ventes s'effectuent très souvent à bord ferme ou quelque fois, le pisciculteur livre le poisson au domicile du client. Dans tous les cas, aucun contrôle sanitaire vétérinaire, ni enregistrement du poids des poissons vendus n'est effectué au préalable du fait des difficultés de déplacement sur le terrain des agents des services vétérinaires en charge des ressources animales et halieutiques, selon les enquêtes menées auprès de ces derniers. Le poisson est entièrement vendu frais sans moyen de conservation.

Le prix bord ferme varie de 1.000 à 1.200 F CFA/kg mais peut atteindre 1.600 F CFA/kg selon le coût de production. D'autres vendent le poisson par tas à un prix variant de 1.000 à 2.000 F CFA, en fonction de l'espèce et de la taille du poisson. La vente au comptant est de règle chez tous les pisciculteurs enquêtés. La destination principale reste les départements concernés; les villages où l'activité piscicole est réalisée et les sous-préfectures de Bondoukou, de Gouméré, de Tanda et d'Assuefry. Les productions halieutiques sont vendues aux femmes des pisciculteurs, aux commerçants-revendeurs, aux «braiseurs», aux gérants de restaurants, aux salariés locaux et aux particuliers. Le circuit de commercialisation du poisson est représenté à la figure 5.

Impact alimentaire de la pisciculture

Le poisson est d'abord produit dans un objectif de vente, mais à chaque pêche, une partie de la production est consommée par le pisciculteur et sa famille. S'il est difficile de fixer un ratio, des enquêtes qualitatives ont montré que les pisciculteurs utilisent pour l'autoconsommation, près de 29,1% environ des poissons produits. Elles ont également montré que la consommation de poisson dans les ménages des pisciculteurs augmente au fil des années.

Financement de la pisciculture

Pour la création d'une unité de pisciculture, les différentes sources de financement sont: le financement personnel (77,8%) et le financement par don (22,2%). L'entretien du matériel existant et des étangs piscicoles nécessite également deux sources de financement qui sont le financement personnel (66,7%) et l'emprunt (33,3%) (Tableau 5). Lorsque le prêt est contracté auprès d'un parent ou d'un membre de la famille (11,1% des cas), le remboursement se fait selon les possibilités de l'emprunteur; sans intérêt ni délai imposé. Par contre, lorsque l'emprunt se fait auprès d'une banque (22,2%), le remboursement est frappé d'un taux d'intérêt de 18% avec un délai de remboursement de 12 mois en moyenne. Le constat est que les structures financières n'interviennent pas dans le financement des activités de création des structures piscicoles.

Le prix des étangs piscicoles et des engins de pisciculture est très variable. En ce qui concerne la construction d'un étang de 5 à 6 ares comprenant le coût du tâcheron, le moine, les tuyaux d'alimentation et de vidange dans la région du Gontougo, le prix se situe entre 100.000 et 300.000 F CFA.

A propos des engins, les coûts sont fonction de leur nature, de leur dimension et de leur lieu d'achat. En général, les prix varient de 60.000 à 200.000 F CFA pour les filets maillants de 100 mètres et de 5.000 à 10.000 F CFA pour les épuisettes selon les pisciculteurs enquêtés.

Rentabilité de l'activité

Les données recueillies auprès des pisciculteurs indiquent que le chiffre d'affaires moyen mensuel par pisciculteur est de 43.750 F CFA avec une marge brute moyenne mensuelle de 24.167 F CFA (Tableau 6). La majorité des pisciculteurs enquêtés (66,7%) estiment que cette activité est peu rentable ou rentable. Par contre, ceux ayant abandonné l'activité ont déclaré qu'elle n'est pas rentable.

Contribution de la pisciculture à l'autonomie financière

Les enquêtes ont montré que les pisciculteurs utilisent les revenus tirés de leurs activités dans divers domaines (Tableau 7).

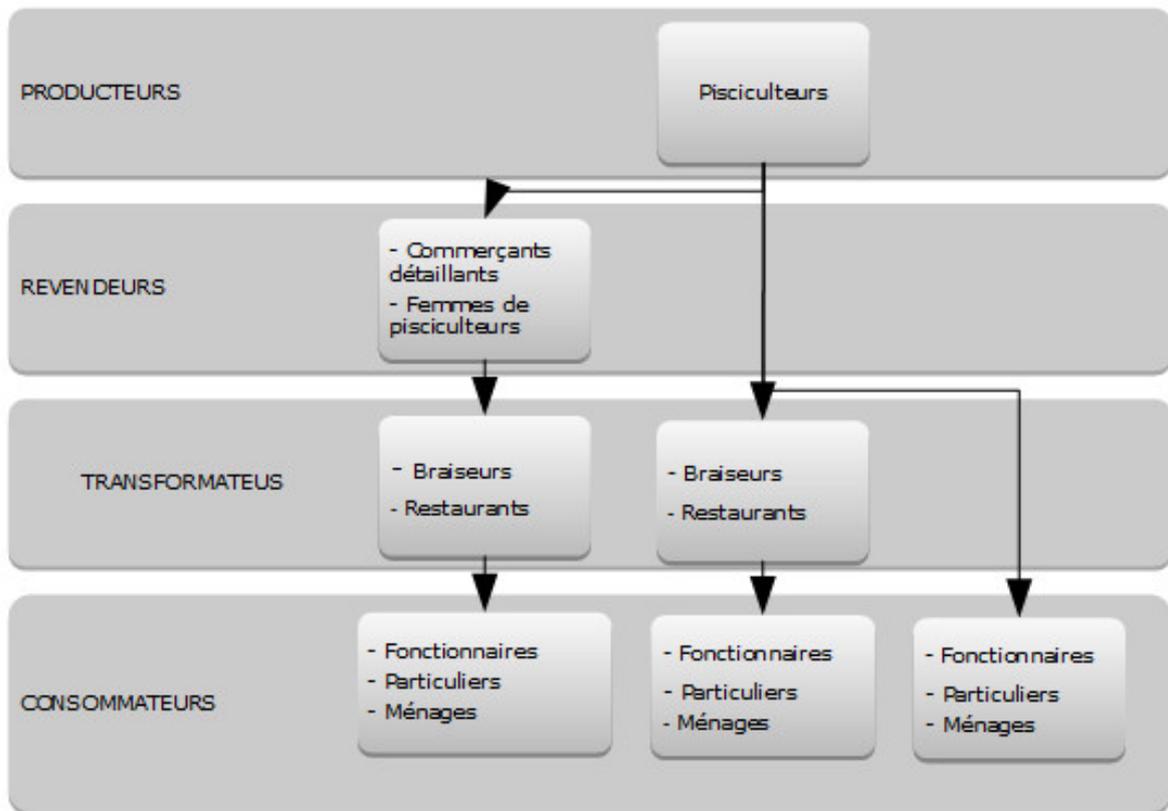


Figure 5: Circuit de commercialisation du poisson issu de la pisciculture dans la région du Gontougo.

Tableau 5

Mode et niveau de financement de l'activité piscicole dans la région du Gontougo.

| Financement initial | | | | Financement des activités | | | | | |
|---------------------|------|-----|------|---------------------------|------|---------------|------|----------------------|------|
| Fond propre | | Don | | Fond propre | | Crédit banque | | Crédit parent ou ami | |
| Nb | % | Nb | % | Nb | % | Nb | % | Nb | % |
| 7 | 77,8 | 2 | 22,2 | 6 | 66,7 | 2 | 22,2 | 1 | 11,1 |

Nb: Nombre de pisciculteurs; %: Pourcentage.

(Source: Données d'enquête).

Tableau 6

Rentabilité (en F CFA) de la pisciculture dans la région du Gontougo.

| Zones de pisciculture | Chiffre d'affaires moyen par pisciculteur (F CFA) | | Dépense moyenne par pisciculteur (F CFA) | | Marge brute moyenne par pisciculteur (F CFA) | |
|-----------------------|---|----------------|--|----------------|--|----------------|
| | Mensuel | Annuel | Mensuel | Annuel | Mensuel | Annuel |
| Assouma | 6 667 | 80 000 | 2 917 | 35 000 | 3 750 | 45 000 |
| N'guettiakro | 16 667 | 200 000 | 4 167 | 50 000 | 12 500 | 150 000 |
| Lomo | 33 333 | 400 000 | 16 667 | 200 000 | 16 667 | 200 000 |
| Siasso | 45 833 | 550 000 | 10 417 | 125 000 | 35 417 | 425 000 |
| Ahibango | 60 000 | 720 000 | 41 667 | 500 000 | 18 333 | 220 000 |
| Assuefry | 100 000 | 1 200 000 | 41 667 | 500 000 | 58 333 | 700 000 |
| *Tabagne | - | - | - | - | - | - |
| *Iguela | - | - | - | - | - | - |
| *Guiendé | - | - | - | - | - | - |
| Total | 43 750 | 525 000 | 19 583 | 235 000 | 24 167 | 290 000 |

*: Pisciculteur ayant abandonné l'activité.

(Source: Données d'enquête).

Tableau 7

Utilisations moyennes des revenus des pisciculteurs sur une base annuelle.

| Type d'utilisation | % approximatif des dépenses |
|--------------------------------|-----------------------------|
| Scolarité | 29,4 |
| Achat d'aliment pour le ménage | 25 |
| Santé | 19,8 |
| Épargne | 8,5 |
| Intrant agricole et élevage | 6,8 |
| Équipement professionnel | 1,3 |
| Habillement | 1,5 |
| Cérémonies | 0,6 |
| Autres | 7,5 |
| Total | 100 |

(Source: Données d'enquête).

La part réservée à la scolarisation des enfants (29,4%), l'achat d'aliment pour le ménage (25%) et la santé (19,8%) est plus importante. Le reste est au bénéfice de l'épargne, des cérémonies (mariages, funérailles...), des vêtements, etc.

Discussion

La pratique exclusive de la pisciculture est détenue par des pisciculteurs de nationalité ivoirienne (100%), avec une absence totale d'étrangers. Cette situation pourrait vraisemblablement s'expliquer par le fait que la région du Gontougo n'est pas reconnue comme une zone à activité piscicole intense comparativement aux régions du Sud, Sud-Ouest et du Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Ainsi, elle n'attire pas les étrangers en matière de pisciculture. Concernant l'âge des acteurs, les plus jeunes (âgés de moins de 30 ans) sont totalement absents. Cette absence se justifierait par le fait que tous les investissements sont à la charge du pisciculteur ou du groupe de pisciculteurs. Ainsi, ce sont les agriculteurs expérimentés et âgés avec une situation financière ou une main d'œuvre familiale disponible, qui peuvent s'adonner à cette activité (4).

Par ailleurs, aucune organisation de type professionnel n'a été constatée chez les pisciculteurs de la région du Gontougo en comparaison aux observations de Blé (4) dans les localités de Méagui (Sud-Ouest), de Daloa et de Luenoufla (Centre-Ouest) de la Côte d'Ivoire, où les

pisciculteurs sont organisés en associations, déclarées à l'administration compétente. Aussi, les pisciculteurs ne bénéficient d'aucun encadrement contrairement à ceux des régions du Centre-Ouest et du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire, encadrés par l'ONG APDRA-CI (4).

Globalement, les pisciculteurs exercent de la multi-activité. La pisciculture apparaît pour ces acteurs comme une activité alternative à l'agriculture ou une activité de subsistance pour la majorité des pisciculteurs. Ce résultat corrobore ceux de Coulibaly et Oswald, cité par Oswald (10), qui rapportent que la pisciculture ne se situe au premier rang des activités que dans de rares cas; plus souvent, elle est à la deuxième ou troisième place, derrière les principaux produits des plantations, mais le plus souvent devant les produits vivriers. Pour Blé (4) et Oswald (10), la pisciculture est considérée comme un mode de diversification des exploitations eu égard au contexte agro-économique actuel. Les paysans trouvent en cette activité une alternative aux principales cultures que sont le café et le cacao.

Relativement à l'aliment poisson, les fermes piscicoles rencontrent des ruptures régulières d'approvisionnement. Cette situation cause de faible croissance chez les poissons; ce qui rallonge la durée de production, avec à la fin, de faibles rendements obtenus.

Les ruptures dans l'alimentation sont dues soit aux difficultés d'acheminement de l'aliment sur la ferme, soit à sa cherté et à son indisponibilité sur le marché.

Cela explique le fait qu'en général, les pisciculteurs prennent le même aliment pour tous les stades de croissance et pour les différentes espèces de poissons élevés.

Pour ce qui est du niveau d'exploitation piscicole, la production rapportée dans nos travaux représente 0,10% de la production nationale de l'aquaculture si l'on se réfère aux estimations de la DAP (3.394 tonnes en 2011) ou 0,13% selon les données de l'APDRACI (2.589 tonnes en 2013). Elle est largement inférieure à la quantité de poissons congelés importés dans la région du Gontougo, estimée à 497.872 kg et 932.971 kg, respectivement, en 2012 et 2013 selon les enquêtes

menées auprès de la Direction Régionale des Ressources Animales et Halieutiques de Bondoukou. L'ensemble des pisciculteurs écoule facilement leurs productions en toutes périodes de l'année. Cela serait dû à la demande qui est largement supérieure à l'offre et au fait que les poissons proposés sont très appréciés par la population.

Sur la majorité des fermes en activité, le rendement piscicole rencontré reste faible. Cette insuffisance de production serait due aux problèmes d'eau (tarissement ou baisse du niveau de l'eau en saison sèche), au coût élevé de l'aliment ou à son indisponibilité parfois qui ne favorise pas un approvisionnement régulier, au manque de financement et d'assistance technique.

