

TROPICULTURA

2016 Vol. 34 N°4

Trimestriel (octobre- novembre- décembre)

Driemaandelijks (oktober- november- december)

Trimestral (octubre- noviembre- diciembre)

Quarterly (October- November- December)



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



EDITORIAL/EDITORIAL/EDITORIAL

Irrigation and Malaria - a Terrible Combination?

Irrigation et paludisme : un couple infernal?

Irrigatie en malaria - een helse combinatie?

Irrigación y malaria - una combinación terrible?

G. Mergeai

333

ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

Impact des modes de gestion de la fertilité du sol et des systèmes de cultures sur la nutrition azotée et les rendements du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) au Niger

Impacto de las prácticas de manejo de la fertilidad del suelo y sistemas de cultivo sobre la nutrición nitrogenada y los rendimientos de mijo (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.) en Níger

Impact van de vormen van beheer van de bodemvruchtbaarheid en van de teeltsystemen op de stikstofvoeding en de opbrengsten van gierst (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.) in Niger

Z. Hamidou, S. Mahamane, W.A. Payne, M. Sedogo, F. Lompo & H.B. Nacro

335

Mode d'exploitation et durabilité de la pêche de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) et *Gymnarchus niloticus* (Cuvier, 1829) dans le lac de barrage du Sourou (Burkina Faso)

Modo de funcionamiento y sostenibilidad de las pesquerías de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) y *Gymnarchus niloticus* (Cuvier, 1829) en el depósito del Suru (Burkina Faso)

Uitbatingsvorm en duurzaamheid van het vissen op *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) en *Gymnarchus niloticus* (Cuvier, 1829) in het stuwmeer van Sourou (Burkina Faso)

Z. Dialla, M. Tassembledo & J.C. Micha

350

Dynamique d'infestation de la forêt classée de Sanaimbo par les adventices à partir des agro-écosystèmes environnants

La dinámica de infestación del bosque clasificado de Sanaimbo por las malas hierbas de los agro-ecosistemas circundantes

Dynamiek van de infestatie van het beschermde bos van Sanaimbo door het onkruid van de omliggende agro-ecosystemen

A. Touré, L.M.D. Adou, K.F. Kouamé & J. Ipou Ipou

361

Prévalence parasitaire et efficacité de trois traitements sur la croissance des mâchoirons *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacépède 1803) élevés en étangs dans le sud de la Côte d'Ivoire

La prevalencia del parásito y la eficacia de tres tratamientos en el crecimiento de bagre *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacépède, 1803) criados en estanques en el sur de Costa de Marfil

Parasitaire prevalentie en doeltreffendheid van drie behandelingen op de groei van de meerval *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacépède, 1803) gekweekt in vijvers in het zuiden van Ivoorkust

K. Affourmou, N.C.S. Koco & L.A. Yao

375

Influence du système de production et du temps de pâture sur la production de lait des vaches Borgou au Bénin

Influencia del sistema de producción y del tiempo de pastoreo en la producción de leche de vacas Borgou en Benin

Invloed van het landbouwsysteem en van de graastijd op de melkproductie van Borgou koeien in Benin

S.K. Kassa, C.F.A. Salifou, G.K. Dayo, S. Ahounou, I.D. Ogoudanan, T.M. Issifou, B. Kountinhoun, A.G. Mensah, V. Yapi-Gnaoré & A.K.I. Youssao

385

Determinants of Crop Residue Use Along an Intensification Gradient in West Africa's Savannah Zones
Déterminants de l'utilisation des résidus de cultures selon un gradient d'intensification dans les zones de savanes de l'Afrique de l'Ouest

Determinantes de la utilización de los residuos de cosecha a lo largo de un gradiente de intensificación en las zonas de la sabana de África Occidental

Determinanten van het gebruik van teeltresiduen volgens een intensiveringsgradiënt in West Afrikaanse savanne gebieden

A.A. Akinola, T. Abdoulaye, D. Valbuena, O. Erenstein, A. Haileslasie, I. Germaine, M. Shehu & B. Ayedun

396

Adoption of Mechanized Postharvest Cassava Processing Technologies, and the Determinants of High Quality Cassava Flour (HQCF) Processing in Tanzania

Adoption de technologies mécanisées de transformation post-récolte du manioc et déterminants de la production de farine de manioc de haute qualité (FMHQ) en Tanzanie

La adopción de tecnologías mecanizadas de procesamiento posterior a la cosecha de la yuca y los determinantes de la producción de harina de yuca de alta calidad (HQCF) en Tanzania

Adoptie van gemechaniseerde post-oogst technologie voor maniok en determinanten van de productie van hoog kwaliteitsmaniokmeel (HQCF) in Tanzania

P.S. Amaza, A.B. Abass, B. Bachwenkizi & E.E. Towo

411

Facteurs d'adoption des innovations d'intégration agriculture-élevage: cas du *Mucuna pruriens* en zone cotonnière ouest du Burkina Faso

Factores de adopción de innovaciones de integración de cultivos y ganadería: el caso de *Mucuna pruriens* en la zona occidental de algodón de Burkina Faso

Adoptie van innovaties in de integratie van veeteelt en landbouw: het geval van *Mucuna pruriens* in de katoenstreek van West Burkina Faso

M. Koutou, M. Havard, D. Ouédraogo, M. Sangaré, A. Toillier, T. Thombiano & D.S. Vodouhe

424

BIBLIOGRAPHIE/BOEKBESPREKING/BIBLIOGRAFIA

La conservation des grains après récolte

Cruz J.-F. & Hounhouigan Djidjoho

440

ANNONCES/ AANKONDIGINGEN/ ANUNCIOS

ARSOM: Yearly Competitions

441

7th International Seminar on Tropical Swine Production 2017 on the Occasion of the 45th Anniversary of Cuba's Swine Research Institute

VII Seminario Internacional Porcicultura Tropical 2017 en el 45 Aniversario del Instituto de Investigaciones Porcinas de Cuba

445

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

Irrigation and Malaria - a Terrible Combination?

Increasing agricultural productivity is a priority in most of the developing countries and using irrigation is one of the most efficient ways of achieving this goal.

Almost half a billion people in the world contract malaria every year and approximately one million die as a result. The majority of these victims are farmers or members of their families. In infected areas, malaria continues to have major negative impacts on agricultural productivity. For example, in the Équateur province of the DRC, after access to production means, fevers are considered the second biggest obstacle to the development of agricultural activities. In the Ivory Coast, a study has shown that growers suffering from malaria were about half as productive as their healthy colleagues.

The disease often strikes at the start of the rainy season when work begins again in the fields. It reduces the amount of land cultivated and affects the amount of care taken with crops. Agricultural practices influence the risk of contracting malaria. Irrigation, in particular, can encourage the proliferation of vectors of the disease and make it more likely to spread. This tendency can be observed in many locations where irrigated rice production is on the increase. Paradoxically, however, an increased number of mosquitoes does not systematically result in more malaria. In Ethiopia, malaria is more prevalent close to the micro-dams sponsored by the government, whereas, in Tanzania, there is less malaria in irrigated areas. Various theories can be put forward in order to explain this paradox. In particular, increased income due to higher rice yields enables farmers to purchase insecticide-treated mosquito nets. It also allows them to eat better, which strengthens their immune systems. It also appears that the negative impact of irrigation systems is greater in areas, in which immunity levels were low in the population prior to the creation of water basins, as natural transmission of the disease was low in these places.

There are many possible ways of attenuating the negative effects of irrigation, while maintaining agricultural productivity, such as: alternate wetting and drying of rice paddies, rotation of rice cultivation with non-irrigated crops, proper maintenance of irrigation canals, in order to prevent the formation of ponds caused by leaks, using farm animals to attract mosquitos and keeping mosquito breeding sites away from alternative food sources, such as maize pollen, on which they feed.

When irrigation projects are first planned, it is vital that measures are devised, in order to limit the spread of malaria, together with systems aimed at monitoring their impact on health. As well as the above-mentioned production techniques, this also applies to initiatives in the field of education, access to mosquito nets, cautious use of pesticides, diagnosis and early treatment of disease. It is important that all stakeholders in agricultural development are made more aware of these problems. The creation of affordable health insurance systems for farmers is also a solution that will rapidly get malaria victims back on their feet.

Hoping to have sensitized to this important problematic all those of you who are concerned, I wish you an excellent reading of this issue.

Guy Mergeai
Editor-in-Chief

Irrigation et paludisme : un couple infernal?

Augmenter la productivité de l'agriculture est une priorité dans la majorité des pays en voie de développement et le recours à l'irrigation est un des moyens les plus efficaces d'atteindre cet objectif.

Près d'un demi-milliard de personnes contractent le paludisme chaque année dans le monde et environ un million en meurent. La majorité de ces victimes sont des agriculteurs ou des membres de leur famille. Dans les zones infectées, le paludisme continue à avoir de sérieux impacts négatifs sur la productivité agricole. Ainsi, dans la province de l'Equateur en RDC, les fièvres sont considérées comme la deuxième contrainte la plus importante limitant le développement des activités agricoles, juste après l'accès aux moyens de production. En Côte d'Ivoire, une étude a montré que les maraîchers atteints de paludisme étaient à peu près deux fois moins productifs que leurs collègues sains.

La maladie frappe souvent au début de la saison des pluies quand reprennent les travaux des champs. Ce qui réduit les surfaces cultivées et affecte les soins apportés aux cultures. Les pratiques agricoles influencent le risque de contracter le paludisme. L'irrigation, en particulier, peut favoriser la prolifération des vecteurs de la maladie et amplifier sa transmission. Cette tendance est observée dans de nombreux endroits où se développe la riziculture irriguée. Cependant, paradoxalement, plus de moustiques ne se traduit pas systématiquement par plus de paludisme. En Ethiopie, la prévalence du paludisme est plus élevée à proximité des micro-barrages promus par le gouvernement alors qu'en Tanzanie, celle-ci est moindre dans les zones irriguées. Différentes hypothèses peuvent être émises pour expliquer ce paradoxe. L'augmentation des revenus liés à de plus hauts rendements en riz permet notamment aux agriculteurs d'acquiescer des moustiquaires traitées aux insecticides. Elle permet également à ceux-ci de mieux s'alimenter, ce qui renforce leur système immunitaire. Il apparaît aussi que l'impact délétère des systèmes d'irrigation est plus marqué dans les zones où l'immunité de la population était faible avant la mise en place des retenues d'eau car la transmission naturelle de la maladie y était basse.