Concernant la consommation du poisson produit, les pisciculteurs utilisent pour l'autoconsommation, près de 29,1% environ des poissons produits et de façon régulière. En effet, certains parmi eux reconnaissent avoir doublé voire triplé leur consommation de poisson comparativement à la période antérieure, lorsqu'ils dépendaient exclusivement des achats sur le marché. Aussi, la plupart des acteurs en activité déclare ne plus acheter de poisson. En conséquence, les poissons de pisciculture contribuent à l'établissement d'une certaine habitude alimentaire.

On peut certainement avancer l'hypothèse d'un impact alimentaire positif des poissons d'élevage dans les ménages des pisciculteurs. Ce résultat va dans le même sens que celui d'Oswald (10) qui a évalué cette autoconsommation à environ 30% des quantités pêchées dans la zone de Gbotoÿe à 8 km au Nord de N'Zérékoré en Guinée et celle de Luénoufla à 35 km au Nord-Est de Daloa en Côte d'Ivoire.

A propos du coût d'un étang, le montant enregistré est en hausse par rapport aux résultats obtenus par Coulibally *et al.*, cité par Oswald (10), qui ont constaté qu'une unité de 5 à 6 ares comprenant un étang de service et un canal de contournement peut correspondre à un coût total de 86.429 F CFA. Cette variation du coût de l'étang s'expliquerait par la structure du site à aménager et le coût des matériels utilisés.

Les pisciculteurs soutiennent dans leur grande majorité que l'activité est rentable. Ce résultat est

conforme à ceux d'Oswald (10) qui indiquent, selon les informations recueillies auprès des pisciculteurs dans la zone de Gbotoÿe (en Guinée) et de Luénoufla (en Côte d'Ivoire), que la pisciculture est une activité rentable et très appréciée. Pour cet auteur, la pisciculture apporte, dans tous les cas, un revenu important pour les acteurs. En outre, les études de Glasser *et al.* puis celles de Coulibaly et Oswald, cité par Oswald M. (10), ont montré les performances de cette activité dans la localité de Luénoufla. Par contre, la non rentabilité évoquée par les pisciculteurs ayant abandonné l'activité pourrait s'expliquer par la précarité des conditions de l'élevage (non entretien des étangs, problème d'aliments et d'eau, manque de professionnalisme).

Conclusion

Cette étude a montré que la pisciculture constitue une forme véritable de diversification des sources de protéines animales et des revenus en milieu rural dans la région du Gontougo. Bien qu'elle soit très peu développée dans les localités enquêtées, elle constitue l'un des moyens de subsistance pour une frange de la population. Elle contribue ainsi à la promotion socio-économique des acteurs du domaine.

Toutefois, son développement reste dépendant de nombreux facteurs notamment de la disponibilité en eau sur les sites aménagés, de la qualité de l'aliment poisson et de son coût élevé qui constituent une contrainte majeure. Bien que les quantités de poissons produites soient pour l'heure insuffisantes pour couvrir les besoins de la population locale, la pisciculture témoigne de deux succès dans la région. D'une part, un véritable secteur privé développe cette activité.

D'autre part, la pisciculture dans cette région, avec comme acteurs principaux les autochtones, est devenue un fait local important (création d'emploi, source de revenu non négligeables, impact alimentaire positif...).

Face à cette situation, le développement de la pisciculture artisanale apparaît inévitable pour le bien-être de la population en milieu rural.

Pour faire de ce secteur un domaine porteur de l'économie régionale, il importe que des solutions appropriées et durables soient apportées aux problèmes (alimentation, tarissement des étangs, formation, encadrement, financement, organisation des pisciculteurs, etc) qui freinent son développement.

La mise en œuvre durable de ces mesures ne peut cependant se faire que dans un contexte politique et social relativement dynamique.

Références bibliographiques

1. Adepo B., 1996, *Différenciation génétique des populations naturelles de poissons d'intérêt aquacole en Afrique de l'Ouest: Chrysichthys nigrodigitatus (Lacépède, 1803), Oreochromis niloticus (Linné, 1758)*. Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 106.
2. Atsé B.C., Konan K.J., Alla Y.L. & Pangni K., 2009, Effect of rearing density and feeding regimes on growth and survival of African Catfish, *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes, 1840) larvae in a closed recirculating aquaculture system, *J. of Appl. Aquacult.* **21**, 183 - 195
3. Atsé B.C., Koffi K.M., Konan K.J. & N'dri K.M., 2012, Effets du taux de rationnement et de la fréquence de tri sur la croissance, la survie larvaire et le cannibalisme chez le silure *Heterobranchus longifilis* Valenciennes, 1840, *J. Appl. Biosci.*, **59**, 4358- 4365
4. Blé C., 2010, *La Pisciculture dans le Centre-Ouest et le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire: Situation actuelle et enjeux de l'encadrement technique par l'ONG APDRACI*, 26p. http://www.sarnissa.org/tiki-download_file.php
5. Bogue G.F., Gooré B.G., N'zi G.K., Yao S.S., Kouamelan P.E. & Kouassi J.N., 2011, Premières données sur la pêche crevette du fleuve Bandama (Côte d'Ivoire): Acteurs et Engins de pêche, *Sc. Nat.*, **8**, 1, 107-118
6. Coulibaly R., 2010, *Analyse de la contribution de la pêche à l'économie ivoirienne*. Mémoire du Diplôme d'Etude Supérieure Spécialisée des Hautes Études en Gestion de la Politique Économique, 34 p.
7. Dabbadie L., 1996, *Etude de la viabilité d'une pisciculture rurale à faible niveau d'intrant dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire: Approche du réseau trophique*. Thèse de doctorat, Université Paris VI, France: 208 p.
<http://aquatrop.cirad.fr/bibliotheque/theses>
8. Koffi K.E., 2007, *Contribution à une amélioration de la production aquacole en Côte d'Ivoire par hybridation de deux espèces de silure africain: Heterobranchus longifilis et Heterobranchus bidorsalis*. Thèse de Doctorat Vétérinaire, 104.
9. MIPARH, 2009, *Plan Directeur des Pêches et de l'Aquaculture 2010 - 2025*. Rapport d'atelier du 22 mai 2009, 83 p.
10. Oswald M., 2013, *La pisciculture extensive, une diversification complémentaire des économies de plantation*, 21 p.
www.apdra.org/IMG/file/Articles/Article_diversification_piscicole.pdf
11. Vanga A.F., 2011, Evolution de la pêche au lac d'Ayamé depuis l'expulsion des pêcheurs non nationaux (Côte d'Ivoire), *Tropicultura*, **29**, 1, 8-13
12. Yougoné B.D., 2008, Contribution à l'étude des effets de l'âge sur les performances de reproduction du mâchoiron (*Chrysichthys nigrodigitatus*) élevé à la station expérimentale d'aquaculture de Layo en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat Vétérinaire, 85 p.

K.M. N'dri, Ivoirien, Doctorant, Université Nangui Abrogoua, UFR Sciences et Gestion de l'environnement, Bondoukou, Côte d'Ivoire.

K. Yao, Ivoirien, PhD, Maître de conférences, Université Nangui Abrogoua, UFR Sciences de la Nature, Abidjan, Côte d'Ivoire.

G.J. Ibo, Ivoirien, PhD, Directeur de Recherches, Université Nangui Abrogoua, UFR Sciences et Gestion de l'environnement, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Evaluation *in vitro* de l'activité antagoniste d'isolats de *Trichoderma harzianum* Pers. contre trois espèces fongiques pathogènes de l'oignon au Burkina Faso

T.G. Dabire^{1,2*}, S. Bonzi¹, I. Somda¹ & A. Legreve²

Keywords: *Aspergillus niger*- Biological control- *Fusarium oxysporum*- *Fusarium solani*- *Trichoderma harzianum*- Burkina Faso

Résumé

L'action antagoniste de cinq isolats de *Trichoderma harzianum* Pers. dont quatre obtenus au Burkina Faso et un originaire de l'Afrique du Sud a été évaluée *in vitro* contre *Aspergillus niger* van Tieghem, *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* Schlecht. Emend. Snyd & Hans et *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. considérés comme les principaux agents pathogènes fongiques rencontrés sur l'oignon au Burkina Faso. Les espèces pathogènes et antagonistes ont été mises en co-culture en confrontation directe dans des boîtes de Petri pendant 7 jours et les diamètres de croissance des pathogènes en présence ou non des antagonistes ont été relevés. Les deux isolats ayant présenté les plus forts taux d'antagonisme ont ensuite été mis en co-culture en confrontation à distance dans deux boîtes de Petri assemblées avec du parafilm et mis en culture. Tous les isolats de *Trichoderma harzianum* testés en confrontation directe ont inhibé la croissance *in vitro* des trois espèces pathogènes avec des coefficients d'antagonisme compris entre 0,61 et 0,93 et entre 0,01 et 0,24 en confrontation à distance. Les isolats ThTab du Burkina Faso et l'isolat ThAfs de l'Afrique du Sud ont été les plus efficaces et ont exercé une action myco-parasitaire sur les trois espèces pathogènes. Les modes d'action des antagonistes et les formes d'utilisation possibles en lutte biologique sont discutés.

Summary

***In vitro* Evaluation of Antagonistic Activity of *Trichoderma harzianum* Pers. Isolates against Three Fungal Species Pathogens of Onion in Burkina Faso**

The antagonistic effect of five *Trichoderma harzianum* Pers. isolates of which four from Burkina Faso and one from South Africa was evaluated *in vitro* against *Aspergillus niger* van Tieghem, *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* Schlecht. Emend. Snyd & Hans and *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. regarded as the main onion fungal pathogens in Burkina Faso. The fungal pathogens species and *T. harzianum* isolates were directly confronted in Petri dishes for seven days. The pathogen radial growth in presence or absence of antagonist was measured. The two isolates with the highest antagonism rates were grown with each pathogen in confrontation at distance. The culture took place in two Petri dishes sealed with parafilm for seven days. The radial growth of each pathogen was measured. All isolates of *T. harzianum* inhibited the fungal pathogens growth with antagonism ratio ranging from 0.61 to 0.93 and 0.01 to 0.24 respectively by direct and remote confrontation. The isolates ThTab from Burkina Faso and ThAfs from South Africa showed the best antagonism effect and a myco-parasitic action on all tested pathogens. The antagonistic action modes of these isolates and their possible biological control use are discussed.

¹Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso/ Institut du Développement Rural, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

²Université Catholique de Louvain/ Earth and Life Institute, Faculté des Bioingénieurs, Louvain La Neuve, Belgique

*Auteur correspondant: Email: dabiretobdem@yahoo.fr

Introduction

Parmi les productions maraîchères Burkinabè, l'oignon est celle qui fait le plus l'objet d'un commerce national et sous-régional régulier et sur des volumes relativement importants (15). Depuis la campagne 2009-2010, elle occupe la première place parmi les légumes produits dans le pays (33). Le chiffre d'affaires de l'oignon bulbe en 2008 était évalué à 24,8 milliards de FCFA; soit 29,5% de l'ensemble de la valeur des ventes des produits maraîchers qui était de 84 milliards de FCFA (19). Cependant la production de l'oignon reste limitée par des contraintes dont l'une des plus importantes est la perte de production imputable aux maladies qui surviennent en pépinière, pendant la phase productive ou en conservation. Des études diagnostiques sur les maladies de l'oignon récemment menées de 2013 à 2015 à l'Université de Polytechnique de Bobo-Dioulasso en collaboration avec l'Université Catholique de Louvain ont confirmé que *Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum* et *Fusarium solani* étaient les agents pathogènes les plus associés aux principales maladies rencontrées dans les zones de production (Dabiré, non publié). Ces espèces fongiques ont été rapportées par plusieurs auteurs comme étant responsables de fontes de semis/ manques à la levée (7, 10, 20) et de pourritures de l'oignon en champ (24, 25).

Leur contrôle jusque là demeure essentiellement limité à des mesures prophylactiques (désinfection du sol et des semences, rotations culturales), à l'utilisation de variétés résistantes ou de fongicides chimiques de synthèse (28).

Toutefois, l'efficacité de ces mesures prophylactiques est entravée par leur difficulté d'application sur de grandes surfaces et les limites foncières. La disponibilité dans le commerce, de variétés résistantes à ces agents pathogènes fait souvent défaut et la lutte chimique est, de nos jours, peu conseillée à cause des problèmes d'apparition de résistances des agents pathogènes aux fongicides de synthèse et les risques de toxicité et d'écotoxicité que présente son emploi. Dans les conditions du Burkina Faso, ces risques sont aggravés en raison du taux d'analphabétisme élevé au sein des producteurs qui peut entraîner un usage inadapté des produits (26).

Dans ces conditions, l'utilisation de méthodes alternatives de lutte efficaces et qui respectent l'environnement est plus qu'impérative.

Dans plusieurs institutions de recherche agricole, des agents de lutte biologique (BCA) ont été testés avec succès et certaines formulations à base de BCA tels que GHE bioponic en Espagne, Eco-T en Afrique du Sud et Bioprotect au Burkina Faso sont rencontrées de nos jours dans le commerce. Parmi les BCA utilisés, les champignons telluriques du genre *Trichoderma* occupent une place importante. Plusieurs travaux de recherche ont montré que certaines espèces de *Trichoderma* comme *T. virens*, *T. harzianum* étaient très actifs comme agents de lutte biologique contre des agents pathogènes fongiques dont *A. niger* et les espèces de *Fusarium* (2, 3, 4, 5, 11, 12, 13, 15, 18, 23, 25, 29, 32, 34). La présente étude a pour objectif d'évaluer l'activité antagoniste *in vitro* d'isolats de *T. harzianum* indigènes du Burkina Faso contre des souches de *A. niger*, de *F. oxysporum* et de *F. solani* isolés sur l'oignon au Burkina Faso.

Matériels et méthodes

Les espèces fongiques utilisées

Cinq isolats de *Trichoderma harzianum* dont quatre isolés à partir d'échantillons de sols prélevés au Burkina Faso dans la rhizosphère des périmètres maraîchers et un isolat isolé à partir d'une poudre commerciale (Eco-T, Plant Health Product) Sud africaine, ont été testés. Trois souches de champignons pathogènes dont une de *Fusarium oxysporum*, une de *Fusarium solani* et une d'*Aspergillus niger* (Tableau 1) isolées au départ sur des organes malades d'oignon et purifiées ensuite par isolement monoconidien ont été utilisées. Pour l'obtention des quatre isolats locaux de *T. harzianum*, 10 grammes de chaque échantillon de sol ont été macérés dans un erlenmeyer contenant 100 ml d'eau stérile.

Les filtrats obtenus ont été dilués 100 et 1000 fois. A l'aide d'une pipette pasteur, quelques gouttelettes des solutions mères et celles diluées (100 et 1000 fois) ont été déposées dans des boîtes de Petri contenant un milieu PDA.

Tableau 1
Caractéristiques des espèces fongiques utilisées.

| Espèces fongiques | Codes | Origine | Provenance |
|------------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------------|
| <i>Aspergillus niger</i> | AN ₉₆₋₀₁₃ | Semences Loc _{s4} | BF, Sourou, Di |
| <i>Fusarium oxysporum</i> | FO ₂₀₋₀₁₃ | Plateau racinaire | BF, Ganzourgou, Mogtedo |
| <i>Fusarium solani</i> | FS ₄₅₋₀₁₃ | Bulbes | BF, Mouhoun, Dédougou |
| <i>Trichoderma harzianum</i> | ThBag | sol | BF, Boulgou, Bagré |
| | ThKor | sol | BF, Sanmatenga, Korsimoro |
| | ThTab | sol | BF, Oubritenga, Tabtenga |
| | ThTen | sol | BF, Sanguié, Tenado |
| | ThAfs | Poudre Eco-T | Plant Health Products, Ltd, AF |

Les boîtes de Petri ont ensuite été mises en incubation sous un cycle alternatif de lumière proche UV et d'obscurité (12h/12h) à la température de 22-25°C pendant 5 jours. A la fin de l'incubation, les colonies fongiques dont la morphologie était caractéristique des *Trichoderma* ont été purifiées puis leur identification a été faite sur la base des caractères culturels et des organes de fructifications (colonies, phialides et conidies). Le cinquième isolat de *Trichoderma* a été obtenu en déposant de fines portions de la poudre commerciale Eco-T dans des boîtes de Pétri contenant du milieu PDA puis en incubant les boîtes de Pétri comme précédemment. Les espèces pathogènes ont également été obtenues après incubation d'organes malades d'oignon dans les mêmes conditions suivie d'une purification et d'une identification morphologique (couleurs des colonies et forme des conidies). Le pouvoir pathogène de ces isolats pathogènes a été confirmé à travers une étude de pathogénicité (Dabiré *et al.*, soumis) réalisé avec ces isolats sur des organes sains.

L'identification morphologique de l'ensemble des espèces fongiques utilisées a été complétée par une identification moléculaire.

Pour ce faire, un séquençage de parties de génome pertinentes/discriminantes par amplification PCR des régions ITS1 et ITS2 de l'ARN ribosomal pour les genres *Trichoderma* et *Aspergillus* et de facteurs d'élongation EF1 et EF2 pour le genre *Fusarium* a été réalisé au laboratoire de phytopathologie de l'Université Catholique de Louvain en Belgique.

Evaluation de l'activité antagoniste *in vitro*

L'activité antagoniste des isolats de *T. harzianum* vis-à-vis de *A. niger*, *F. oxysporum* et *F. solani* a été étudiée *in vitro* en co-culture dans des boîtes de Petri selon deux techniques: la co-culture en confrontation directe et la co-culture en confrontation à distance. La première a consisté en des confrontations par contact direct sur milieu de culture des cinq isolats de *T. harzianum* avec les trois souches d'agents pathogènes.

Ces confrontations ont été effectuées selon la méthode de Meraj *et al.* (22). Dans des boîtes de Petri de 90 mm de diamètre contenant 15 ml du milieu PDA, des explants mycéliens de 6 mm de diamètre de chaque pathogène et de chaque antagoniste ont été déposés sur un même axe à équidistance du centre de la boîte de Pétri. La distance qui sépare les deux explants est de 5 cm (Figure 1). Les boîtes de Petri ont été incubées sous 12 h de lumière proche UV alternée avec l'obscurité 12 h à 22-25 °C pendant 7 jours. Le témoin est constitué par un repiquage du pathogène uniquement placé à 5 cm du centre de la boîte Petri. Après sept jours, le rayon des colonies des souches pathogènes dans l'axe séparant les deux explants a été mesuré. Chaque couple pathogène-antagoniste a été répété trois fois. Les deux isolats qui ont exercé un antagonisme important ont été testés à nouveau sur les mêmes souches des espèces pathogènes pour confirmer le premier résultat.

Ici, chaque couple pathogène-antagoniste a été répété cinq fois.

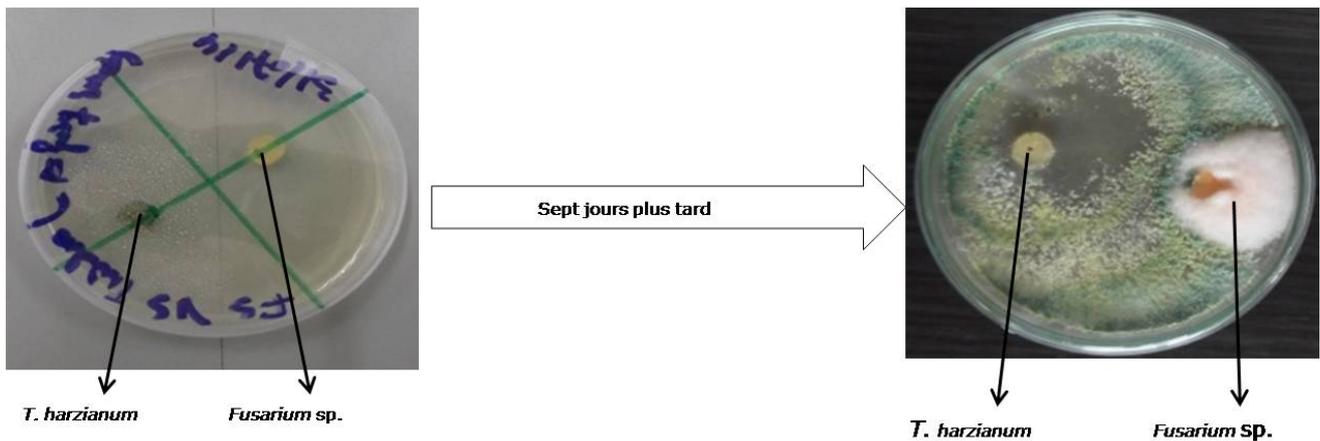


Figure 1: Méthode de co-culture en confrontation directe.

La méthode de co-culture en confrontation à distance visait, elle, à évaluer si l'antagonisme observé était lié à la présence d'un composé volatil produit par l'antagoniste. Dans ce cas, les deux isolats de *T. harzianum* qui ont présenté les meilleurs effets en confrontation directe ont été utilisés pour cette technique. La confrontation à distance a consisté à déposer les explants mycéliens du pathogène et de l'antagoniste dans les centre de deux boîtes de Petri distinctes. Après deux jours d'incubation, les boîtes sont descellées sous hotte à flux laminaire puis un assemblage de deux boîtes est réalisé par la superposition des deux cultures en veillant à garder l'isolat de *T. harzianum* dans la boîte du fond et celui du pathogène dans la boîte du dessus (12). La jonction entre les deux boîtes est maintenue par des couches de Parafilm afin d'éviter toute déperdition des substances volatiles (8). Les boîtes ont été ensuite remises en incubation pendant 7 jours. Après 7 jours, le diamètre de croissance des colonies pathogènes a été mesuré. Chaque couple de pathogène et d'antagoniste a été testé cinq fois.

Evaluation de l'activité myco-parasitaire

L'évaluation de l'activité mycoparasitaire a consisté à réaliser des co-cultures en confrontation directe entre le pathogène et l'antagoniste pendant 21 jours (12).

Au bout des 21 jours, des fragments mycéliens des colonies des agents pathogènes ont été prélevé dans la zone de front entre les deux colonies puis mis en incubation dans des boîtes de Pétri contenant du PDA sous 12 h de lumière proche UV alternée avec l'obscurité 12 h à 22-25 °C pendant 5 jours pour observer la viabilité du pathogène.

Collecte et analyse des données

Au niveau de la confrontation directe et à distance en boîtes de Pétri, les diamètres de croissance mycélienne de l'agent pathogène ont été mesurés au terme du temps d'incubation. L'inhibition exercée par le genre *Trichoderma* a été estimée par le calcul du coefficient d'antagonisme (23) selon la formule I.

$$a_t = (C_{tem} - C_{trait}) / C_{tem} \quad I$$

où a_t est le coefficient d'antagonisme, C_{tem} le rayon moyen des colonies témoins (souches de champignons phytopathogènes en croissance en l'absence d'antagoniste), C_{trait} le rayon moyen des colonies en présence de l'antagoniste. L'ensemble des données recueillies ont été analysées avec le logiciel IBM.SPSS version 22. Les moyennes ont été comparées suivant le test de classification multiple de Duncan au seuil de 5%. Au niveau de l'action myco-parasitaire, l'évaluation a consisté à constater une croissance ou non du fragment mycélien du pathogène au terme du temps d'incubation.

Résultats

Co-culture en confrontation directe

Les rayons moyens de croissance des agents pathogènes mis en co-culture en confrontation directe avec les isolats de *Trichoderma harzianum* sont consignés dans le tableau 2.

L'analyse du tableau indique que l'ensemble des isolats de *T. harzianum* ont entraîné une réduction significative des rayons moyens de croissance des trois agents pathogènes testés. Les coefficients d'antagonisme obtenus ont été tous supérieurs à 0,60 (Tableau 2). Sur les deux espèces de *Fusarium* testées, *ThTab* a été le plus efficace avec des coefficients d'antagonisme de 0,78 sur *Fusarium oxysporum* et 0,84 sur *Fusarium solani*.

Il est suivi de *ThAfs* avec des coefficients d'antagonisme de 0,75 et 0,82 respectivement sur *F. oxysporum* et *F. solani*. Sur *Aspergillus niger*, *ThAfs* enregistré le plus fort coefficient d'antagonisme qui s'élève à 0,91 suivi de *ThKor* dont le coefficient d'antagonisme a été pratiquement identique à celui de *ThTab* (Tableau 2). L'isolat *ThKor* a enregistré un coefficient d'antagonisme sur *A. niger* statistiquement identique à *ThAfs*. L'isolat *ThTen* a enregistré un résultat statistiquement identique à celui de *ThTab* sur *A. niger* avec un coefficient d'antagonisme de 0,88. L'isolat *ThBag* a été le moins efficace de tous les isolats de *T. harzianum* testés sur tous les pathogènes avec des coefficients d'antagonismes de 0,61; 0,74 et 0,81 respectivement sur *F. oxysporum*, *F. solani* et *A. niger*.

Sur la sensibilité des espèces pathogènes testés, *A. niger* a été le plus sensible à tous les antagonistes avec des coefficients d'antagonismes allant de 0,81 à 0,91.

Il est suivi de *F. solani* (0,74-0,84) et *F. oxysporum* (0,61-0,78). Le classement des isolats de *Trichoderma harzianum* en fonction du nombre de pathogènes contrôlés et du coefficient d'antagonisme exercé contre chaque pathogène est le suivant: *ThTab_ ThAfs_ ThKor_ ThTen_ ThBag* (Tableau 2).

Les résultats du deuxième test de co-culture réalisé avec les isolats *ThAfs* et *ThTab* sont présentés dans le tableau 3. Les isolats *ThAfs* et *ThTab* confirment leur fort pouvoir d'antagonisme sur les trois pathogènes avec des coefficients variant entre 0,83 et 0,93. Comme dans le premier test, les isolats antagonistes ont engendré une inhibition plus forte sur *A. niger* que sur *F. oxysporum* et *F. solani* (Tableau 3). On note en général que les coefficients d'antagonismes ont été légèrement plus élevés que ceux obtenus lors du premier test.

Action myco parasitaire

Les résultats sur le mycoparasitisme présentés dans le tableau 4 indiquent que seuls les isolats *ThAfs* et *ThTab* ont manifesté une action myco-parasitaire sur tous les agents pathogènes testés. Les isolats *ThKor* et *ThTen* ont manifesté des actions myco-parasitaires respectivement sur *A. niger* et *F. solani*. La méthode utilisée n'a pas permis de mettre en évidence une action mycoparasitaire claire de l'isolat *ThBag* sur les pathogènes testés.