Il existe de nombreuses possibilités d'atténuer les effets négatifs de l'irrigation tout en maintenant la productivité agricole. Parmi celles-ci, nous pouvons citer: l'alternance de phases d'humectation et de séchage des rizières, la culture du riz en rotation avec des cultures non-irriguées, l'entretien adéquat des canaux d'irrigation pour éviter la constitution de mares là où ils présentent des fuites, l'utilisation d'animaux d'élevage comme appâts pour les moustiques, l'éloignement des zones de reproduction des moustiques de sources d'aliments alternatifs, comme le pollen de maïs, dont ils se nourrissent.

Il est fondamental de prévoir dès la conception des projets d'irrigation les mesures qui permettront de limiter la dissémination du paludisme et des systèmes de suivi de leur impact sur la santé. Outre les techniques de production adéquate mentionnées ci-dessus, cela concerne également des actions dans le domaine de l'éducation, de l'accès aux moustiquaires, de l'emploi judicieux des pesticides, du diagnostic et du traitement précoce des malades. Il est important de sensibiliser l'ensemble des acteurs du développement agricole à cette problématique. La création de systèmes d'assurance maladie accessibles aux agriculteurs est également une solution pour remettre rapidement sur pieds ceux qui sont victimes du paludisme.

En espérant avoir sensibilisé à cette importante problématique tout ceux d'entre vous qui sont concernés, je vous souhaite une excellente lecture du présent numéro.

Guy Mergeai

Rédacteur en chef

ARTICLES ORIGINAUX ORIGINAL ARTICLES

OORSPROKELIJKE ARTIKELS ARTICULOS ORIGINALES

Impact des modes de gestion de la fertilité du sol et des systèmes de cultures sur la nutrition azotée et les rendements du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) au Niger

Z. Hamidou^{1*}, S. Mahamane¹, W.A. Payne², M. Sedogo³, F. Lompo³ & H.B. Nacro⁶

Keywords: Millet- Legume- Cropping system- Nitrogen- Phosphorus- Isotopic dilution- Niger

Résumé

Afin d'identifier les meilleures modalités de gestion de la fertilité des sols en conditions sahéliennes, les objets suivants ont été comparés dans un essai réalisé selon un dispositif en carré latin sur trois systèmes de culture mil-niébé (monoculture, culture associée et rotation) de 2011 à 2013 à Kalapaté (Niger): (i) témoin sans application de fumure, (ii) micro-dose de NPK (6 g par poquet de 15-15-15) + 30 kg N ha⁻¹, (iii) phosphates naturels (30 kg ha⁻¹ de P₂O₅) + 30 kg N ha⁻¹, (iv) phospho-compost (5 tonnes ha⁻¹) + 30 kg N ha⁻¹ et (v) Super phosphate Simple (30 kg P₂O₅ ha⁻¹) + 50 kg N ha⁻¹. Du NPK et de l'urée marqués avec l'isotope ¹⁵N ont été utilisés en vue d'évaluer la contribution des fumures organo-minérales et du niébé à la nutrition azotée du mil. Les résultats ont donné des rendements du mil significativement différents de ceux du témoin, avec des accroissements de rendement variant de 116 à 299%. La rotation niébé-mil associée à ces technologies, a induit une augmentation du rendement en grain de mil de 40 à 112% par rapport à la monoculture. L'utilisation de la méthode isotopique ¹⁵N a permis de mettre en évidence le rôle important que joue la rotation dans l'absorption de l'azote et son prélèvement du sol. La moyenne des «Land Equivalent Ratio» (LER) calculée pour l'ensemble des associations culturales comparées s'élève à 1,46. Ce qui indique qu'il est plus avantageux de pratiquer l'association des cultures

Summary

Impact of Soil Fertility Management Practices and Cropping Systems on Nitrogen Nutrition and Yields of Millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.) in Niger

To identify the best methods of soil fertility management in Sahel conditions, the following objects were compared in a trial conducted according to a Latin square arrangement from 2011 to 2013 at Kalapaté (Niger) in three different millet-cowpea cropping systems (monoculture, intercropping, and rotation): (i) control without manure application, (ii) micro-dose of NPK (6 g of 15-15-15) per hole + 30 kg N ha⁻¹, (iii) rock phosphates (30 kg ha⁻¹ P₂O₅) + 30 kg N ha⁻¹, (iv) phospho-compost (5 tones ha⁻¹) + 30 kg N ha⁻¹ and (v) Super Simple phosphate (30 kg P₂O₅ ha⁻¹) + 50 kg N ha⁻¹. ¹⁵N isotope marked NPK and urea were used to assess the contribution of organic and mineral fertilization and of cowpea cultivation to the Nitrogen nutrition of millet. Millet yields of the treatments were significantly different from the control with yield increases ranging from 116 to 299%. Cowpea-millet rotation associated with these technologies led to a mean increase in grain yield of millet varying from 40 to 112% compared to monoculture. The use of the ¹⁵N isotope method evidenced the major role played by crop rotation in Nitrogen removal and uptake from the soil.

¹Institut National de la Recherche Agronomique du Niger, Niamey, Niger.

²University of Nevada, Reno, Nevada, USA.

³Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, Ouagadougou, Burkina Faso.

⁴Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural, Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la Fertilité du Sol, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

*Auteur correspondant: zeinabou_h@yahoo.fr

par rapport à la monoculture. Ces technologies améliorent donc la productivité agricole en permettant une utilisation rationnelle de la terre et une meilleure mobilisation de l'azote du sol.

The average Land Equivalent Ratio (LER) calculated from all compared crop associations amounts to 1.46. This indicates that it is more advantageous to practice intercropping than monoculture. Therefore these technologies improve agricultural productivity by enabling efficient use of land and better mobilization of soil nitrogen.

Introduction

L'agriculture représente plus de 25% du produit intérieur brut (PIB) de la plupart des pays africains, et est la principale source de revenus et d'emplois pour au moins 65% de la population de l'Afrique estimée à 750 millions (24). Selon Henao & Baanante (24), le développement agricole est essentiel à la croissance économique de l'Afrique, à la sécurité alimentaire, et à la lutte contre la pauvreté. Cependant, l'agriculture des pays sahéliens est caractérisée par une faible productivité agricole. Les sols ont une faible fertilité intrinsèque et les éléments nutritifs exportés par les cultures ne sont pas restitués de manière adéquate. L'Afrique subsaharienne a la plus basse consommation d'engrais minéraux au monde, environ 10 kg d'éléments nutritifs par hectare et par an (4, 13). Le faible taux d'utilisation d'engrais minéraux s'explique par leur coût élevé par rapport aux faibles revenus des producteurs (1). Or, une gestion durable et intégrée de la fertilité des sols constitue une condition préalable à l'amélioration de la productivité agricole. Cette gestion de la fertilité doit prendre en compte l'utilisation des fumures minérales et organiques et des légumineuses, tout en valorisant les ressources naturelles locales organiques et minérales (1, 20, 33).

Par ailleurs, au Sahel, les sols sont très pauvres en phosphore. Les engrais phosphatés solubles manufacturés sont généralement recommandés pour corriger cette insuffisance. Paradoxalement, la plupart de ces pays dispose d'importants gisements de phosphates naturels dont la valorisation pourrait contribuer à résoudre les problèmes de carence en phosphore des sols (33, 36, 49). Sur la base de leurs caractéristiques minéralogiques, chimiques et texturales, plusieurs auteurs ont indiqué l'adéquation de leur application directe (12, 49).

Au Niger, il a été démontré que les roches phosphatées des gisements de Tahoua sont aptes pour une application directe, alors que celles du Parc du W le sont moins (12). Selon une étude effectuée sur la caractérisation physico-chimique du phosphate naturel de Tahoua (38), le PNT est un phosphate sédimentaire de type nodulaire, appartenant à la famille des apatites; sa quantité a été estimée à 7,5 millions de tonnes (30).

En outre, l'efficacité agronomique des phosphates naturels peut être améliorée lorsqu'ils sont incorporés dans le processus de compostage (33, 49). L'utilisation de la matière organique constitue un préalable pour la restauration et le maintien de la fertilité des sols (23, 40, 45). Cependant, le problème de sa disponibilité en quantité et en qualité se pose au Sahel (11, 33). Or le compostage des résidus organiques permet une valorisation plus efficiente de ceux-ci pour améliorer la fertilité du sol (26, 27).

La décomposition des débris organiques améliore en effet le processus de minéralisation, et donc, la disponibilité des nutriments pour les plantes. Le compostage des débris organiques généralement à C/N élevé, permet également de réduire l'immobilisation d'azote qui se produit s'ils doivent être décomposés par les microorganismes du sol. Par ailleurs, dans l'objectif de remédier au risque associé à l'utilisation des engrais minéraux dans les conditions de faible humidité du sol, et compte tenu du faible pouvoir d'achat des producteurs, la technique de la micro-dose des engrais est pratiquée (12). Dans ces conditions, l'application d'une micro-dose, c'est-à-dire d'une petite quantité d'engrais, dans chaque poquet en même temps que la semence au moment du semis, constitue une technologie prometteuse pour les producteurs (10, 43, 44). De plus, par leur capacité à fixer l'azote atmosphérique, les légumineuses peuvent améliorer

la disponibilité de l'azote du sol et augmenter le rendement des céréales subséquentes et associées (8, 9).