Tableau 2

Croissance radiale de *F. oxysporum*, *F. solani* et *A. niger* et coefficients d'antagonisme de 5 isolats de *T. harzianum* sur les 3 agents pathogènes en confrontation directe.

| Traitements | Espèces fongiques pathogènes | | | | | |
|---------------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| | <i>F. oxysporum</i> | | <i>F. solani</i> | | <i>A. niger</i> | |
| | Croissance (cm) | α | Croissance (cm) | α | Croissance (cm) | α |
| Pathogène seul | 2,7 ^c | - | 3 ^c | - | 7 ^c | - |
| Pathogène seul + <i>ThBag</i> * | 1,1 ^b | 0,61 ^b | 0,8 ^b | 0,74 ^b | 1,4 ^b | 0,81 ^b |
| Pathogène seul + <i>ThAfs</i> | 0,7 ^a | 0,75 ^a | 0,5 ^{ab} | 0,82 ^b | 0,6 ^a | 0,91 ^a |
| Pathogène seul + <i>ThKor</i> | 0,9 ^{ab} | 0,67 ^{ab} | 0,7 ^{ab} | 0,77 ^b | 0,7 ^a | 0,90 ^a |
| Pathogène seul + <i>ThTab</i> | 0,7 ^a | 0,78 ^a | 0,5 ^a | 0,84 ^a | 0,8 ^a | 0,89 ^{ab} |
| Pathogène seul + <i>ThTen</i> | 0,9 ^{ab} | 0,65 ^{ab} | 0,7 ^b | 0,76 ^b | 0,8 ^a | 0,88 ^{ab} |
| Valeur de F | 68,661 | 3,412 | 149,647 | 2,532 | 225,105 | 2,467 |
| Probabilité | 0 | 0,053 | 0 | 0,106 | 0 | 0,113 |

Les moyennes suivies de la même lettre alphabétique dans chaque colonne ne sont pas différentes significativement au seuil de 5% (Duncan range test).

*codes des isolats de *T. harzianum*

Tableau 3

Croissance radiale de *F. oxysporum*, *F. solani* et *A. niger* et coefficients d'antagonisme de 5 isolats de *T. harzianum* sur les 3 agents pathogènes en confrontation directe (deuxième test).

| Traitements | Espèces fongiques pathogènes | | | | | |
|-------------------------------|------------------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | <i>F. oxysporum</i> | | <i>F. solani</i> | | <i>A. niger</i> | |
| | Croissance (cm) | α | Croissance (cm) | α | Croissance (cm) | α |
| Pathogène seul | 4,1 ^c | - | 3,7 | - | 8,0 ^a | - |
| Pathogène seul + <i>ThAfs</i> | 0,3 ^a | 0,92 ^b | 0,3 ^a | 0,93 ^b | 0,6 ^b | 0,93 ^b |
| Pathogène seul + <i>ThTab</i> | 0,7 ^b | 0,83 ^a | 0,5 ^a | 0,88 ^a | 0,9 ^b | 0,89 ^a |
| Valeur de F | 694,28 | 949,53 | 425,55 | 2695,14 | 894,83 | 11156,83 |
| Probabilité | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Les moyennes suivies de la même lettre alphabétique dans chaque colonne ne sont pas différentes significativement au seuil de 5% (Duncan range test).

Tableau 4

Action myco-parasitaire des isolats de *T. harzianum* sur les agents pathogènes.

| Pathogènes | Antagonistes | | | | |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | <i>ThBag</i> | <i>ThAfs</i> | <i>ThKor</i> | <i>ThTab</i> | <i>ThTen</i> |
| <i>A. niger</i> | + | - | - | - | + |
| <i>F. oxysporum</i> | + | - | + | - | + |
| <i>F. solani</i> | + | - | + | - | - |

(+): croissance du pathogène (-): pas de croissance du pathogène.

Tableau 5

Croissance radiale de *F. oxysporum*, *F. solani* et *A. niger* et coefficients d'antagonisme de 5 isolats de *T. harzianum* sur les 3 agents pathogènes en confrontation à distance.

| Traitements | Espèces fongiques pathogènes | | | | | |
|----------------|------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------------|
| | <i>F. oxysporum</i> | | <i>F. solani</i> | | <i>A. niger</i> | |
| | Croissance (cm) | α | Croissance (cm) | α | Croissance (cm) | α |
| Pathogène seul | 8,3 ^b | - | 6,6 ^b | - | 8,8 ^a | - |
| <i>ThAfs</i> | 6,3 ^a | 0,17 ^a | 6,1 ^{ab} | 0,07 ^{ab} | 8,7 ^a | 0,01 ^a |
| <i>ThTab</i> | 6,5 ^a | 0,21 ^a | 5,6 ^a | 0,15 ^b | 8,6 ^a | 0,02 ^a |
| Valeur de F | 12,891 | 14,467 | 2,675 | 3,361 | 0,107 | 0,151 |
| Probabilité | 0,001 | 0,001 | 0,109 | 0,069 | 0,9 | 0,861 |

Les moyennes suivies de la même lettre alphabétique dans chaque colonne ne sont pas différentes significativement au seuil de 5% (Duncan range test).

Co-culture en confrontation à distance

Les deux isolats de *T. harzianum* ont exercé une légère réduction de croissance des pathogènes fongiques cultivés en confrontation à distance. Les coefficients d'antagonisme ont été nettement inférieurs à ceux obtenus en confrontation directe (Tableau 5). Ils ont varié ici de 0,01 à 0,21 contre 0,75 à 0,93 pour les mêmes couples de confrontation. *A. niger* a été le pathogène le plus résistant à l'action antagoniste et *F. oxysporum* a été le plus sensible (Tableau 5). Il n'y a pas eu de différence significative entre les deux isolats de *T. harzianum* testés.

Discussion

Les résultats obtenus à l'issue de cette étude révèlent que l'ensemble des isolats de *T. harzianum* isolés au Burkina Faso possèdent un pouvoir inhibiteur de la croissance mycélienne de *Aspergillus niger*, *F. oxysporum* et *F. solani* à des degrés variables selon l'espèce pathogène. Des auteurs comme Essalmani et Lahlou (10), Khaled (16), Ebtsam *et al.* (9), Agarwal *et al.* (1), Malathi et Mohan (20), Shaik and Sahera (29) ont mis en évidence l'activité inhibitrice des espèces de *Trichoderma* sur la croissance de *A. niger*, *F. oxysporum* et *F. solani*. Ces résultats vont également dans le même sens que ceux de Malathi et Mohan (20) qui ont montré que *T. harzianum* possède un fort pouvoir d'inhibition contre *F. oxysporum* f.sp *cepae* (82,77%). Les cinq isolats testés ont inhibé la croissance des trois agents pathogènes mais tous n'ont pas exercé d'action myco-parasitaire sur tous les agents pathogènes testés et l'intensité des inhibitions a varié légèrement d'un pathogène à un autre et d'un antagoniste à l'autre mais des valeurs de coefficients d'antagonisme supérieures à 0,75 ont été obtenues avec deux des isolats testés. *En sus*, l'antagonisme lors de la confrontation à distance a été beaucoup plus faible que lors de la confrontation directe. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les *T. harzianum* utilisent plusieurs modes d'action en fonction de la nature de l'agent pathogène pour exercer leur pouvoir antagoniste.

Selon Benhamou et Chet (4), chez les champignons, la chitine est un constituant essentiel de la paroi qui entoure et protège les cellules vis-à-vis de l'environnement.

La paroi cellulaire est donc essentielle pour la croissance fongique et pour la résistance du champignon aux agressions externes. Son altération liée à l'action des *Trichoderma* entraînerait une altération du mycélium qui se traduit par une agrégation, une rétraction et une vacuolisation du cytoplasme. Son assertion est confirmée par Daami-remadi et ElMahjoub (8), qui indiquent que le pouvoir inhibiteur des espèces de *Trichoderma* se manifeste par une importante lyse des cellules mycéliennes des pathogènes. Caron (6) quant à lui, rapporte que *Trichoderma* a la capacité d'attaquer les agents pathogènes via différents modes d'action. Il peut utiliser l'antibiose qui résulte de la production de substances qui agissent comme des «antibiotiques» et qui inhibent la croissance de l'agent pathogène. Il peut également passer par la compétition qui se manifeste par l'aptitude de *Trichoderma* à utiliser les mêmes ressources du milieu (aires d'alimentation, sites de développement) plus vite que les champignons pathogènes mais *Trichoderma* emploie ce mode d'action surtout pour occuper les lieux avant l'arrivée des indésirables. Il peut enfin utiliser le parasitisme qui se manifeste par la destruction de l'agent pathogène lorsque *Trichoderma* s'enroule autour de celui-ci soit en l'étranglant, en pénétrant à l'intérieur et/ou en lui «injectant» des substances (enzymes) qui le détruisent. Les résultats obtenus en mode de confrontation à distance indiquent que l'utilisation de composés volatiles n'a pas été la principale voie qui explique l'antagonisme observé. La forme des colonies en co-culture en confrontation directe dans tous les couples testés montre que *T. harzianum* occupe la plus grande surface de la boîte de Pétri. Dans certains cas, la colonie de *T. harzianum* se développe sur celle de l'agent pathogène. Selon Sharma (30), ces types d'interactions indiquent respectivement la compétition et le parasitisme.

Ainsi on pourrait dire que dans notre cas ce sont ces deux modes d'antagonisme qui ont été utilisés majoritairement par les isolats de *T. harzianum* même si une petite partie de l'effet antagoniste observé pourrait résulter de la production de substances volatiles comme l'indique les résultats de la confrontation à distance. *Aspergillus niger*, *F. oxysporum* et *F. solani* sont des champignons qui sont transmis le plus souvent par les semences (7, 26).

Ainsi, il serait pertinent d'envisager des essais sur les deux isolats de *T. harzianum* les plus efficaces à savoir celui de Tabtenga et celui de «Plants Health Products» de l'Afrique du Sud en pépinière. Il pourrait s'agir soit d'un traitement des semences ou un traitement des aires des pépinières qui sont le plus souvent de petites tailles avec une forme donnée de ces isolats. On pourra ainsi mettre à la disposition des producteurs, un outil simple et peu coûteux pour une bonne gestion des pépinières d'oignon d'où partent plusieurs problèmes parasitaires de l'oignon.

Conclusion

Les résultats obtenus de la présente étude permettent de conclure que les cinq isolats de *Trichoderma harzianum* possèdent tous un fort pouvoir antagoniste contre *A. niger*, *F. oxysporum* et *F. solani* avec des coefficients d'antagonisme allant de 0,6 à 0,93 en confrontation directe et de 0,01 à 0,21 en confrontation à distance. Les cinq isolats ont utilisé principalement la compétition et le parasitisme pour exercer leur pouvoir antagoniste sur les trois souches pathogènes. Deux isolats dont un originaire du Burkina Faso (*ThTab*) et un de l'Afrique du Sud (*ThAfs*) ont été les plus efficaces et on exercé un pouvoir mycoparasitaire sur toutes les espèces pathogènes testées. Ces résultats incitent à réaliser des études plus étendues sur cette action antagoniste en réalisant des essais de traitement de semences ou des aires des pépinières avec plusieurs formulations des deux isolats contre ces trois champignons qui sont souvent transmis par les semences.

Remerciements

Le présent travail a été réalisé au laboratoire de phytopathologie de l'Institut du Développement Rural (IDR) de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso avec l'appui financier de ARES/Belgique. L'auteur voudrait adresser ses vifs remerciements à l'équipe des chercheurs et techniciens du laboratoire ainsi qu'à ARES pour avoir permis son aboutissement.

Références bibliographiques

1. Agarwal T., Malhotra A., Biyani M.M. & Trivedi P.C., 2011, *In vitro* interaction of *Trichoderma* isolates against *Aspergillus niger*, *Chaetomium* sp. and *Penicillium* sp., *Indian J. Fundam. Appl. Life Sci.*, 1, 3, 125-128.
2. Bardia P.K. & Rai P.K., 2007, *In vitro* and field evaluation of biocontrol agents and fungicides against wilt of cumin caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cumini*, *J. Spices Aromat. Crops*, 16, 2, 88-92
3. Bardin S.D., Huang H., 2003, Efficacy of stickers for seed treatment with organic matter or microbial agents for the control of damping-off of sugar beet, *Plant Pathol. Bull.*, 12, 19-26.
4. Benhamou N. & Chet L., 1996, Parasitism of sclerotia of *Sclerotium rolfsii* by *T. harzianum*: ultrastructural and cytochemical aspects of the interaction., *Phytopathol.*, 86, 405-416.
5. Benitez T., Rincon, A.M., Limon M.C. & Codon A.C., 2004, Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains, *Int. Microbiol.*, 7, 249-260
6. Caron J., Laverdière L., Thibodeau P. O. & Bélanger R., 2002, Utilisation d'une souche indigène de *Trichoderma harzianum* contre cinq agents pathogènes chez le concombre et la tomate de serre au Québec, *Phytoprotection*, 83, 73-87.