Cependant, peu de données existent au Niger sur la contribution en azote des légumineuses dans les systèmes de cultures et sur leurs impacts sur la nutrition azotée des céréales (23). C'est dans ce cadre que s'est inscrite la présente étude, avec l'hypothèse qu'une gestion intégrée des fumures, associée au potentiel de fixation de l'azote par les légumineuses, permet d'améliorer la nutrition azotée et les rendements du mil. Les objectifs étaient d'évaluer la contribution du niébé et des modes de gestion de différents types de fumure sur la nutrition azotée du mil, et d'identifier des modes de gestion de la fertilité du sol à la portée des producteurs, permettant d'améliorer rentablement les rendements des cultures.

Matériel et méthode

Site de l'étude

Les expérimentations agronomiques ont été réalisées sur trois ans (2011-2013) à Kalapaté, localité située à 115 km à l'Est de Niamey: 13°20' N de Latitude et 2°93' E de Longitude au Point d'Appui de l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN). La saison des pluies s'étale de Juin à Octobre.

Durant les années de l'expérimentation, la pluviosité a été de 327 mm répartis en 28 jours en 2011, de 910 mm répartis en 22 jours en 2012, et de 521 mm répartis en 27 jours en 2013.

Sols

Avant le début de l'expérimentation, les sols ont été caractérisés. Les analyses ont été effectuées au laboratoire des sols de l'INRAN (34). Le pH-H₂O et pH-KCl ont été mesurés au pH-mètre selon un rapport sol/eau distillée de 1: 2.5 et sol/KCl 1M de 1: 2.5 respectivement. Le phosphore assimilable a été dosé par la méthode Bray1 (16), et le phosphore total par la méthode de l'acide nitrique (16). Le carbone organique a été dosé selon la méthode Walkey et Black (46), l'azote total par la méthode Kjeldahl (25). La capacité d'échange cationique effective (CECE) correspond à la somme des bases du complexe d'échange (Bases

échangeables et l'acidité d'échange extraites respectivement par les solutions de l'acétate d'ammonium et KCl, ont été dosées par spectrométrie d'absorption atomique, photométrie à flamme et titrimétrie). L'analyse granulométrie a été effectuée selon la méthode de la pipette de Robinson.

Les sols appartiennent à la classe des lxisols (29). Ils sont pauvres en azote, phosphore et carbone organique, et ont une capacité d'échange cationique faible. Ils sont très sableux et pauvres en éléments fins (Tableau 1).

Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est constitué du Mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) variété HKP, et de quatre variétés de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) (variétés K VX; locale Kalpaté; TN5-78; IT90 372).

Fumure

Les fertilisants suivants ont été utilisés:

- L'urée 46% N; NPK: 15 N - 15 P₂O₅ - 15 K₂O; le Super Phosphate Simple (SSP): 18% de P₂O₅; Le Phosphate Naturel de Tahoua (PNT): 31,24 % de P₂O₅ (Tableau 2) (38)
- Le Phospho-Compost (P C) a été préparé selon les procédures recommandées localement (22, 28).

Dispositif expérimental

Les traitements ont été appliqués sur des parcelles de 50 m² (10 m x 5 m) dans quatre systèmes de cultures impliquant le mil et le niébé: (i) niébé en rotation avec le mil; (ii) niébé en association avec le mil (cultivés en continu); (iii) la culture en bandes du mil et du niébé. En outre, deux traitements témoins correspondant à la culture du mil ou du niébé en pur et en continu ont été inclus dans le dispositif de recherche. Quatre variétés de niébé ont été utilisées dans l'essai.

Les combinaisons systèmes de cultures x variétés de niébé ont été cultivées selon cinq technologies: (A, B, C, D et E):

- Technologie A ou Faible, avec une densité de 10 000 poquets ha⁻¹ (1 m x 1 m) et sans engrais; les parcelles de 50 m² des cultures en pur ont été subdivisées en deux pour abriter les deux cultures de mil et de niébé.

Tableau 1
Caractéristiques physiques et chimiques
des sols à Kalapaté.

PH-H ₂ O	5,4
PH-Kcl	4,4
P-Bray (mg kg ⁻¹)	6,9
Total-P (mg kg ⁻¹)	368
C. Org (mg kg ⁻¹)	1200
M.O (mg kg ⁻¹)	2100
Total-N (mg kg ⁻¹)	110
C/N	10,9
CEC-Ag (cmol ⁺ kg ⁻¹)	1,3
Sable (g kg ⁻¹)	936
Limon (g kg ⁻¹)	27
Argile (g kg ⁻¹)	37

Tableau 2
Composition chimique du phosphate naturel de Tahoua.

Eléments majeurs	%	Eléments traces	mg kg ⁻¹
CaO	43,12	Ti	500
P ₂ O ₅	31, 24	Nd	438,3
Fe ₂ O ₃	8,68	Sr	430,5
Al ₂ O ₃	1,84	Zn	136,5
Na ₂ O	0,26	As	68,2
K ₂ O	0,12	Ni	61,4
Y ₂ O ₃	0,16	U	34,8
MgO	0,2	Ba	21,3
MnO	0,1	Cr	19,5
SiO ₂	8	Pb	7,9
		Cu	5,4
		Cd	3,1

(Source: Natatou *et al.* 2005).

Ainsi dans les parcelles de la technologie A, au niveau des cultures pures pour les systèmes en continu, en rotation et en bande se trouvent trois lignes de 9 m de mil et trois lignes de 9 m de niébé distantes de 1 m entre les lignes avec une distance de 1 m entre les poquets sur la ligne. En ce qui concerne l'association des cultures, dans la parcelle de 50 m² du traitement A, une ligne de niébé s'intercale entre deux lignes du mil avec une distance de 1 m entre les lignes successives de mil et de niébé et de 1 m entre les poquets dans les lignes.

- Technologie B ou Moyenne 1, avec une densité de 17 777 poquets ha⁻¹ (0,75 m x 0,75 m), et où 6 g de NPK (15-15-15) ont été appliqués par poquet en ligne, au semis. L'urée à raison de 30 kg N ha⁻¹ a été apportée en deux fractions au tallage et à la montaison dans les parcelles principales. Le NPK et l'urée ont été marqués à 1% d'isotope ¹⁵N (5). Pour évaluer la contribution des fumures et du niébé à la nutrition azotée du mil, le NPK et l'urée marqués ont été appliqués sur les micro-parcelles du mil, au même moment que le NPK et l'urée ordinaires ont été apportés aux parcelles principales. Les micro-parcelles, délimitées par des tôles, contiennent quatre poquets de mil.
- Technologie C ou Moyenne 2, avec une densité de 17 777 poquets ha⁻¹ (0,75 m x 0,75 m) et où 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ ont été appliqués sous forme de Phosphate Naturel de Tahoua (PNT), soit 130 kg PNT ha⁻¹ au poquet en ligne, au semis. L'urée ordinaire et l'urée marquée à 1%, à la dose de 30 kg N ha⁻¹, ont été apportées en deux fractions au tallage et à la montaison, respectivement sur les parcelles principales et les micro-parcelles.
- Technologie D ou Moyenne 3, avec une densité 17 777 poquets ha⁻¹ (0,75 m x 0,75 m), et où 5 t ha⁻¹ de Phospho-compost ont été appliqués autour des plants au tallage. Ce qui correspond à 25 kg P₂O₅ ha⁻¹. L'urée ordinaire et l'urée marquée à 1%, à la dose de 30 kg N ha⁻¹ ont été apportées en deux fractions au tallage et à la montaison respectivement sur les parcelles principales et les micro-parcelles.

Pour les technologies moyennes (B C et D), les parcelles sont constituées de trois lignes de 9,25 m de mil pur et quatre lignes de 9,25m de niébé pur pour les cultures continues, en rotation ou en bandes. En association, la ligne de niébé s'intercale entre deux lignes du mil avec une distance de 0,75 m entre les lignes qui ne sont pas interverties l'année suivante. La distance entre deux poquets dans les lignes est de 0,75 m. Les cultures en bandes ont été exclues de l'exploitation des données car, à cause de l'exiguïté des parcelles de 50 m², les bandes de mil et de niébé ne peuvent pas se répéter.

- Technologie E ou Forte, avec une densité de 20 000 poquets ha⁻¹ (1 m x 0,5 m); le Super Phosphate Simple (SPS) à la dose de 30 kg P₂O₅ ha⁻¹, a été appliqué au poquet en ligne, au semis. L'urée ordinaire non marqué au ¹⁵N à la dose de 50 kg N ha⁻¹ a été apportée en deux fractions au tallage et à la montaison. Les parcelles des cultures de mil et de niébé en cultures continues, rotation ou en bande de la technologie E, comportent trois lignes de 9,5 m de mil et trois lignes de 9,5 m de niébé. En association, une ligne de niébé s'intercale entre deux lignes du mil toutes distantes de 1 m entre les lignes et de 0,5 m sur la ligne.

Le dispositif expérimental est un carré latin en trois répétitions, en alternant les traitements D et E.

Evaluation de la contribution des fumures organo-minérales et du niébé à la nutrition azotée du mil

En vue d'évaluer la contribution des fumures organo-minérales et du niébé à la nutrition azotée du mil, le NPK marqué ¹⁵N à 1% a été appliqué au semis, sur les micro-parcelles du mil au niveau du traitement B. Dans le même cadre, l'urée marqué ¹⁵N à 1% a été appliqué sur le mil des micro-parcelles, au tallage et à la montaison, au niveau des traitements B, C et D. La partie aérienne de la plante des poquets centraux des micro-parcelles a été récoltée à la maturité physiologique. Les échantillons ont été séchés d'abord à l'air pendant 8 jours et à l'étuve à 60 °C pendant 72 heures, puis

pesés et broyés pour le dosage de l'azote total et des excès de ^{15}N .

L'analyse isotopique des échantillons de plantes a été effectuée par le laboratoire de spectrométrie de masse des isotopes stables de l'Université de Floride. La quantification de l'azote issu du fertilisant a été mesurée sur la base de la méthode de dilution isotopique à partir du N_{dff} (la fraction de N qui provient de l'engrais), et du taux de l'engrais azoté appliqué selon les équations I, II et III définies par AIEA (2).

$$N_{dff} \left(\frac{0}{0} \right) = \frac{\text{Excès isotopique en } ^{15}\text{N dans la plante}}{\text{Excès isotopique en } ^{15}\text{N dans l'engrais}} \times 100 \quad (\text{I})$$

$$N \text{ récolté venant de l'engrais} = \frac{N \text{ de la récolte (kg/ha)} \times N_{dff} \left(\frac{0}{0} \right)}{100} \quad (\text{II})$$

$$\text{Utilisation du fertilisant} = \frac{N \text{ récolté venant de l'engrais}}{N \text{ venant de l'engrais}} \times 100 \quad (\text{III})$$

Expression de l'accroissement du rendement (Indice %)

L'accroissement du rendement a été estimé en utilisant l'équation IV.

$$\text{Taux d'accroissement} = \frac{\text{Rendement du traitement (kg ha}^{-1}) \times 100}{\text{Rendement du témoin kg ha}^{-1}} \quad (\text{IV})$$

Evaluation du Land Equivalent Ratio (LER)

L'association des cultures permet de rendre compte de l'utilisation efficace de la terre à travers la détermination du Land Equivalent Ratio (LER). Le LER (équation V) est défini comme la superficie relative des terres en culture pure nécessaire pour produire les mêmes rendements que la culture associée (35).

$$LER = \frac{\text{Rendement du mil en association}}{\text{Rendement du mil en pur}} + \frac{\text{Rendement du niébé en association}}{\text{Rendement du niébé en pur}} \quad (\text{V})$$

Il correspond à la somme des ratios de rendement (Land Equivalencies – LE) des deux cultures (culture associée/culture pure en continu, et a été calculé selon la formule VI de Mohammed (35).

On a alors:

$$LER = LE \text{ mil} + LE \text{ niébé} \quad (\text{Equation VI})$$

Analyses statistiques

Les effets des fumures organo-minérales, de l'association et de la rotation sur les rendements du mil, les taux de prélèvement, et le recouvrement de N , ont été soumis à une analyse de variance (ANOVA), avec le logiciel Genstat version Discovery 4 (21). La séparation des moyennes a été effectuée par l'option contraste et le test de Duncan au seuil de 5% avec SPSS.

Résultats

Effet des fumures sur les rendements du mil

Le rendement moyen en graines de mil pour l'ensemble des systèmes de culture comparés a été de 135 kg ha⁻¹ pour le témoin sans apport de fertilisants, contre 538, 533, 340 et 291 kg ha⁻¹ respectivement pour les traitements E, B, C et D (Tableau 3). Ces résultats indiquent une différence très significative entre le témoin A (faible technologie) et les autres traitements (technologies moyennes (B, C, D) et forte (E)).

Les traitements E et B ont donné les rendements les plus élevés et ne sont pas statistiquement différents. Mais ils sont significativement différents des traitements C et D qui eux, sont statistiquement identiques. On observe un accroissement de rendement en graines par rapport au témoin de: 299, 295, 152 et 116 % respectivement pour E, B, C et D. Le rendement en tige du témoin est de 435 kg ha⁻¹ contre 1557, 1484, 1100 et 968 kg ha⁻¹ respectivement pour E, B, C et D, avec un taux d'accroissement dans le même ordre de 258, 241, 153 et 123 % (Tableau 3).

Effet des systèmes de cultures sur les rendements du mil

La rotation niébé-mil a eu un impact significatif sur les rendements du mil avec une production moyenne en graines de 452 kg ha⁻¹ contre 321 kg ha⁻¹ pour la culture continue du mil (Tableau 4). Cette rotation a induit un accroissement de 41% par rapport à la monoculture du mil. L'effet de la rotation a été observé au niveau de tous les traitements (Tableau 5), sauf au niveau du traitement B (NPK) pour la moyenne du rendement en graines.

Tableau 3

Variation des rendements en grain et tige de mil de l'ensemble des systèmes de cultures comparés en fonction des modes de gestion de la fertilité du sol.

Traitement	Grain kg ha ⁻¹	Indice %	Tige kg ha ⁻¹	Indice %
E	538a	399	1557a	358
B	533a	395	1484a	341
C	340b	252	1100b	253
D	291b	216	968b	223
A	135c	100	435c	100
Traitement	***		***	

A: Témoin; B: NPK; C: PNT; D: Phospho-compost, E: SSP

*, **, *** significatif au seuil de probabilité de 0,05; 0,01; <0,01; ns: non significatif (0,05). Les chiffres suivis de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil de p= 0,05 selon le test de Duncan.

Tableau 4

Variation des rendements en grain et tige de mil en fonction des systèmes de cultures.

Culture	Grain kg ha ⁻¹	Indice %	Tige kg ha ⁻¹	Indice %
Rotation	452a	141	1370a	128
Association	329b	102	888b	83
Continu	321b	100	1068b	100
Culture	*		***	

*, **, *** significatif au seuil de probabilité de 0,05; 0,01; <0,01; ns: non significatif (0,05). Les chiffres suivis de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil de p= 0.05 selon le test de Duncan.

Tableau 5

Variation du rendement en fonction des traitements et des systèmes de cultures.

Traitement	Rendement	Rotation	Association	Continue
E	Grain kg ha ⁻¹	551	687	375
	Indice %	147	125	100
B	Grain kg ha ⁻¹	589	409	600
	Indice %	98	69	100
C	Grain kg ha ⁻¹	550	211	259
	Indice%	212	38	100
D	Grain kg ha ⁻¹	399	221	253
	Indice %	158	55	100
A	Grain kg ha ⁻¹	169	114	121
	Indice %	140	67	100

A: Témoin; B: NPK; C: PNT; D: Phospho-compost, E: SSP

Tableau 6

Variation du Land équivalent Ratio
(LER) en fonction des traitements.

Traitement	LER
Moyenne annuelle	1,46
E	1,52
B	1,45
C	1,2
D	1,139
Témoin	0,56

A: Témoin; B NPK; C: PNT;

D: Phospho-compost, E: SSP

Tableau 7

Effet des modes de gestion de la fertilité du sol sur le prélèvement de
l'azote par le mil.

Traitement	N kg ha ⁻¹	Ndff kg ha ⁻¹	Ndfs kg ha ⁻¹	% CRU
B	17,6a	3,83	13,72ba	8,5
C	19a	4,44	14,53a	12,06
D	12,3b	2,68	9,59b	7,79
Traitement	*	ns		ns

Ndff: quantité de N provenant de l'engrais, Ndfs: quantité de N provenant du sol, CRU: coefficient réel de l'utilisation de N par la plante

B: NPK; C: PNT; D: Phospho-compost

*, **, *** significatif au seuil de probabilité de 0,05; 0,01; < 0,01; ns: non significatif(0,05).

Les chiffres suivis de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil de p= 0,05 selon le test de Duncan

L'urée marquée n'ayant pas été appliqué sur le traitement A, et E seuls les traitements B, C et D ont été analysés.

Tableau 8

Effet des systèmes de cultures sur le prélèvement de l'azote par
le mil.

Culture	N kg ha ⁻¹	Ndff kg ha ⁻¹	Ndfs kg ha ⁻¹	% CRU
Rotation	22,3a	4,74a	17,55a	12,83a
Association	11,3b	1,99b	9,34b	5,06b
Continue	15,2b	4,21a	10,96b	10,45a
Culture	***	**	***	**

Ndff: quantité de N provenant de l'engrais, Ndfs: quantité de N provenant du sol, CRU: coefficient réel de l'utilisation de N par la plante

*, **, *** significatif au seuil de probabilité de 0,05; 0,01; <0,01; ns: non significatif (0,05).

Les chiffres suivis de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil de p= 0,05 selon le test de Duncan.

Toutefois, le rendement du mil en association (329 kg ha⁻¹) et celui du mil en culture continue (321 kg ha⁻¹) ne présentaient pas de différence significative. Le rendement en tiges du mil en rotation était de 1370 kg ha⁻¹ avec une augmentation significative de 28% par rapport au rendement de la culture pure (Tableau 4). Pour les tiges aussi, il n'y a pas eu de différence significative entre le mil en culture pure et le mil en association. Au niveau de la moyenne des traitements, l'association mil-niébé a enregistré un LER de 1,46. Selon les traitements, le LER a varié de 0,59 pour le témoin (Traitement A, faible technologie); à 1,52 pour le traitement E (Tableau 6). A l'exception du témoin, la valeur des LER est toujours supérieure à 1.

Impact des fumures organo-minérales et du niébé sur la nutrition azotée du mil

Les traitements B et C ont montré une meilleure utilisation ($P < 0,05$) de l'azote (respectivement 19 et 17 kg N ha⁻¹) par rapport au traitement D (12 kg N ha⁻¹) (Tableau 7). La capacité des plantes à prélever l'azote du sol est également significativement plus élevée avec les Ndfs (Nitrogen derived from soil) de 14,53 et 13,72 kg N ha⁻¹ pour B et C, contre 9,59 kg N ha⁻¹ pour le traitement D. Aucune différence significative n'a été observée avec le coefficient réel de l'utilisation de l'azote qui était de 12,06% pour B; 8,5% pour C et 7,79 % pour D.