7. Conn K.E., Lutton J.S. & Rosenberger S.A., 2012, *Onion. Disease Guide. A practical guide for seedmen, growers and agricultural advisors*, Seminis Grow forward, 69.
8. Daami-remadi M. & El mahjoub M., 2001, Lutte biologique contre la pourriture aqueuse des tubercules de pomme de terre par *Trichoderma harzianum*. *Ann. INRAT*, **74**, 167-186.
9. Ebtsam M.M., Kawi K.A. & Khalil M.N.A., 2009, Efficiency of *Trichoderma viride* and *Bacillus subtilis* as Biocontrol Agents against *Fusarium solani* on Tomato Plants, *Egypt. J. Phytopathol.*, **37**, 47-57.
10. Essalmani H. & Lahlou H., 2004, Induction par *Trichoderma harzianum* de la résistance des plantes de lentille contre *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lentis*. *Essalmani., Actes Inst. Agron.*, **24**, 1 & 2, 51-58.
11. Gautam S.S., Kanchan K., Satsangi G.P., 2015: Effect of *Trichoderma* species on germination and growth of Mungbean (*Vigna radiata* L.) and its antagonistic effect against fungal pathogens, *Int. J. Adv. Res.*, **3**, 2, 153-158.
12. Hibar K., Daami-Remadi M. & El Mahjoub M. 2007, Induction of resistance in tomato plants against *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* by *Trichoderma* spp., *Tunis. J. Plant Prot.*, **2**, 47-58.
13. Howell C.R., 2003, Mechanisms employed by *Trichoderma* spp. in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. *Plant Dis.*, **87**, 4-10.
14. Hayden N.J., Maude R.B. & Proctor F.J., 1994, Studies on the biology of black mold (*Aspergillus niger*) on temperate and tropical onions. 1. A comparison of sources of the disease in temperate and tropical field crops, *Plant Pathol.*, **43**, 562-569
15. Kaboré J., 2012, *Analyse de la chaîne de valeur oignon de l'Oudalan et de son potentiel d'insertion dans les marchés urbains au Burkina Faso. Mémoire de master en Sciences Humaines*, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 71 p.
16. Karpagavalli S., Ramabadan R., 2001, Effect of fungicides and *Trichoderma* species on cellulolytic enzyme production, damping-off incidence and seedling vigour of tomato, *Plant Dis. Res.* **16**, 2, 179-185.
17. Khaled H., 2007. Induction of Resistance in Tomato Plants against *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* by *Trichoderma* spp., *Tunis. J. Plant Prot.*, **2**, 47-58.
18. Lone M.A., Wani M.R., Sheik S.A., Sahay S. & Dar M. S., 2012, Antagonistic Potentiality of *Trichoderma harzianum* against *Cladosporium sphaerospermum*, *Aspergillus niger* and *Fusarium oxysporum*, *J. Biol., Agric. Healthcare*, **2**, 8, 2224-3208.
19. MAHRH., 2007, *Analyse de l'économie de la production maraîchère*. Rapport final. 110 p.
20. Malathi S. & Mohan S., 2011, Evaluation of biocontrol agents and organic amendments against onion basal rot caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*, *Madras Agric. J.*, **98**, 10-12, 382-385.
21. Mathur S.B. & Kongsdal O., 2003, *Common laboratory seed health testing methods for detecting fungi*, First edition, Kandrupsbogtrkkeri Publication, Denmark. 425.
22. Meraj-ul-Haque, Nandkar P.B., 2012, Antagonistic effect of rhizospheric *Trichoderma* isolates against tomato damping-off pathogen, *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, *Int. J. Res. BioSci.*, **1**, 27-31.
23. Morsy Ebtsam M., 2005, *Role of growth promoting substances producing microorganisms on tomato plant and control of some root rot fungi*. Ph.D. Thesis, Fac. Agric. Ain shams Univ., Cairo, Egypt.
24. Özer N. & Köycü N.D., 2004, *Seed-borne fungal diseases of onion and their control*. In: Mukerji K.G. (ed.), *Dis. Manage. Fruits Veg.*, **1**, 281-306, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
25. Özer N., Koç M., Der B., 2009. The sensitivity of *Aspergillus niger* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cepae* to fungistasis in onion growing soils, *J. Plant Pathol.*, **91**, 401-410.
26. Oyono M.E.A., 2008, *Risques environnementaux et sanitaires liés à l'utilisation des pesticides dans le maraîchage au Burkina: cas des sites de Tanghin, Boulmiougou et Yitenga*. Mémoire de Diplôme d'ingénieur en équipement rural. Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, Burkina Faso, 101 p.
27. Schwartz H.F. & Mohan K.S., 1995, *Compendium of onion and Garlic Diseases*. APS Press. Am. *Phytopathol. Soc.* 53 p.
28. Shahnaz E., Razdan V.K., Rizvi S.E.H., Rather T.R., Sachin Gupta S. & Muneeb A., 2013, Integrated Disease Management of Foliar Blight Disease of Onion: A Case Study of Application of Confounded Factorials, *J. Agric. Sci.*, **5**, 1, 2013.

29. Shaikh F.T. & Sahera N., 2013, *In Vitro* Assessment of Antagonistic Activity of *Trichoderma Viride* and *Trichoderma Harzianuma* against Pathogenic Fungi, *Indian J. Appl. Res.*, **3**, 57-59.
30. Sharma P., 2011, Complexity of Trichoderma-Fusarium interaction and manifestation of biological control, *Aust. J. Crop sci.*, **5**, 8, 1027-1038
31. Smolinska U. & Kowalczyk W., 2014, The impact of the Brassicaceae plant materials added to the soil on the population of *Fusarium solani* (Mart.) and *Fusarium oxysporum* Schlecht, *J. Hortic. Res.*, **22**, 1, 123-129.
32. Soyong K., Srinon W., Ratanacherdchai K., Kanokmedhakul S. & Kanokmedhakul K., 2005, Application of antagonistic fungi to control anthracnose disease of grape, *J. Agric. Technol.*, **1**, 33-42.
33. Tarpaga W.V., 2012, *Contribution à l'étude de la montaison prématurée des variétés tropicales d'oignon (Allium cepa L.): Cas du Violet de Galmi cultivé au Nord du Burkina Faso*. Thèse de Doctorat de l'Université de Ouagadougou, Burkina Faso. 118p.
34. Zaghoul R.A., Hanafy Ehsan A., Neweigy N. A. & Khalifa Neamat A., 2007, *Application of biofertilization and biological control for tomato production*. 12th Conference of Microbiology, Cairo, Egypt, (18-22) March, 198-212.

T.G. Dabire, Burkinabé, Doctorant, Université Catholique de Louvain, Earth and Life Institute, Faculté des Bioingénieurs, Louvain-la-Neuve Belgique, Doctorat en cotutelle avec: Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural, Bobo-Dioulasso Burkina Faso.

S. Bonzi, Burkinabé, PhD, Assistant, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

I. Somda, Burkinabé, PhD, Professeur titulaire, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

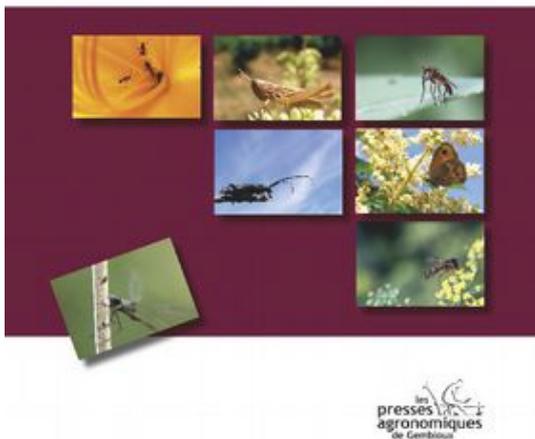
A. Legreve, Belge, PhD, Professeur ordinaire, Université catholique de Louvain, Earth and Life Institute, Louvain-la-Neuve, Belgique.

BIBLIOGRAPHIE BIBLIOGRAPHY

BOEKBESPREKING BIBLIOGRAFIA

JACQUES MIGNON, ÉRIC HAUBRUGE, FRÉDÉRIC FRANCIS

CLÉ D'IDENTIFICATION DES PRINCIPALES FAMILLES D'INSECTES D'EUROPE



Auteurs: Jacques Mignon, Éric Haubruge, Frédéric Francis

2016, 96 p., 85 fig.

ISBN 978-2-87016-141-8

Bel./Etr.: 15 € + frais de port

Presses agronomiques de Gembloux

Passage des Déportés, 2, 5030 Gembloux, Belgique.

Commandes

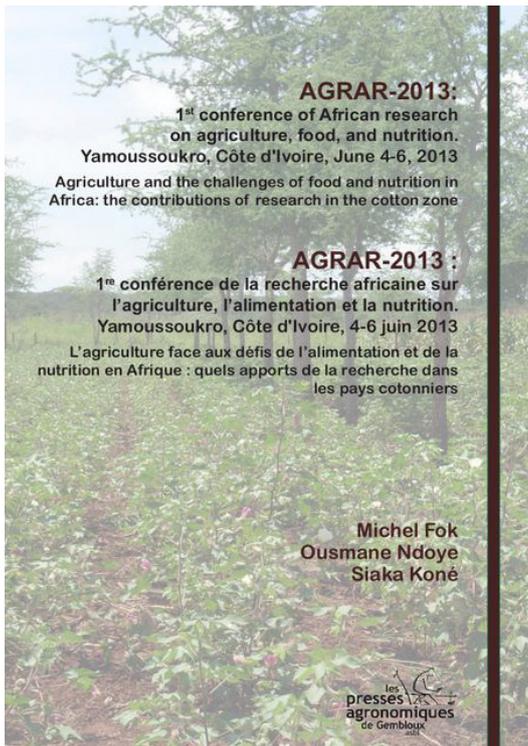
- par le site internet www.pressesagro.be
- par mail pressesagro.gembloux@ulg.ac.be
- par téléphone 00.32.81.62.22.42
- chez les libraires

Reconnaître avant de connaître

Quelques insectes particuliers sont identifiables du premier coup d'œil ou par comparaison avec des illustrations de qualité. Malheureusement, il s'agit là d'exceptions et l'étude des insectes est souvent rendue complexe par la nécessité d'utiliser une loupe binoculaire et de maîtriser un vocabulaire spécifique difficilement accessible aux néophytes. Principalement destinée à l'enseignement de l'entomologie, la présente clé d'identification permet de donner un nom à quelque 180 familles ou super-familles d'insectes parmi les plus couramment rencontrées en Europe. Le vocabulaire utilisé est accessible à toute personne ayant des notions de base de la morphologie des insectes. Un glossaire et des figures permettent de combler certaines lacunes et de donner sens aux critères d'identification rencontrés. Reconnaître un insecte au niveau de la famille permet d'obtenir rapidement des précisions sur sa biologie et constitue une étape indispensable vers une connaissance approfondie des différentes espèces.

Les auteurs

Jacques Mignon, Éric Haubruge et Frédéric Francis sont tous trois docteurs en sciences agronomiques de Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège) mais ils sont surtout passionnés d'entomologie depuis leur plus jeune âge et engagés à différents niveaux dans l'enseignement et la vulgarisation de l'entomologie.



Auteurs: M. Fok, O. Ndoye & S. Kone

2015, 689 p., 138 fig., 222 tab., 1 carte

ISBN 978-2-87016-138-8

BEL/ETR : 30 € + frais de port

Presses agronomiques de Gembloux

Passage des Déportés, 2, 5030 Gembloux, Belgique.

Commandes

- par le site internet www.pressesagro.be
- par mail pressesagro.gembloux@ulg.ac.be
- par téléphone 00.32.81.62.22.42
- chez les libraires

Résumé

L'agriculture face aux défis de l'alimentation et de la nutrition en Afrique: quels apports de la recherche dans les pays cotonniers

Les Presses Agronomiques de Gembloux asbl viennent de publier un livre compilant les communications faites lors de la 1^{re} conférence de la recherche africaine sur l'agriculture, l'alimentation et la nutrition tenue à Yamoussoukro en Côte d'Ivoire du 4-6 juin 2013.

Cette conférence intitulée: «**L'agriculture face aux défis de l'alimentation et de la nutrition en Afrique: quels apports de la recherche dans les pays cotonniers**» a été financée par les institutions internationales des pays du Sud et du Nord.

L'objectif principal de la conférence était: «d'appréhender la contribution des zones de production du coton, en Afrique de l'Ouest et du Centre, dans la satisfaction des besoins alimentaires des populations».

Trois-cent-cinquante chercheurs et décideurs, des pays africains et non africains, ont participé à cette conférence. Ces participants ont suivi quatre-vingt communications données par des conférenciers en provenance de seize institutions affiliées à six institutions internationales des pays du Sud et du Nord.

Les thèmes abordés et publiés sont regroupés dans cinq chapitres: Les crises alimentaires et politiques agricoles, Techniques et impacts de la production cotonnière, Innovations en agriculture, Exploration et exploitation de la biodiversité, Produits alimentaires et nutrition.

Les enseignements et les recommandations de la conférence ont été synthétisés. Ils sont multidisciplinaires et complémentaires. Les points saillants des présentations et des échanges concernent la sélection variétale, la biodiversité, le respect de l'environnement, les innovations, le rôle de la femme....

Cet ouvrage est à conseiller aux enseignants-chercheurs, aux étudiants et aux décideurs s'intéressant à la culture cotonnière dans le monde et particulièrement aux acteurs de développement en Afrique centrale et occidentale.

Le texte intégral des actes est disponible au lien suivant: <http://www.pressesagro.be/e-book/9782870161388.pdf>

Germain HARELIMANA

Juillet 2016

Study of the Diversity of Earthworm Communities in the Reserve and Hunting Domain of Bombo Lumene, Tray of Bateke

F. Milau Empwal*

Keywords: Diversity- Lombrician- Biotope- Bombo-lumene- Batékés- DR Congo

Summary

Soil macrofauna is regularly put forward for his role on the physical and chemical characteristics of cultivated land. In addition, the working frequency and intensity of cropping land use are important to consider in the management of agricultural land factors. This thesis aims to quantify the effect of land cover on earthworm communities, and to identify environmental factors that govern these organizations. Among the potential factors, the diversity of the structure of the habitat is increasingly discussed, but few studies support these hypotheses. Based on a large sampling of earthworms, the study to investigate the earthworm diversity and simultaneously the effect of different regulatory factors in different land of Bombo-Lumene was performed. A strong earthworm habitat diversity was found to be based on crop, diet, type of prostomium and geographical distribution. Ten species of earthworms have been identified including 8 endemic and 2 cosmopolitan ones. The diversity of these lines was correlated with the type of land use. It has a very strong and decisive effect on stand density earthworms. In addition to environmental variables, taxonomic richness of earthworms can be reliably predicted by the type of land use. The dense forest, gallery forest and forest regrowth are more diverse than the tree savannah, grassland and land under cultivation. Furthermore, the decomposition of wood is of first importance on the development of soil characteristics, including the enhancement of forest and/or agricultural issues. Earthworms play an important role in the transformation of soil organic matter, nutrients, distribution of energy flow in terrestrial ecosystems and increasing soil fertility. Three *taxa* decomposers of wood, namely *Dichogaster austeni*, *D. wenkei* and *D. tenuiseta* were identified. The joint analysis of soil and earthworm casts suggested significantly larger carbon and nitrogen soil contents. The role of the macrofauna was discussed in the context of the restoration of degraded areas by the mobilization of organic matter in the soil ecosystems and the improvement of soil fertility in the tropical climate. In addition, the type of land use significantly influence the ecological structure of earthworm populations. Abundances and densities of earthworms were positively correlated to the gradient of vegetation. The semi-deciduous rain forest seems more suitable and conducive to the development of these stands. Earthworm biomass decreased following a intensification gradient of anthropogenic activities. Soil-dwelling species are unfailingly better suited to different habitats and that epigeic anecic species. Therefore, they are an important component of ecological categories of earthworms. In contrast, anecic species are better represented in the soil under cultivation, which reflects their particular adaptation to the environment disturbed.