Effet des systèmes de cultures sur la nutrition azotée du mil

La rotation niébé-mil a permis une meilleure absorption de l'azote total et un meilleur prélèvement de l'azote du sol ne provenant pas de l'engrais minéral. En effet, la quantité totale d'azote absorbée par le mil en rotation a été de 22,3 kg N ha⁻¹ contre 15,2 et 11,3 kg N ha⁻¹ respectivement pour la culture continue du mil et le mil en association (Tableau 8). Pour ce qui est du prélèvement de l'azote ne provenant pas de l'engrais minéral, la rotation a permis le prélèvement de 17,55 kg N ha⁻¹ contre 10,96 kg ha⁻¹ pour le mil en culture pure et 9,34 kg N ha⁻¹ pour le mil en association. Le coefficient réel de l'utilisation de l'azote a été de 12,83%; 10,45% et 5,06%, respectivement pour la rotation, la culture continue et l'association culturale.

Discussion

Effet des fumures sur les rendements du mil

Comparativement au niveau d'intensification témoin (A), toutes les technologies (fortes comme moyennes), ont eu un effet très significatif sur les rendements du mil, mettant ainsi en évidence l'effet positif de l'utilisation des engrais sur l'augmentation des rendements des céréales. Bien que les rendements ne soient pas très élevés à cause de la fertilité très faible du sol, l'accroissement du rendement par rapport au témoin était de 299, 295, 152 et 116% respectivement pour les traitements E, B, C et D. Ces résultats mettent également en évidence l'effet positif du phosphore et du compost (PNT et Phospho-compost, PC) dans l'amélioration de la disponibilité des nutriments pour les plantes (10, 49).

Le Super Phosphate Simple (SPS), engrais phosphaté soluble, utilisé à 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ dans la technologie forte, avec 50 kg N ha⁻¹ et une densité de semis de 1 m x 0,5 m, a donné les meilleurs rendements avec un accroissement des rendements de 299% pour les grains et 258% pour les tiges. Toutefois, cette technologie de SPS ne s'est pas traduite par des résultats significativement différents de ceux obtenus avec la technologie moyenne de NPK apporté au poquet, qui a induit une augmentation de 295% pour le rendement en grain, et 241% pour les tiges.

Le SPS a été appliqué par poquet car l'efficacité de l'utilisation des engrais par la plante dépend du mode d'application et l'apport par poquet est le plus efficient (12). Cependant, l'application du SPS au poquet s'est traduit par endroit en deuxième année, par un effet dépressif sur le développement végétatif des plantes, ce qui a dû affecter son rendement.

Les apports de la micro-dose de NPK (6 g de NPK apportés au poquet au semis) et de 30 kg N ha⁻¹ (appliqués en deux fractions) ont donné aussi un résultat positif. Cette technologie a induit une augmentation de rendements du mil et du sorgho de plus de 120% au Burkina-Faso, au Mali et au Niger (44).

La performance de la micro-dose de NPK, réside dans le fait que cet apport au semis donne un coup de starter à la plante. Il assure un bon développement racinaire, permettant une utilisation efficiente de l'eau et des éléments nutritifs. Ceci se traduit par une croissance rapide de la plante, la mettant ainsi à l'abri des stress hydriques de début et de fin de saison. Cette stratégie d'application de l'engrais au poquet est une opportunité pour les paysans; le coût de l'investissement en fertilisant minéral est en effet plus faible, et elle permet une augmentation sensible des rendements des céréales (14, 44).

L'apport du Phosphate Naturel de Tahoua (PNT) a induit également un accroissement significatif des rendements du mil, de 152 et 153% respectivement pour les graines et les tiges.

Le développement d'une approche intégrée de gestion des éléments nutritifs dans l'agriculture des pays en voie de développement, implique l'utilisation d'engrais minéraux et de sources naturelles d'éléments nutritifs, tels que les phosphates naturels (PN) (49). Comme les PN sont des matériaux relativement insolubles, la dimension des particules a une importance considérable sur leur taux de solubilisation dans le sol.

Plus la dimension des particules est petite, plus grand est le degré de contact entre le PN et le sol et, en conséquence, plus fort est son taux de dissolution. Par ailleurs, l'augmentation du nombre de particules par unité de poids de PN appliqué, améliore les chances pour les poils absorbants de les rencontrer. Ainsi, l'application de PN finement broyés augmente le taux de sa dissolution et l'absorption du phosphore dans le sol. Cependant, en raison de leur nature pulvérulente, l'application de matériaux finement broyés est source de difficultés pratiques. En Afrique occidentale, les agriculteurs se sont plaints d'avoir reçu en épandant le PN finement broyé, du produit dans les yeux et ils ont ressenti une sensation de brûlure (49).

En outre, il est difficile quand il vente, d'appliquer uniformément les doses recommandées, particulièrement si cela se fait à la volée. Pour lever la contrainte liée à l'aspect pulvérulent, le PNT a été appliqué au poquet.

Le PNT fait partie des PN reconnus aptes pour une application directe en agronomie (11).

Il a été trouvé que l'efficacité agronomique de l'utilisation du PNT sur le rendement de mil était de 76% par rapport à celle du Super Phosphate Simple (SPS), tandis que celle du PN du parc du W, était de 48% (10). De nombreuses études ont été conduites ces dernières années sur l'utilisation des phosphates naturels en agronomie (3, 10, 15, 19, 49). Des expérimentations sur l'application localisée de PN et à la volée, associée au P soluble, ont été conduites dans plusieurs pays (Burkina Faso, Mali, Niger et Sénégal), et des résultats prometteurs ont été obtenus (15).

L'apport du Phospho-compost a aussi conduit à des résultats significativement différents du témoin. Le traitement des PN avec des matériaux organiques et leur compostage, pourrait être une technique prometteuse pour augmenter la solubilité des PN et la disponibilité de P pour les plantes (33, 49). Les produits compostés avec des PN sont habituellement désignés sous le nom de phospho-composts (49). Cette technologie de phospho-compost a permis d'obtenir une augmentation de 116% pour le rendement en graine, et 123% pour le rendement en tige. Le processus de compostage est un procédé qui permet de valoriser les résidus de récolte et le fumier en mettant à la disposition de la plantes des éléments nutritifs facilement assimilables. Le PNT a été ajouté au compost lors de sa préparation, car l'incorporation des PN et de l'azote pendant le compostage permettrait d'améliorer la qualité et la biodégradation des composts (15, 33).

Les rendements obtenus sont relativement faibles, mais auraient dû être plus élevés. Les travaux de Lompo ont montré que la production de matière sèche et la quantité de phosphore exportée par le mil sont améliorées en présence de phospho-composts (32).

Dans le cas de la présente étude, la durée de compostage relativement courte (moins de deux mois), n'a pas permis aux tiges de mil de bien se décomposer, et cela a du être une contrainte dans l'expression du potentiel de cette technologie. Il faut toutefois signaler qu'il y a eu très peu de travaux publiés sur l'efficacité agronomique des phospho-composts.

Effet des systèmes de cultures sur les rendements du mil

Le rendement du mil subséquent à une culture de niébé a présenté une différence significative par rapport aux rendements du mil en culture continue. L'effet positif de la rotation a été observé au niveau de tous les traitements; le PNT a tendance à donner le meilleur résultat, mettant ainsi en évidence le rôle du phosphore dans les rotations légumineuses-céréales. La faible réponse du traitement E dans le système de culture, est probablement due à l'effet dépressif observé sur la végétation, suite à l'application du SSP au poquet. L'effet bénéfique de la rotation légumineuse-céréale sur les rendements de la céréale a été rapporté par plusieurs auteurs (7, 9, 11, 23, 42). Les légumineuses ont un potentiel d'amélioration durable de la productivité dans les systèmes de culture spécialement dans les pays en développement, où la productivité agricole est en baisse (37). L'impact positif de la légumineuse sur le rendement de la céréale subséquente est souvent attribué à la fixation de l'azote, à l'azote économisé sous la culture de la légumineuse et à la libération de l'azote qui provient de la décomposition des résidus de la légumineuse (6). Il a été suggéré que des facteurs autres que la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique peuvent être responsables des effets résiduels élevés des légumineuses car ces derniers ne peuvent pas être compensés par l'apport des engrais azotés (9, 11).

Les autres avantages des légumineuses qui ont été évoqués sont l'amélioration des propriétés biologiques et physiques du sol, la solubilisation des composés phosphatés non disponibles par les exsudations racinaires des légumineuses, la conservation et la restauration de la matière organique, et le contrôle des maladies (9, 17). L'association céréales-légumineuses est la pratique la plus courante en Afrique de l'Ouest et en Afrique centrale où le niébé est le plus souvent cultivé avec le mil ou le sorgho (11). L'association des cultures couvre plus de 75% des terres cultivées dans les zones Soudano-Sahéliennes de l'Afrique de l'Ouest et la stabilité de la production en année pluvieuse ou pas, constitue son avantage majeur (10).

Par ailleurs, l'utilisation efficace des ressources du milieu, la minimisation des risques d'échec de production, l'amélioration de la fertilité du sol et sa protection constituent les principales raisons pour lesquelles l'association des cultures est pratiquée. Il a été rapporté que l'association des cultures est plus productive que les cultures correspondantes en pur et que la culture intercalaire maïs-légumineuse a un potentiel de réduction du risque de l'échec, d'amélioration de la productivité et des revenus, et d'augmentation de la sécurité alimentaire dans les systèmes de production vulnérables (41).

De ce fait, il a été suggéré que ce système de cultures peut être une voie vers l'intensification écologique (41). D'autres études ont montré que la productivité dans ce système peut être améliorée en utilisant des variétés améliorées, des dates appropriées de semis, des densités de semis élevées, une fertilité améliorée des sols et des arrangements spatiaux appropriés (39, 48).

Ainsi, il a été rapporté que les arrangements de deux rangées de céréales avec deux rangées de niébé ou deux rangées de céréales avec quatre rangées de niébé seraient mieux indiqués que la pratique traditionnelle d'une rangée de céréale avec une rangée de niébé appliquée ici (39, 47).