Languages: French

Date: 19th April 2016

Number of bibliographic references: 162

Number of pages: 122

Number of figures: 28

Number of tables: 14

Number of annexes: 4

Thesis Committee

Prof. E. Sumbu Zola Lezi: President, University of Kinshasa, DRC

Prof. J-C. Palata Kabudi: Secretary, University of Kinshasa, DRC

Prof. F. Francis: Promotor (North), ULG, Gembloux Agro-Biotech, Belgium

Prof. C. Kachaka Sudi Kaiko: Promotor (South), University of Kinshasa, DRC

Prof. J. Aloni Komanda: University of Kinshasa, DRC

Prof. A. Lema Ki Munseki: University of Kinshasa, DRC

Prof. S. Ifuta Ndey: University of Kinshasa, DRC

Results: Ph.D. in Agronomy

*University of Kinshasa, Agricultural Sciences Faculty, Natural Resources Management Department, Kinshasa, RD Congo.

| | |
|---|--|
| Annonces Announcements | Aankondigingen Anuncios |
|---|--|

Koninklijke Academie
voor
Overzeese Wetenschappen



Academie Royale
des
Sciences d'Outre-Mer

JAARLIJKSE WEDSTRIJDEN

Om het wetenschappelijk onderzoek van goede kwaliteit i.v.m. problemen eigen aan de overzeese gebieden te bevorderen, organiseert de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen (KAOW) jaarlijkse wedstrijden.

a) Opstellen van de vragen en indiening van de werken

Art. 1. Elke klasse schrijft jaarlijks een wedstrijd uit over een vraag die verband houdt met de door haar behandelde materies.

Tijdens haar februarizitting bepaalt elke klasse het thema waarover de vraag zal handelen en duidt zij twee leden aan om ze op te stellen. Tijdens haar maartzitting legt elke klasse de tekst van de vraag definitief vast. Deze vraag moet voldoende ruim geformuleerd worden zodat het tot een echte competitie kan komen.

Art. 2. De wedstrijd is toegankelijk voor wetenschappers wereldwijd zonder enige leeftijdsbeperking. De leden van de Academie mogen niet deelnemen.

Art. 3. Elk door de Academie voor de jaarlijkse wedstrijd bekroonde werk krijgt een prijs in speciën (2 500 EUR).

Art. 4. Het voor de jaarlijkse wedstrijd van de Academie ingediende werk moet een origineel en recent (max. vijf jaar oud) wetenschappelijk manuscript zijn: een doctoraal proefschrift of een werk van ten minste hetzelfde niveau.

Het indienen van een werk voor de jaarlijkse wedstrijd impliceert dat de potentiële laureaat instemt met de voorwaarden die aan het aanvaarden van de prijs verbonden zijn.

Art. 5. De Academie neemt werken in het Nederlands, het Frans, het Duits, het Engels en het Spaans in overweging.

Art. 6. De auteurs van de voor de wedstrijd ingediende werken mogen anoniem blijven. In dat geval voegen zij bij hun werk een verzegelde enveloppe met daarin hun naam en adres en voorzien van een duidelijk herkenbaar devies dat ook aan het begin van hun werk terug te vinden is. Deze enveloppe wordt opengemaakt na de toekenning van de prijs.

Art. 7. De voor de wedstrijd ingediende werken moeten op het secretariaat van de Academie toekomen vóór 1 maart van het tweede kalenderjaar dat op de publicatie van de vraag volgt: vijf papieren en één elektronische versie.

Voor kandidaten uit overzeese gebieden (ontwikkelings- en groei landen) volstaan drie papieren exemplaren en één elektronisch document.

De kandidaten zullen een samenvatting van maximum 1 200 woorden bij hun aanvraag voegen, evenals een *curriculum vitae*.

CONCOURS ANNUELS

En vue de promouvoir la recherche scientifique de haute qualité relative à des matières propres aux régions d'outre-mer, l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer (ARSOM) organise des concours annuels.

a) Rédaction des questions et introduction des travaux

Art. 1. Chaque classe met annuellement au concours une question sur les matières qui lui sont spécifiques.

En sa séance de février, chaque classe détermine le thème sur lequel portera la question et désigne deux membres chargés de la rédiger. En sa séance de mars, chaque classe arrête définitivement le texte de la question. Cette question doit être formulée de manière suffisamment large pour susciter une vraie compétition.

Art. 2. Le concours est accessible aux scientifiques du monde entier sans aucune restriction d'âge. Les membres de l'Académie ne peuvent y prendre part.

Art. 3. Chaque travail couronné par l'Académie au concours annuel est doté d'un prix en espèces (2 500 EUR).

Art. 4. Le travail soumis au concours annuel de l'Académie doit être un manuscrit scientifique, original et récent (max. cinq ans): une thèse de doctorat ou un travail de niveau au moins équivalent.

L'introduction d'un travail au concours annuel implique de la part du lauréat potentiel qu'il souscrive aux conditions liées à l'acceptation du prix.

Art. 5. Seront pris en considération par l'Académie les travaux rédigés en français, en néerlandais, en allemand, en anglais et en espagnol.

Art. 6. Les auteurs des travaux présentés au concours peuvent garder l'anonymat. Dans ce cas, ils joindront à leur travail un pli cacheté contenant leur nom et adresse et portant une devise clairement identifiable reproduite en tête de leur ouvrage. Ce pli sera ouvert après l'attribution du prix.

Art. 7. Les travaux présentés au concours doivent parvenir au secrétariat de l'Académie en cinq exemplaires avant le premier mars de la deuxième année civile qui suit celle de la diffusion de la question: cinq documents papier et une version électronique.

Pour les candidats des pays d'outre-mer (pays en développement et pays émergents), trois exemplaires papier et un document électronique suffisent.

Les candidats annexeront à leur demande un résumé de maximum 1 200 mots et un *curriculum vitae*.

b) Beoordeling van de ingediende werken

Art. 1. Tijdens hun maartzitting duidt elke klasse drie lezers aan om de ingediende werken te onderzoeken en er voor de klasse een verslag over op te stellen.

Art. 2. De prijs wordt in de maand mei door de klasse toegekend nadat zij het verslag van de lezers gelezen en goedgekeurd heeft. De auteur van het bekroonde werk zal de titel van „Laureaat van de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen” dragen.

Art. 3. Na toekenning van de prijzen blijven de werken op het secretariaat van de Academie ter beschikking van de leden.

b) Appréciation des travaux introduits

Art. 1. En leur séance de mars, chaque classe désigne trois lecteurs chargés d'examiner les travaux introduits et d'en faire rapport devant la classe.

Art. 2. Le prix est attribué par la classe au mois de mai après lecture et approbation du rapport des lecteurs. L'auteur de l'ouvrage couronné portera le titre de «Lauréat de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer».

Art. 3. Après attribution des prix, les travaux restent au secrétariat de l'Académie à la disposition des membres.

Yearly Competitions

In order to stimulate high-quality scientific research regarding problems inherent to overseas regions, the Royal Academy for Overseas Sciences (RAOS) organizes yearly competitions.

a) Writing the questions and submitting the works

1. Every year, each Section of the Academy puts one question forward on specific subjects.

In its February meeting, each Section sets the theme on which the question will be focused and appoints two members in charge of writing it. In its March meeting, each Section approves the final text of the question. Each question should be worded as broadly as possible in order to generate a real competition.

2. The competition is open to all scientists worldwide without any age restriction. Academy members are not allowed to take part.

3. Each award-winning work in the yearly competition is granted a cash prize (2,500 EUR).

4. The work submitted to the Academy's yearly competition should be an original and recent (max. five years old) scientific manuscript: a PhD thesis or a work of at least the same level.

Submitting a work to yearly competition implies that the potential laureate subscribes to the conditions linked to the acceptance of the prize.

5. Only the works written in English, French, Dutch, German and Spanish will be taken into consideration by the Academy.

6. The authors of works intended for the competition may remain anonymous. In this case, they should add to their submission a sealed envelope containing their name and address and bearing a distinctive sign or motto reproduced at the beginning of their work. This envelope is opened after awarding the prize.

7. The works submitted to the competition should reach the Academy's secretariat by 1 March of the year following that of the announcement of the question: five paper documents and an electronic version. For the candidates from overseas countries (developing and emerging countries) three paper copies and one electronic document will do. Candidates will enclose in their request an abstract of maximum 1,200 words and a curriculum vitae.

b) Assessment of the works submitted

1. In their March meeting, each Section will appoint three readers in charge of reviewing the works submitted and making a report of them before the Section.

2. The prize is awarded by the Section concerned in May after reading and approving of the reviewers' report. The author of the award-winning work will be conferred the title of "Prizewinner of the Royal Academy for Overseas Sciences".

3. After awarding the prizes, the works remain at the Academy's secretariat where they are made available to members.

Concursos anuales

Con el fin de promover la investigación científica de alta calidad sobre temas propios de las regiones de ultramar la Real Academia de Ciencias de Ultramar organiza concursos anuales.

a) Formulación de las cuestiones y presentación de las obras

1. Cada Sección de la Academia formula cada año una cuestión sobre asuntos que le son específicos.

En su sesión de febrero, cada Sección determina el asunto al que se referirá la cuestión y nombra a dos miembros encargados de formularla. En su sesión de marzo, cada Sección aprueba el texto final de la cuestión. Esta cuestión debe ser formulada de manera suficientemente amplia para suscitar una competición verdadera.

2. El concurso está abierto a los científicos del mundo entero sin ninguna restricción de edad. Los miembros de la Academia no pueden participar en él.

3. Cada obra galardonada por la Academia en el concurso anual está dotada de un premio en metálico (2 500 EUR).

4. La obra sometida al concurso anual de la Academia debe ser un manuscrito científico, original y reciente (máx. cinco años): una tesis de doctorado o una obra que alcance al menos el mismo nivel.

La presentación de una obra para el concurso anual implica que el laureado potencial suscriba a las condiciones relacionadas con la aceptación del premio.

5. Sólo tendrá en cuenta la Academia las obras escritas en español, inglés, francés, neerlandés y alemán.

6. Los autores de las obras presentadas para el concurso pueden conservar el anónimo. En este caso, adjuntarán a su trabajo su nombre y su dirección dentro de un sobre sellado. El sobre llevará una señal o una divisa que estará reproducida en el encabezamiento de su obra.. El sobre será abierto después de la selección de la obra premiada.

7. Las obras sometidas al concurso deben llegar a la secretaría de la Academia antes del primero de marzo del año siguiente de la difusión de la cuestión : cinco documentos de papel y una versión electrónica. Para los candidatos de los países de ultramar (países en desarrollo y países emergentes) bastarán tres ejemplares y un documento electrónico. Los candidatos adjuntarán a su pedida un resumen de máximo 1 200 palabras y una hoja de vida.

b) Evaluación de las obras presentadas

1. En su sesión de marzo, cada Sección nombra a tres lectores encargados de examinar las obras entregadas y de hacer una reseña de ellas ante la Sección.

2. El premio es otorgado por la Sección correspondiente en el mes de mayo tras lectura y aprobación de la reseña de los lectores. El autor de la obra premiada llevará el título de «Laureado de la Real Academia de Ciencias de Ultramar».

3. Después del otorgamiento de los premios, las obras permanecen en la secretaría de la Academia a la disposición de los miembros.

Questions du concours 2017

Première question. — On demande une étude sur les conséquences du tourisme international dans un (ou plusieurs) pays en développement.

2^e question. — On demande une application de la génétique des populations, et en particulier de la génomique, pour la compréhension de l'épidémiologie d'une maladie parasitaire ou infectieuse.

3^e question. — On demande une étude sur les possibilités d'une amélioration des plantes cultivées orphelines basée sur la caractérisation de leur diversité génétique, afin de résoudre des problèmes tels que la sécurité alimentaire, la pauvreté ou l'adaptation au changement climatique.

Les ouvrages présentés au concours doivent parvenir au secrétariat de l'Académie avant le **1^{er} mars 2017**.

Des renseignements complémentaires peuvent être obtenus au secrétariat de l'Académie, avenue Louise 231, B-1050 Bruxelles (Belgique).

Tél. en Belgique 02.538.02.11
Tél de l'étranger +32.2.538.02.11
Fax - en Belgique 02.539.23.53
- de l'étranger + 32.2.539.23.53
E-mail: kaowarsom@skynet.be
Web: <http://www.kaowarsom.be>

Vragen voor de wedstrijd 2017

Eerste vraag. — Men vraagt een studie over de impact van het internationale toerisme in één (of meerdere) ontwikkelingslanden

2^{de} vraag. — Men vraagt een studie over het gebruik van populatiegenetica, en meer bepaald van genomics, voor een beter begrip van de epidemiologie van een parasitaire of een infectieuze ziekte.