Le land équivalent Ratio (LER) permet de rendre compte de l'efficacité de l'utilisation de la terre. Dans la présente étude, toutes les valeurs du LER, à l'exception de celle du traitement sans application de fertilisants, sont supérieures à 1, indiquant l'efficacité de l'association.

Ainsi, la culture intercalaire, au niveau de la moyenne des traitements, a donné un avantage de 46% par rapport aux cultures en pur. Un LER de 1,67 a été trouvé pour la pratique traditionnelle, et un autre de 2,05 pour l'arrangement en deux rangées de chacune des cultures (48). Des LER qui varient de 1,1 à 2,4 et de 1,0 à 1,9 ont été rapportés selon les arrangements spatiaux (41). Toutes ces études indiquent des LER supérieurs à 1 prouvant ainsi qu'il est plus avantageux, pour peu qu'un seuil minimum de fertilité du sol soit atteint, de pratiquer l'association céréale-légumineuse par rapport à la monoculture. Le traitement avec le SPS pour lequel la densité de semis est la plus forte (1 m x 0,5 m) a présenté le LER le plus élevé égale à 1,52.

Il a été souligné que l'efficacité de l'association céréale-légumineuse augmente avec la densité de semis pour peu que le niveau de fertilité de celui-ci soit suffisant (39).

Contribution des fumures et du niébé à la nutrition azotée du mil

Les taux de prélèvement de l'azote par le mil avec les traitements B, C et D ont été relativement faibles dans ce sol sableux, lessivé et à très faible teneur en matière organique. Le traitement avec le PNT enregistré le taux le plus élevé d'absorption de l'azote (19 kg N ha^{-1}) suivi du NPK ($17,6 \text{ kg N ha}^{-1}$), mettant ainsi en évidence le rôle que joue le phosphore sur le bon développement des racines permettant une meilleure absorption des éléments nutritifs (9). Le taux de prélèvement de l'azote du Phospho-compost (PC) ($12,3 \text{ kg ha}^{-1}$) est relativement faible, mais cela peut s'expliquer par la durée relativement courte (deux mois) de préparation du PC. Malgré l'ajout de PNT au moment de la préparation (ce qui est reconnu pour avoir un effet positif sur la décomposition), il n'y a pas eu amélioration de la décomposition des tiges de mil. Le PNT et le NPK ont ainsi induit un meilleur prélèvement de l'azote du sol que le PC.

Cependant, il n'y a pas eu de différence significative entre les traitements par rapport au coefficient réel de l'utilisation de l'azote. Il a été indiqué que les plus faibles valeurs de recouvrement de l'azote ont été trouvées en Afrique, à cause des facteurs limitant de croissance comme le manque d'eau, l'acidité du sol et la déficience en éléments nutritifs (18).

Des études ont également montré que le taux de recouvrement de l'azote est faible à cause des pertes importantes par volatilisation (14, 31).

Les taux de prélèvement de l'azote trouvés dans les systèmes de cultures que nous avons comparés sont aussi relativement bas. Le mil en rotation a conduit à une meilleure absorption de l'azote provenant de l'engrais minéral et à un meilleur prélèvement de l'azote du sol que la culture continue du mil.

Le précédent niébé a significativement amélioré le taux d'absorption et de prélèvement de l'azote du sol par le mil et ce quel que soit le traitement. Le traitement avec le PNT a induit le meilleur bilan azoté dans les systèmes de cultures.

Conclusion

Les différents modes de gestion de la fertilité se sont avérés tous plus productifs que la pratique traditionnelle. Les technologies B, C, D dites moyennes car utilisant de faibles quantités d'engrais et valorisant les sources naturelles d'éléments nutritifs, avec une densité de semis relativement élevée, ont donné de rendements appréciables. En tenant compte de tous ces aspects, ces technologies pourraient être abordables pour les paysans. L'application de PNT au poquet après le sarclage, peut être une technologie prometteuse pour l'utilisation des PN, car elle permet de lever la contrainte liée à leur aspect pulvérulent.

Le Land équivalent ratio (LER) enregistré avec les technologies testées est supérieur à 1, indiquant que celles-ci permettent donc une utilisation efficace de la terre. La rotation niébé-mil associée à ces technologies a entraîné d'avantage l'accroissement des rendements du mil, et l'utilisation de la méthode isotopique de ^{15}N a permis de mettre en évidence le rôle important que joue la rotation avec les légumineuses dans les systèmes de cultures céréales-légumineuses. Ces modes de gestion de la fertilité des sols associés aux systèmes de cultures à base de légumineuses, permettent une utilisation rationnelle de la terre et une meilleure mobilisation de l'azote du sol. Elles pourraient être recommandées comme modes de gestion intégrée de la fertilité des sols aux paysans.

Remerciements

Nos vifs remerciements vont à la Fondation Mcknight qui a financé ces travaux, et à l'Agence Internationale de l'Energie Atomique qui nous a fourni l'engrais azoté marqué ^{15}N et a pris en charge les analyses isotopiques. Nous exprimons également toute notre gratitude à l'INERA (Burkina Faso), l'IDR-UPB (Burkina Faso), l'INRAN (Niger), l'ICRISAT (Niger) et à l'Université Abdou Moumouni de Niamey.

Références bibliographiques

1. Achieng J.O., Ouma G., Odhiambo G. & Muyekho F., 2010, Effect of farmyard manure and inorganic fertilizers on maize production on Alfisols and Ultisols in Kakamega, western Kenya, *Agric. Biol. J. North Am.*, **1**,4, 430-439.
2. AIEA., 2001, *Use of Isotope and Radiation Methods in Soil and Water Management and Crop Nutrition* IAEA Training Course Series 14. Vienna. 21-103.
3. AIEA., 2002, *Assessment of soil phosphorus status and management of phosphatic fertilizers to optimize crop production*. IAEA-TECDOC-1272. 2002-473.
4. Autfray P., Sissoko F., Falconnier G., Ba A. & Dugué P., 2012, Usages des résidus de récolte et gestion intégrée de la fertilité des sols dans les systèmes de polyculture élevage: étude de cas au Mali-Sud, *Cah. Agric.*, **21**, 225-234.
5. Axmann H. & Zapata F., 1990, *Stable and radioactive isotopes*. In: *Use of nuclear techniques in studies of soil-plant relationships*. Training course N°2. Hardarson G., (eds)
6. Bado B.V., 2002, *Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéennes et soudanienne du Burkina Faso*. PhD Thèse, Université de Laval Québec, 184 p.
7. Bado B.V., Bationo A. & Cescas M.P., 2006, Assessment of cowpea and groundnut contributions to soil fertility and succeeding sorghum in the Guinean savannah zone of Burkina Faso (West Africa), *Biol. Ferti. Soils*, **43**, 171-176.
8. Bado B.V., Lompo F., Bationo A., Segda Z., Sedogo M.P., Cescas M.P. & Mel V.C., 2012, Nitrogen Recovery and Yields Improvement in Cowpea Sorghum and Fallow sorghum Rotation in West Africa Savannah, *J. Agric. Sci. Technol.*, **2**, 758-767.
9. Bationo A., Ntare B.R., Tarawali S. & Tabo R.. 2002, *Soil Fertility management and cowpea production in the semiarid and tropics*, pp 301- 318. In: Fatokum C.A., Tarawali S.A., Sing B.B., Kormewa A.M. & Tanio M (Eds), *Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production. Proceeding of World Cowpea Conference III IITA Ibadan Nigeria* 4-8 sept 2000. 396 p.
10. Bationo A., Mokwunye U., Vlek P.L.G., Koala S. & Shapiro B.I., 2003, *Soil Fertility management for Sustainable Land Use in the West African Sudano-Sahelian Zone*, pp 253-292, In: M.P. Gichuru et al.,(eds.), *Soil Fertility Management in Africa: A Regional Perspective*. Academy Science Publishers (ASP) TSBF-CIA. 306 p.
11. Bationo A., Kimetu J., Valanauwe B., Bagayoko M., Koala S. & Mokwunye A.U., 2011, *Comparative Analysis of Current and Potential Role of Legumes in Integrated Soil Fertility Management in West and Central Africa* pp 117-150; In: Bationo A. et al., (eds.), *Fighting Poverty in Sub-Saharan Africa: The Multiple Roles of Legumes in Integrated Soil Fertility Soil Management*. Springer, New York London. 246 p.
12. Bationo A. & Waswa B.S., 2011, *New Challenges and Opportunities for Integrated Soil Fertility Management ISFM in Africa* pp 3-17. In: A. Bationo et al., (eds), *Innovations as key to the Green Revolution in Africa – Vol .1* Springer, New York London. 866 p.
13. Bationo A., Waswa B., Abdou A., Bado B.V., Bonzi M., Iwuafor E., Kibunja C., Kihara J., Mucheru M., Mugendi D., Mugwe J., Mwale C., Okeyo J., Olle A., Roing K. & Sedogo M., 2012, *Overview of long term experiments in Africa* pp 1-26. In: A.Bationo et al.,(eds.), *Lessons learned from long-term soil fertility management experiments in Africa*. Springer Science + Business Media Dordrecht, 204 p.
14. Bonzi M., 2002, *Evaluation du déterminisme du bilan de l'azote en sols cultivés du centre Burkina Faso: Etude par traçage isotopique ¹⁵N au cours d'essais en station et en milieu paysan*. Thèse de Doctorat, Lorraine. 177 p.
15. Bonzi M., Lompo F., Ouandaogo N. & Sédogo P.M., 2011, *Promoting Uses of Indigenous Phosphate Rock for Soil Fertility Recapitalisation in the Sahel: State of the Knowledge on the Review of Rock Phosphate of Burkina Faso* pp 381-390. in: Bationo A. et al., (eds), *Innovations as key to the Green Revolution in Africa – Vol . 1* Springer, New York London. 866 p.
16. Bray R.H. & Kurtz L.T., 1945, Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.*, **59**, 39-45.