3^{de} vraag. — Men vraagt een studie naar mogelijkheden voor de veredeling van ondergewaardeerde plantensoorten, die een antwoord moeten bieden op problemen zoals voedselzekerheid, armoede of aanpassing aan klimaatverandering, op basis van de karakterisering van hun genetische diversiteit.

De werken die voor de wedstrijd ingediend worden, moeten op het secretariaat van de Academie toekomen **vóór 1 maart 2017**.

Bijkomende inlichtingen kunnen verkregen worden op het secretariaat van de Academie, Louizalaan 231, B-1050 Brussel (België).

Tel: in België 02.538.02.11
Tel: vanuit het buitenland + 32.2.538.02.11
Fax - in België 02.539.23.53
- vanuit het buitenland + 32.2.539.23.53
E-mail: kaowarsom@skynet.be
Web: <http://www.kaowarsom.be>

Questions du concours 2018

Première question. — On demande une étude de cas de conflits politiques, sous la bannière de la religion, dans une région d'outre-mer.

2^e question. — On demande une étude sur les mécanismes de résistance médicamenteuse et comment leur compréhension peut contribuer au développement de nouveaux traitements anti-infectieux ou antiparasitaires accessibles aux pays à bas ou moyen revenu.

3^e question. — On demande une étude sur l'utilisation de données de télédétection pour l'évaluation du cycle de l'eau dans des pays en voie de développement.

Les ouvrages présentés au concours doivent parvenir au secrétariat de l'Académie avant le **1^{er} mars 2018**.

Des renseignements complémentaires peuvent être obtenus au secrétariat de l'Académie, avenue Louise 231, B-1050 Bruxelles (Belgique)..

Tél. en Belgique 02.538.02.11
Tél de l'étranger +32.2.538.02.11
Fax - en Belgique 02.539.23.53
- de l'étranger + 32.2.539.23.53
E-mail: kaowarsom@skynet.be
Web: <http://www.kaowarsom.be>

Vragen voor de wedstrijd 2018

Eerste vraag. — Men vraagt een gevalsstudie van politieke conflicten onder het mom van religie in een overzeese regio.

2^{de} vraag. — Men vraagt een studie van de mechanismen van geneesmiddelenresistentie en hoe hun begrip kan bijdragen aan de ontwikkeling van nieuwe voor lage- en middeninkomenslanden toegankelijke behandelingen voor de bestrijding van infectieuze of parasitaire ziekten.

3^{de} vraag. — Men vraagt een studie over het gebruik van satellietgegevens voor de beschrijving van de watercyclus in ontwikkelingslanden.

De werken die voor de wedstrijd ingediend worden, moeten op het secretariaat van de Academie toekomen **vóór 1 maart 2018**.

Bijkomende inlichtingen kunnen verkregen worden op het secretariaat van de Academie, Louizalaan 231, B-1050 Brussel (België).

Tel: in België 02.538.02.11
Tel: vanuit het buitenland + 32.2.538.02.11
Fax - in België 02.539.23.53
- vanuit het buitenland + 32.2.539.23.53
E-mail: kaowarsom@skynet.be
Web: <http://www.kaowarsom.be>

Koninklijke Academie
voor
Overzeese Wetenschappen



Academie Royale
des
Sciences d'Outre-Mer

Young Researchers' Overseas Day

13 December 2016

On Tuesday, 13 December 2016, the second Young Researchers' Overseas Day is organized by the Royal Academy for Overseas Sciences. This event is aimed at researchers aged younger than 40 who are working overseas. It provides an opportunity to meet, discuss, and exchange ideas and to learn more about the Royal Academy for Overseas Sciences (www.kaowarsom.be) and its activities.

There are six sessions based on distinct scientific themes. Each session includes one introductory talk by a distinguished scientist and two talks by young researchers, along with associated poster presentations. An open session is available for topics that fall outside the six themes. **English is preferable** for papers and posters, but submissions in French or Flemish are also welcome.

Participation is **free** but registration is **required**.

Themes

1. One-Health: environment, animal and human well-being
2. Biodiversity and its role in nutrition and livelihood provision
3. Anthropogenic and natural influences on society: characterization, historical inventory, monitoring and resilience
4. World population growth and economic and social evolutions: megacities, poverty, migration, epidemics, infrastructure, transport, ...
5. Learning from the past: archaeology, history and insights in 21st century society
6. Communication, Old and New Languages
7. Open Session

Programme

- 08.30 – 09.00 Registration and poster set-up.
 09.00 – 09.30 Welcome address
 Introduction to the Royal Academy for Overseas Sciences.
 09.30 – 10.20 Talks.
 10.20 – 11.00 Coffee and poster session.
 11.00 – 12.40 Talks.
 12.40 – 13.40 Lunch and poster session.
 13.40 – 15.20 Talks.
 15.20 – 16.00 Coffee and poster session.
 16.00 – 16.50 Talks.
 16.50 – 17.50 Discussion and concluding address.

Abstract preparation

Abstracts must be received in English, French, or Dutch by **30 September 2016**. Please use the template available at the website of the Royal Academy for Overseas Sciences (link below):

http://www.kaowarsom.be/en/submission_abstracts_jongevorsers_jeuneschercheurs

The Scientific Committee will evaluate the abstract and decide whether you can participate with a lecture or a poster.

Important dates

- Submission of abstract: 30 September 2016
 Notification: 20 October 2016
 Registration: 15 November 2016

Venue

Palais der Academiën / Palais des Académies
 Hertogsstraat / Rue Ducale 1
 1000 Brussels
 Belgium

Journée «Jeunes Chercheurs Outre-mer»

13 décembre 2016

L'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer organise le mardi 13 décembre 2016 sa deuxième Journée «Jeunes Chercheurs Outre-Mer». Le but de cette journée est, avant tout, de permettre à de jeunes chercheurs de moins de 40 ans actifs dans les pays d'outre-mer, de se rencontrer quelle que soit leur discipline mais, également, de faire connaître à ces jeunes chercheurs l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer et ses activités (www.kaowarsom.be).

La journée s'articulera autour de 6 thèmes suffisamment vastes pour accueillir les projets de recherche d'un grand nombre de jeunes chercheurs. Chaque thème donnera lieu à l'organisation d'une session (un exposé introductif et 2 exposés par des jeunes chercheurs) entrecoupée d'une session de posters. Une session ouverte est également prévue pour les sujets ne relevant d'aucun des 6 thèmes proposés.

Les communications et posters pourront être présentés en anglais, en français ou en néerlandais, **avec une préférence pour l'anglais**.

La participation à cette journée est **gratuite** mais l'inscription **obligatoire**.

Thèmes

1. One-Health:environment, animal and human well-being.
2. Biodiversity and its role in nutrition and livelihood provision.
3. Anthropogenic and natural influences on society: characterization, historical inventory, monitoring and resilience.
4. World population growth and economic and social evolutions: megacities, poverty, migration, epidemics, infrastructure, transport, ...
5. Learning from the past: archaeology, history and insights in 21st century society
6. Communication, Old and New Languages
7. Open Session

Programme

| | |
|---------------|---|
| 08.30 – 09.00 | Enregistrement et installation des posters |
| 09.00 – 09.30 | Accueil Présentation de l'« Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer » |
| 09.30 – 10.20 | Exposés |
| 10.20 – 11.00 | Café et session posters |
| 11.00 – 12.40 | Exposés |
| 12.40 – 13.40 | Lunch et session posters |
| 13.40 – 15.20 | Exposés |
| 15.20 – 16.00 | Café et session posters |
| 16.00 – 16.50 | Exposés |
| 16.50 – 17.50 | Discussions et Conclusion |

Participation et soumission d'un résumé

Si vous souhaitez soumettre un résumé, veuillez nous le faire parvenir (en anglais, français ou néerlandais) avant le **30 septembre 2016** en utilisant le canevas disponible sur le site web de l'Académie

http://www.kaowarsom.be/en/submission_abstracts_jongevorsers_jeuneschercheurs

Le Comité scientifique évaluera la qualité de votre résumé et décidera si votre proposition peut donner lieu à un exposé ou à un poster.

Deadlines

| | |
|---------------------------------|-------------------|
| Envoi des résumés: | 30 septembre 2016 |
| Avis d'acceptation des résumés: | 20 octobre 2016 |
| Inscription: | 15 novembre 2016 |

Lieu

Palais des Académies
Rue Ducale 1
1000 Bruxelles

Contactdag «Jonge vorsers overzee»

13 december 2016

De Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen organiseert op dinsdag 13 december 2016 haar tweede Contactdag 'Jonge vorsers overzee'. Het doel van deze Contactdag is om enerzijds jonge vorsers (jonger dan 40 jaar) die in verschillende onderzoeksdomeinen in overzeese gebieden werken met elkaar in contact te brengen, en anderzijds jonge vorsers kennis te laten maken met de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen en haar activiteiten (www.kaowarsom.be).

De contactdag spitst zich toe op zes brede thema's waarin de onderzoeksprojecten van een groot aantal jonge vorsers een plaats kunnen vinden. Aan elk thema wordt een sessie gewijd (één inleidende uiteenzetting en twee lezingen door jonge vorsers), afgewisseld met postersessies. Er is ook een open sessie gepland voor onderwerpen die bij geen enkel van de zes thema's ondergebracht kunnen worden.

De bijdragen (voordrachten of posters) kunnen in het Engels, Nederlands of Frans voorgesteld worden, **het Engels draagt echter de voorkeur**.

Deelname aan de Contactdag is **gratis** maar inschrijving is **noodzakelijk**.

Thema's

1. One-Health: environment, animal and human well-being.
2. Biodiversity and its role in nutrition and livelihood provision.
3. Anthropogenic and natural influences on society: characterization, historical inventory, monitoring and resilience.
4. World population growth and economic and social evolutions: megacities, poverty, migration, epidemics, infrastructure, transport...
5. Learning from the past: archaeology, history and insights in 21st century society
6. Communication, Old and New Languages
7. Open Session

Programma

| | |
|---------------|---|
| 08.30 – 09.00 | Registratie en ophangen posters |
| 09.00 – 09.30 | Welkom en voorstelling van de „Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen“ |
| 09.30 – 10.20 | Lezingen |
| 10.20 – 11.00 | Koffie en postersessie |
| 11.00 – 12.40 | Lezingen |
| 12.40 – 13.40 | Lunch en postersessie |
| 13.40 – 15.20 | Lezingen |
| 15.20 – 16.00 | Koffie en postersessie |
| 16.00 – 16.50 | Lezingen |
| 16.50 – 17.50 | Discussies + Afsluitend woord |

Deelname en indiening van samenvatting

De samenvatting van de voordrachten/posters dienen vóór **30 september 2016** d.m.v. de op onze website beschikbare sjabloon http://www.kaowarsom.be/en/submission_abstracts_jongevorsers_jeuneschercheurs ingediend te worden.

Het Wetenschappelijk Comité zal de samenvatting beoordelen en beslissen of u met een lezing of poster kan deelnemen.

Deadlines

| | |
|------------------------------------|-------------------|
| Indienen abstract: | 30 september 2016 |
| Bekendmaking aanvaarding abstract: | 20 oktober 2016 |
| Inschrijving: | 15 november 2016 |

Locatie

Paleis der Academiën
Hertogsstraat 1
1000 Brussel
België

Presentation

Tropicultura is een multidisciplinair tijdschrift die oorspronkelijke artikels, onderzoeksnota's, overzichten, samenvattingen van boeken en van thesissen, alsook advertenties en besprekingen van films en audiovisuele hulpmiddelen publiceert die betrekking hebben tot alle domeinen verbonden aan overzeese plattelandontwikkeling en duurzaam milieubeleid.

Wetenschappelijk Patronaat

Tropicultura wordt uitgegeven door de v.z.w. AGRI-OVERSEAS en geniet van het wetenschappelijke patronaat van de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen (KAOW: www.kaowarsom.be).

Tropicultura vult de rol in die het Landbouwtijdschrift voor Belgisch-Congo en Ruanda-Urundi vóór 1963 speelde. Het eerste volume van Tropicultura werd in 1983 op papier gepubliceerd (ISSN 0771-3312). Sinds 2013 wordt het tijdschrift elektronisch uitgegeven (eISSN 2295-8010).

Financiële steun

Het tijdschrift is uitgegeven met de financiële steun van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (be.brussels.be) en van de "Ecole Régionale postuniversitaire d'Aménagement et de Gestion intégrées Forêts et Territoires Tropicaux (ERAIFT: www.eraift-rdc.org).

Tropicultura en de CAMES

Publicaties in Tropicultura zijn erkend door de "Conseil africain et malgache pour l'enseignement supérieur" (CAMES: www.lecames.org) voor de promotie en de bevordering van docenten onderzoekers.

Leden van de vzw Agri-Overseas

De v.z.w. Agri-Overseas is samengesteld uit individuele leden en uit de volgende Belgische instellingen: de vier faculteiten landbouwwetenschappen (Gembloux - GxABT/ULg, Gent - UGent, Leuven - KULeuven en Louvain-La-Neuve - UCL), de twee faculteiten diergeneeskunde (Gent - UGent en Liège - ULg), de eenheden dierengezondheid van het Departement biomedische wetenschappen van het Instituut voor Tropische Geneeskunde te Antwerpen - ITG, de Interfacultaire Afdeling Landbouw van de "Université libre de Bruxelles" - ULB, de "Facultés universitaires de Notre Dame de la Paix" (Namur - UNamur), het "Département des Sciences et Gestion de l'Environnement de l'Université de Liège" (Arlon - DSGE ULg) en de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen (KAOW - ARSOM).