17. Carsky R.J., Vanlauwe B. & Lyasse O., 2002, *Cowpea rotation as a resource management technology for cereal-based systems in the savannas of West Africa* pp 252-266. In: *Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production*; Fatokun CA, Tarawali SA, Sing BB, Kormawa AM and Tanio, (Eds) Proceeding of World Cowpea Conference III IITA Ibadan Nigeria 4-8 sept 2000. 396 p.
18. Cleemput O.V., Zapata F. & vanlauwe B., 2008, *Use of tracer technology in mineral fertilizer N management. Guidelines on nitrogen management in agricultural systems* IAEA, Vienna, IAEA-TCS, **29**,19-125
19. Coraf Action., 2011, *Lettre d'information pour la recherche et le développement agricole en Afrique de l'Ouest et du Centre*, **59**, 16.
20. FAO., 2003. *Gestion de la fertilité des sols pour la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne*, 63.
21. GenStat Discovery., Edition 4, 2007. VSN International Ltd., Hemel Hempstead, UK.
22. Gnankambary Z., Zougmore R., Lompo F & Sédogo P.M., *Fiche technique: Technique de production et d'utilisation du compost*. Laboratoire Sol-Eau-Plante INERA/Kamboinsé.
23. Hamidou Z., Mahamane S., Nacro H.B., Bado B.V., Lompo F. & Bationo A., 2014, Effet de la combinaison des fumures organo-minérales et de la rotation niébé-mil sur la nutrition azotée et les rendements du mil au sahel, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **8**,4, 1620-1632.
24. Henao J. & Baanante C., 2006, *Soil Nutrient Mining in Africa*. IFDC Report Final: Agricultural Production and Soil Nutrient Mining in Africa, 13.
25. Hillebrand W.F., Lundell G.E.F., Bright H.A. & Hoffman J.I., 1953, *Applied inorganic analysis*, 2d ed., New York, JohnWiley and Sons, Inc.
26. Houot S., Francou C., Lineres M. & Le Villio M., 2002. *Gestion de la maturité des composts: conséquence sur leur valeur amendante et la disponibilité de leur azote*. 1^{ère} partie. Echo-MO no 34.
27. Huber G. & Schaub C, 2011: *La fertilité des sols: L'importance de la matière organique*. Guide des Amendements Organiques. 46 p.
28. INRAN, 1988, Fiche Technique 2.10: *Fabrication du compost aérien. Fiche technique dans Technologie diffusables et transférables aux producteurs*. Ly S.A., Biellers C.L., Duivenbooden V.N., Tassiou A., Gouro A.S. & Kumar K.A. (eds) Institut National de recherche agronomique du Niger et Institut International de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides.
29. IUSS Working Group WRB, 2014, *World Reference Base for Soil Resources* 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.
30. Johnson A.K.C., 1995. *Inventory and mining of local mineral resources in West Africa*. In: *Use of Phosphate Rock for Sustainable Agriculture in West Africa*. Gerner H., & Mkwunye A.U., (eds) International Fertilizer Development Center. 21-40.
31. Laberge G., Haussmann B.I.G., Per A. & Høgh-Jensen H., 2011, Cowpea N rhizodeposition and its below-ground transfer to a co-existing and to a subsequent millet crop on a sandy soil of the Sudano-Sahelian eco-zone, *Plant Soil*, **340**, 369-382.
32. Lompo F., 1993, *Contribution à la valorisation des phosphates naturels du Burkina Faso: Etudes des effets de l'interaction phosphates naturels-matières organiques*. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences et Techniques, Université Nationale de Cote d'Ivoire. 263 p.
33. Lompo F., Segda Z., Gnankambary Z & Ouandaogo N., 2009, Influence des phosphates naturels sur la qualité et la biodégradation d'un compost de pailles de maïs, *Tropicultura*, **27**, 2, 105-109.
34. Manu A. & Salou M., *Methodes d'analyses physiques et chimiques de sol au laboratoire des sols de l'INRAN*. 96 p.
35. Mohammed S.A.A., 2012, Assessing the Land Equivalent Ratio (LER) of Two Leguminous Pastures (CLITORIA and SIRATRO) Intercropping at Various Cultural Practices and Fencing at ZALINGEI –Western Darfur State – Sudan, *ARPJ. Sci. Technol.*, **2**, 11, 1074-1080.
36. Mkwunye A.U. & Bationo A., 2011, *Meeting the Demands for Plant Nutrients for an African Green Revolution: The Role of Indigenous Agromineral* pp19-29, In: A. Bationo et al., (eds), *Innovations as key to the Green Revolution in Africa – Vol.1*. Springer, New York London. 866.
37. Nandwa S.M., Obanyi S.N. & P.L. Mafongoya., 2011, *Agro-Ecological Distribution of Legumes in Farming Systems and Identification of Biophysical Niches for legumes Growth*. In: *Fighting Poverty in Sub-Saharan*

- Africa: The Multiple Roles of Legumes in Integrated Soil Fertility Soil Management*. Bationo A. & et al., Eds, Springer, New York London 1-26. 246
38. Natatou I., Adamou Z., Ikhiri K., Boos A., Guille J., Rastegar F. & Burgard M., 2005, Caractérisation physico-chimique du phosphate naturel de Tahoua(NIGER), *Ann. Chim. Sci. Mat.*, **30**, 1, 67-76.
 39. Olufajo O.O. & Singh B.B., 2002, *Advances in cowpea cropping systems research* 267-277. In: Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production, Fatokum C.A., Tarawali S.A., Sing B.B., Kormewa A.M. and Tanio, (Eds) Proceeding of World Cowpea Conference III IITA Ibadan Nigeria 4-8 sept 2000. 396.
 40. Ouédraogo J., Ouédraogo E. & Nacro H.B., 2014, Effet de l'interaction entre des modes de gestion de fertilité et la macrofaune sur la productivité du niébé et du sorgho en zone nord soudanienne du Burkina Faso, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **8**, 1, 104-114.
 41. Rusinamhodzi L., Corbeels M., Nyamangara J. & Giller K.E., 2012, Maize-grain legume intercropping is an attractive option for ecological intensification that reduces climatic risk for smallholder farmers in central Mozambique, *Field Crops Res.*, **136**, 12-22.
 42. Subbarao G.V., Renard C., Payne W.A. & Bationo A., 2000, Long-term effects of tillage, phosphorus fertilization and crop rotation on pearl millet-cowpea productivity in the west-African Sahel, *Expl. Agric.*, **36**, **2**, 243-264.
 43. Tabo R., Bationo A., Bruno G., Ndjeunga J., Marchal D., Amadou B., Annou MG., Sogodogo D., Sibiry Taonda J.B., Ousmane H., Diallo M.K. & Koala S., 2007, *Improving cereal productivity and farmers income using a strategic application of fertilizers in West Africa* pp 201-208. In: Bationo A. & et al., (eds.), *Innovations as key to the Green Revolution in Africa – Vol .1*, Springer, New York London 866.
 44. Tabo R., Bationo A., Amadou B., Marchal D., Lompo F., Gandah M., Hassane O., Diallo M.K., Ndjeunga J., Fatondji D., Gerard B., Sogodogo D., JBS Taonda J.B.S., Sako K., Boubacar S., Abdou A. & Koala S., 2011, *Fertilizer Microdosing and Warrantage or Inventory Credit Systems to Improve Food security and Farmers Income in West Africa* pp 113-121. In: Bationo A. et al., (eds.), *Innovations as key to the Green Revolution in Africa – Vol. 1*, Springer, New York London. 866 p.
 45. Vanlauwe B. & Giller K.E., 2006, Popular myths around soil fertility management in sub-Saharan Africa. *Agric. Ecosys. Environ.*, **116**, 34-46.
 46. Walkley A. & Black A., 1934, Etude de la méthode Degtjareff pour le dosage de la matière organique, modification apportée au dosage de l'acide chromique, *Soil Sc.*, **37**, 29-38.
 47. Woomer P.L. & Tungani J.O., 2003, Light availability within an innovative maize-legume intercropping system in Western Kenya, *Afr. Crop Sci. Conf. Proc.*, **6**, 42-46
 48. Woomer P.L., Langat M. & Tungani J.O., 2004, Innovative Maize-Legume Intercropping Resultat in Above and Below-ground Competitive Advantages for Understorey Legumes, *West Afr. J. Appl. Ecol.*, **6**, 85-94.
 49. Zapata F. & Roy R.N., 2004, *Utilisation des phosphates naturels pour une agriculture durable*, FAO Bulletin Engrais et Nutrition Végétale N°13. 176 p.

Z. Hamidou, Nigérienne, Ir., Chercheuse, Institut National de la Recherche Agronomique du Niger, Niamey, Niger.

S. Mahamane, Nigérien, PhD, Chercheur, Institut National de la Recherche Agronomique du Niger, Niamey, Niger.

W.A. Payne, American, PhD, University of Nevada, Dean, Professor College of Agriculture, Biotechnology and Natural Resources Director, Nevada Agricultural Experiment Station Fleischmann Agriculture Reno, Reno, Nevada, USA.

M.P. Sédogo, Burkinabé, PhD, Directeur de Recherche, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, Ouagadougou, Burkina Faso.

F. Lompo, Burkinabé, PhD, Directeur de Recherche, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, Ouagadougou, Burkina Faso.