Wetenschappelijke gebieden

Tropicultura publiceert artikels gebonden aan plattelandontwikkeling en duurzaam milieubeheer in warme landen: planten en dierenproducties, diergeneeskundige wetenschappen, bosbouw, bodemkunde, plattelandsbouwkunde, milieuwetenschappen, visvangst en visteelt, bio-industrie, voedingsmiddelenindustrie, sociologie en economie.

Regelmatigheid

Tropicultura wordt driemaandelijks uitgegeven, namelijk in maart, juni, september en december.

Publicatie in Open Access

Alle artikels van Tropicultura sinds de oprichting in 1983 zijn in open access uitgegeven. De volledige tekst en de samenvattingen zijn gratis. Artikels worden verspreid onder de licentie Creative Commons (CC BY NC 4.0 - <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.fr>).

Indexering in de belangrijkste databases

Tropicultura is geïndexeerd in de belangrijkste databases AGRICOLA, AGRIS, CABI, SESAM en DOAJ. Aanvraag tot indexering van Tropicultura in SCOPUS is ingediend.

Impactfactor

De stappen zijn ondernomen voor het verkrijgen van impactfactor.

Verspreiding van Tropicultura

Tropicultura werd van 1983 tot 2012 op papier gedrukt. De oplage bedroeg 2,650 exemplaren en het tijdschrift werd in 110 verschillende landen verspreid.

Alle artikels vanaf het eerste deel, zijn integraal toegankelijk op de website (<http://www.tropicultura.org/content/>) en op DOAJ (<https://doaj.org/toc/0771-3312>).

In 2014, werden door Google Analytics 8.648 bezoekers uit 141 landen en regio's geteld. In 2014 werd Tropicultura 2.173 keren gedownload vanuit 101 landen.

Tropicultura is ook toegankelijk op web sites van EBSCO en Bielefeld (http://www.base-search.net/Search/Results?lookfor=dcoll%3Aftdoaj*tropicultura.org&refid=dclink) en via google scholar (<https://scholar.google.be/scholar?q=Tropicultura>).

Personalia

Redactiecomité

Président : Prof. Dr. J. Bogaert (GxABT/ULg).

Hoofdredacteur : Prof. Dr. Ir. G. Mergeai (GxABT/ULg).

Leden : 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 (ITG), 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) et Prof. Dr. J. Vercruyse (UGent).
Assistenten van de hoofdredacteur: Dr. Ir. Germain Harelimana, Mevr Caroline Louvet.

Raad van Bestuur van de vzw Agri-Overseas

De raad van bestuur is samengesteld uit: Prof. Dr. J. Bogaert (voorzitter), Prof. Dr. Ir. G. Mergeai (gedelegeerd bestuurder), Prof. Dr. B. Losson (schatbewaarder), Dr Eric Thys (secretaris), Prof. Dr. J. Vercruyse (lid), Prof. Dr. S. Geerts (lid).
Zijn permanent uitgenodigd: de Vast Secretaris van KAOW en de directeur van ERAIFT.

Uitgever

Agri-Overseas
Avenue Louise, 231
B-1050 Brussel (België)
telefoon: 32(0)2-540 88 60, 32(0)2-540 88 61
e-mail ghare.tropicultura@belgacom.net, clouvet.tropicultura@belgacom.net
<http://www.tropicultura.org>

Richtlijnen voor auteurs

Talen

Tropicultura publiceert artikels in het Engels, Spaans, Frans en Nederlands. Samenvattingen zijn in het Engels en het Frans opgesteld, maar eveneens in het Spaans of het Nederlands als de manuscript in deze taal ingediend wordt.

Inhoud van het manuscript

Voorrang wordt gegeven aan artikels die een origineel onderwerp uitmaken en een zo breed mogelijk reikwijdte hebben, met andere woorden waarvan de inhoud vooral betrekking heeft tot methodologische aspecten die in een zo breed mogelijke waaier milieus of regio's van de wereld over te brengen zijn.

Een bijzonder accent wordt eveneens gelegd op de betrouwbaarheid van de gepubliceerde informatie, meer bepaald, wanneer het over experimentele resultaten gaat, op het aantal herhalingen in tijd en ruimte van de proeven die aan de basis liggen van de bekomen gegevens.

De manuscripten moeten origineel zijn en mogen niet gelijktijdig elders voorgelegd worden voor publicatie.

Insturen van het manuscript

De manuscripten worden in drie papieren exemplaren naar de hoofdredacteur verzonden of bij voorkeur rechtstreeks onder elektronische vorm als attachment naar het e-mail adres van het secretariaat.

In de mate van het mogelijke zal de auteur, na aanvaarding van het artikel, een laatste, herlezen en verbeterde versie insturen in elektronisch formaat. De software Word is aanbevolen maar een ASCII of RTF formaat van het artikel wordt aanvaard.

Style

Slecht een kant van het blad wordt gedrukt met dubbele lijnspace (27 lijnen van 60 tekens per DIN A4 formaat blad) met een marge van minimum 2,5 cm aan elke kant van het blad. Het lettertype is Times New Roman 11 (27 lijnen van 60 karakters per blad). De manuscripten houden maximum 20 tekstbladen in (voorblad niet inbegrepen).

Het voorblad houdt de titel in, de verkorte titel (maximaal 55 drukletters), de complete namen en voornamen van de auteurs, het diploma, de functie, de nationaliteit, het beroepsadres van alle auteurs en desgevallend de dankbetuiging. De naam van de contactauteur zal met een * gemerkt zijn en zijn adres aangevuld met zijn telefoonnummer.

De volgende pagina's houden volgende elementen in:

- (i) de samenvattingen (max. 200 woorden) in de taal van het manuscript en in het Engels, voorafgegaan door de vertaling van de titel en gevolgd door maximum 6 sleutelwoorden in beide talen;
- (ii) de hoofdinhoud van de tekst;
- (iii) de literatuurlijst;
- (iv) de tabellen genummerd met Arabische cijfers;
- (v) de figuren die op de achterzijde ondubbelzinnig genummerd moeten zijn als ze niet elektronisch gestuurd zijn;
- (vi) de legendes van de tabellen en de figuren.

Alle bladzijden van de bijdrage worden doorlopend genummerd.

De tekst wordt ingedeeld in hoofdstukken (in het algemeen: Inleiding, Materiaal en methodes, Resultaten, Discussie, Conclusies). De indeling van de tekst zal niet verder gaan dan twee niveaus (maximum een niveau onder de titels van de hoofdstukken). De titels van hoofdstukken en de ondertitels dienen beknopt te zijn en zullen nooit onderlijnd worden.

De referenties worden in de tekst door nummers tussen haakjes vermeld. In geval van citatie van verschillende referenties zullen de nummers in groeiende volgorde vermeld worden.

De figuren zullen op professionele wijze getekend zijn. Foto's dienen contrastrijk te zijn, niet gemonteerd en op glanzend papier. De foto's in jpg formaat dienen van goede kwaliteit te zijn met een minimum van 300 pixels per inch (dpi).

De Excel bestanden met de gegevens van de tabellen en de figuren moeten ook toegevoegd worden op het moment van indienen van het manuscript.

De literatuurlijst wordt alfabetisch gerangschikt op basis van de namen van de auteurs en chronologisch voor dezelfde auteur. De referenties zullen doorlopend genummerd worden beginnend met het cijfer 1.

Artikels uit tijdschriften worden in de literatuurlijst als volgt gerefereerd: namen van auteur(s) gevolgd door de initialen van de voornamen, het jaar van publicatie, de volledige titel van het artikel in de oorspronkelijke taal, de naam van het tijdschrift, het nummer van het volume (onderlijnd), de nummers van eerste en laatste bladzijde door een streepje verbonden.

Voorbeeld: Poste G., 1972, Mechanisms of virus induced cell fusion. *Int. Rev. Cytol.* 33, 157-222.

Bij boeken dienen plaats en naam van uitgever vermeld te worden. Bij referenties naar hoofdstukken in boeken: (in volgorde) de auteurs van het hoofdstuk, jaartal, titel van het hoofdstuk, het woordje 'In:', de editorsnamen gevolgd door '(editors)'. Titel van het boek (cursief), volume of uitgave (indien meerdere), naam en locatie van de uitgeverij, begin- en eindpagina's van het hoofdstuk. Bij boeken zijn volgende elementen van belang: de namen van auteurs gevolgd door de initialen van de voornamen, het jaar van publicatie, de volledige titel van het boek, de naam en locatie van de uitgeverij, begin- en eindpagina's van het geciteerde hoofdstuk, het totaal aantal bladzijden van het boek.

Verslagen van conferenties dienen op dezelfde wijze vermeld te worden, mits toevoeging als het mogelijk is van de plaats, de datum de conferentie en de namen van de wetenschappelijke editors.

Voorbeeld: Korbach M.M. & Ziger R.S., 1972, Heterozygotes detection in Tay-Sachs disease a prototype community screening program for the prevention of recessive genetic disorders pp 613-632, in: B.W. Volks & S.M. Aronson (Editors), Sphingolipids and allied disorders, Plenum, New-York, 205 p.

Kopijrecht

Met het oog zich te verzekeren van de originaliteit van het manuscript en van de toelating tot publicatie gegeven door de overheidsinstanties van de auteurs, wordt aan de hoofdauteur gevraagd een verklaring op eer te ondertekenen en terugsturen.

Publicatierechten

Bij het indienen van het artikel, geven de verschillende auteurs aan Tropicultura de niet exclusieve toelating om in open access te publiceren. De auteur behoudt zijn auteursrecht.

Deelname aan de onkosten van publicatie

Authors De deelname van de auteurs in de publicatiekosten van het artikel bedraagt 200 euro. Voordat het artikel wordt verwerkt, moet de contactauteur een attest ondertekenen en terugsturen.

Plagiaat detector

Alle manuscripten worden op plagiaat getest vooraleer aan de referees verzonden te worden.

Leescommissie

De leescommissie van Tropicultura bestaat uit vrijwillige referees uit de internationale wetenschappelijke gemeenschap, gespecialiseerd in alle domeinen met betrekking tot overzeese plattelandsontwikkeling en duurzaam milieubeheer.

Bij het indienen van het artikel, stellen de auteurs drie internationaal gerenommeerde referees voor.

De referees blijven anoniem voor de auteurs. De auteurs zelf blijven eveneens anoniem voor de referees.

Het redactiecomité behoudt zich het recht artikels die niet aan de instructies beantwoorden te weigeren.

Het aanvaardingspercentage van artikels ingediend bij Tropicultura bedraagt 32% tussen 2010 en 2015. accepted.

Hulp bij het opstellen

Het redactie secretariaat kan de auteurs adviseren voor de verbetering van hun manuscript. Het redactiesecretariaat biedt de mogelijkheid aan de referees die het wensen om hen in contact te stellen met de auteurs van het artikel dat zij evalueren.

Texte français dans le n°1

English text in Nr.2

Texto Español en el N°4

TROPICULTURA

2016 Vol. 34 N° 3

Four issues a year (January-February-March)

EDITORIAL

Should we continue to grow *Jatropha curcas*? (in English and french)

G. Mergeai 229

ORIGINAL ARTICLES

Socio-economic Constraints of Land Distribution and Impacts on Soil Conservation in the Western Highlands of Cameroon (in French)

H.G. Djoukeng, T. Dogot, C.M. Tankou & A. Degré 231

Comparative Effects of *Chromolaena odorata* L. King R.M. & H.E. Rob Ashes and a Soluble Mineral Fertilizer (NPK 15 15 15) on the Growth and Yield of Guinea Sorrel (*Hibiscus sabdariffa* L.) (in French)

M. Ognalaga, C. Moupela, G.A. Mourendé & P.I.O. Odjogui 242

Zootechnic Performances of Turkey Poults Fed with Maggot Flour -based Rations (in French)

B.J. Agodokpessi, Y. Toukourou, I.T. Alkoiret & M.H. Senou 253

Non-farm Activities and Adoption of Improved Cassava and Beans Varieties in South- Kivu, DR Congo (in English)

P.M. Dontop-Nguezet, V. Manyong, T. Abdoulaye, A. Arega, M.S. Amato, J.H. Ainembabazi, D. Mignouna & C. Okafor 262

Erodibility of Cultivated Soils in the Foubot Area (West Cameroon) (in English)

J.D. Ngandeu-Mboyo, M. Yemefack, R. Yongue-Fouateu & P. Bilong 276

Feeds Used in Semi-intensive-Fish Farming Systems and their productivity in Ivory Coast (in French)

A.R. Koumi, B.N. Kimou, K.M. Koffi, I.N. Ouattara, B.C. Atse & L.P. Kouame 286

Continental Fish Farming in the Gontougo Area (Ivory Coast): Characterization and Socio-economic Aspects (in French)

K.M. N'dri, K. Yao & G. J. Ibo 300

In vitro Evaluation of Antagonistic Activity of *Trichoderma harzianum* Pers. Isolates against Three Fungal Species Pathogens of Onion in Burkina Faso (in French)

T.G. Dabire, S. Bonzi, I. Somda & A. Legreve 313

BIBLIOGRAPHY

Clé d'identification des principales familles d'insectes d'Europe (in French)

J. Mignon, É. Haubruge & F. Francis 323

L'agriculture face aux défis de l'alimentation et de la nutrition en Afrique: quels apports de la recherche dans les pays cotonniers (in French)

M. Fok, O. Ndoye & S. Kone 324

IN UNIVERSITIES

Study of the Diversity of Earthworm Communities in the Reserve and Hunting Domain of Bombo Lumene, Tray of Bateke (in French)

F. Milau Empwal 325

ANNOUCEMENTS

ARSOM: Yearly Competitions 326

ARSOM: Young Researchers'Overseas Day 330

TROPICULTURA IS A PEER-REVIEWED JOURNAL INDEXED BY AGRIS, CABI, SESAME AND DOAJ