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

Mode d'exploitation et durabilité de la pêche de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) et *Gymnarchus niloticus* (Cuvier, 1829) dans le lac de barrage du Sourou (Burkina Faso)

Z. Dialla^{1*}, M. Tassemedo² & J.-C. Micha³

Keywords: *Oreochromis niloticus* - *Clarias gariepinus* - *Gymnarchus niloticus* - Fishery resources- Fishery exploitation- Co-management- Sourou dam fishery- Burkina Faso

Résumé

Cette recherche sur le mode d'exploitation des ressources halieutiques à la pêche du Sourou pose le problème de la gestion durable des biens communs. L'hypothèse centrale est que l'efficacité de la cogestion pour des pratiques de pêche durable est liée au niveau d'appropriation de ce modèle de gestion et aux jeux d'acteurs des communautés de pêche. Afin d'analyser les effets induits de la mise en œuvre de la cogestion de la pêche sur les pratiques de pêche, notamment sur l'exploitation de *C. gariepinus*, *O. niloticus* et *G. niloticus*, une méthodologie de recherche alliant méthode qualitative et quantitative est employée. Des enquêtes socio-économiques ont été réalisées auprès de 30 pêcheurs de trois villages riverains à la pêche. Des enquêtes biologiques ont également été effectuées sur les captures de *C. gariepinus*, *O. niloticus* et *G. niloticus* réalisées par ces pêcheurs. Les résultats de l'étude indiquent une faible appropriation du modèle de cogestion par les pêcheurs et des stratégies d'acteurs consistant à minimiser au plan individuel les coûts de la gestion durable des ressources halieutiques implique. En effet, bien qu'étant informés de la réglementation en matière de pêche; 43,3% des pêcheurs pêchent illégalement et 54,1% des captures des espèces étudiées sont réalisées avec des instruments de pêche prohibés. Il en résulte que des proportions importantes de chacune des espèces étudiées sont capturées avant leurs tailles de première maturité (52,2% de *C. gariepinus*, 15,8% de *G. niloticus* et 14,3% de *O. niloticus*).

Summary

Mode of Operation and Sustainability of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) and *Gymnarchus niloticus* (Cuvier, 1829) Fisheries in the Sourou Dam Lake (Burkina Faso)

This research on fishery exploitation in the Sourou dam raises the issue of sustainable management of common property. The central hypothesis is that the effectiveness of co-management for sustainable fishing practices is related to the level of ownership of that management and actors' games by fishing communities. In analysing co-management induced effects on fishing practices and exploitation of *C. gariepinus*, *O. niloticus* and *G. niloticus* species, related to its implementation in Sourou fishery, a research methodology that combines qualitative and quantitative methods is used. Socio-economic surveys were conducted with 30 fishermen in three villages bordering the fishery. Biological surveys were conducted with catches of *C. gariepinus*, *O. niloticus* and *G. niloticus* of these fishermen. The results indicate a weak ownership of the co-management model by fishermen and the strategies of actors that consist to minimize the costs of the sustainable management of fisheries resources at individual level. Indeed, even when informed of fisheries regulations, fishermen use prohibited fishing equipment (54.1% of the catches of studied species), and fish illegally (43.3% of the fishermen).

¹ERAIFT, Kinshasa, RD Congo et Université de Ouagadougou, Labo Recherches Pluridisciplinaires en Sciences Humaines (Labo RPSH), Ouagadougou, Burkina Faso.

²Ministère de l'Environnement et des Ressources Halieutiques, Ouagadougou, Burkina Faso.

³ERAIFT, Kinshasa, RD Congo et Université de Namur, Namur, Belgique.

*Auteur correspondant: EMail: zoubertdialla@yahoo.fr

Reçu le 08.10.15 et accepté pour publication le 05.02.16

L'hypothèse centrale est alors vérifiée car la faible appropriation de la cogestion par les pêcheurs et les stratégies des acteurs, ne favorisent pas chez ceux-ci des comportements responsables pour une pêche durable.

*Furthermore, significant proportions of each studied species are captured before their first maturity sizes (52.2% of *C. gariepinus*, 15.8% of *G. niloticus* and 14.3% of *O. niloticus*). So, the central hypothesis is verified because the weak ownership of co-management by fishing communities and the actors' strategies do not encourage them to develop a responsible behavior for sustainable fishing.*

Introduction

Le plan d'eau du barrage du Sourou a une capacité de stockage de 600 millions de m³ et une superficie de 10 000 ha (100 km²).

Du fait de la menace de surexploitation de ses ressources, ce plan d'eau a été classé comme Périmètre Aquacole d'Intérêt Economique (PAIE) par décret n°2004-007/PRES/PM/MAHRH du 20 janvier 2004, conformément aux dispositions de la Loi n° 006/97/ADP du 31 janvier 1997 portant code forestier au Burkina Faso. L'appellation Périmètre Halieutique d'Intérêt Economique (PHIE) a substitué celle de PAIE avec l'adoption du nouveau code forestier de 2011 (6). L'une des conséquences qui découle de ce statut de PHIE, est la mise en place d'instruments de gestion durable des activités de pêche et la responsabilisation des parties prenantes. A cet effet, la cogestion des activités de pêche est appliquée au Sourou, le but étant de favoriser une gestion durable des ressources halieutiques par la participation de toutes les parties prenantes (Etat; communautés de pêche; collectivités territoriales et partenaires techniques et financiers) et par le partage des responsabilités de gestion entre les différents acteurs.

Le PHIE du Sourou a un potentiel halieutique estimé entre 500 et 1 000 tonnes par an (10). Toutefois, la consultation des rapports d'activités de l'Unité Technique du PHIE (UTP) révèle que la production halieutique au Sourou en équivalent frais a évolué en dents de scie depuis 2009, avec une tendance globale régressive, passant ainsi du maximum de 955,5 t en 2009 à un minimum de 754,8 t en 2013, soit un taux de régression de 21% entre les deux dates. En ce qui concerne les pêcheurs, on en dénombre 598 regroupés en 16 groupements (5), soit 6 pêcheurs au km² en activité sur le plan d'eau; la norme en la matière étant fixée à 2 pêcheurs au km² (2). On peut donc en déduire que le plan d'eau

du Sourou est en situation de surexploitation pour ce qui concerne l'activité de pêche.

En dépit de la mise en œuvre d'un système de cogestion, il transparait un problème de gestion durable des ressources halieutiques sur le PHIE du Sourou. L'hypothèse à laquelle renvoie ce problème est que l'efficacité de la cogestion pour des pratiques de pêche durable est liée au niveau d'appropriation de ce modèle de gestion et les jeux d'acteurs des communautés de pêche. Ainsi, cette étude a été menée afin d'analyser les effets induits de la cogestion des activités de pêche sur les pratiques de pêche et l'exploitation de trois espèces de poissons dans le plan d'eau du Sourou: *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822); *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) et *Gymnarchus niloticus* (Cuvier, 1829).

Matériels et méthodes

Cette étude s'est effectuée dans trois villages riverains au PHIE du Sourou au Burkina Faso. Il s'agit de: Gouran; Niassan; et Toma-île. Le PHIE du Sourou se situe entre les latitudes 11°10' et 13°20' Nord. Il s'étend sur environ 40 kilomètres sur le territoire burkinabè dans le sens Sud - Nord (pour une superficie de 100 km²), sur un total de 120 kilomètres environ; l'autre portion (80 km environ) se trouvant sur le territoire malien (10). Les travaux de terrain se sont déroulés pendant la période de crue du plan d'eau et ont duré 50 jours, c'est-à-dire du 15 octobre au 03 décembre 2014. La méthodologie adoptée dans cette étude allie méthodes qualitative et quantitative.

La problématique de la gestion durable de la pêche du Sourou implique que l'on s'intéresse aux pratiques de pêche et aux rapports des pêcheurs aux normes et principes de cogestion. Pour cela, la méthodologie qui convient est une démarche quantitative afin d'expliquer les effets du mode de

gestion, des pratiques des acteurs sur la «durabilité» des ressources halieutiques.

En outre, afin de comprendre le sens des pratiques et logiques d'actions des acteurs, une méthode qualitative est utilisée en complément.

En dernier ressort, cette double perspective méthodologique a déterminé l'emploi de divers techniques et outils de collecte et d'analyse des données.

La population cible de cette recherche est constituée à la fois par l'ensemble des acteurs de la pêche et de la mise en valeur des aménagements hydro agricoles de la vallée du Sourou et l'ensemble des captures des espèces de poissons: *C. gariepinus*, *O. niloticus* et *G. niloticus* de la pêcherie du Sourou. L'enquête de terrain a concerné un échantillon de la population cible dans les trois villages du PHIE. L'échantillon est constitué de 30 pêcheurs équitablement répartis sur les trois villages étudiés et de l'ensemble de leur capture des trois espèces, soit 259 poissons. Le choix des trente pêcheurs a été fait à partir de la technique du choix raisonné. Les critères de choix des pêcheurs se rapportent à la régularité de la pratique de l'activité de pêche pendant la période d'enquête et le type de pêche pratiqué. Cet échantillon a été soumis à un questionnaire semi structuré. Les captures de chacun des pêcheurs ont fait l'objet de mesures systématiques de tailles (longueur totale) des 3 espèces ciblées (*C. gariepinus*; *O. niloticus* et *G. niloticus*) à l'aide d'un mètre ruban, à une date «t» donnée pour vérifier la présence de géniteurs matures. En outre, l'observation directe a été utilisée notamment pour confronter les propos des acteurs à leurs pratiques et stratégies de pêche et vérifier les instruments de pêche utilisés par les pêcheurs. Cet éclectisme des techniques et de matériels de collecte des données «permet de mieux tenir compte des multiples registres et stratification du réel [...], que le chercheur veut investiguer» (8).

Deux techniques de traitement et d'analyse de données ont été principalement employées selon la nature des données recueillies. Il s'agit de l'analyse statistique et l'analyse de contenu. Le traitement et l'analyse statistique des données quantitatives ont été effectués avec les logiciels R (logiciel libre sous

licence publique générale) et Microsoft Excel (logiciel tableur de la suite bureautique Microsoft Office sous licence propriétaire de Microsoft). Ils ont permis de réaliser les calculs numériques, les analyses bidimensionnelles, les tests ANOVA, les régressions logistiques, les représentations graphiques des données de terrain, etc. L'analyse de contenu des données qualitatives a consisté à évaluer les contenus des discours et de découvrir les sens latents et les tendances qu'ils recèlent (3). Elle a permis, à partir d'un traitement manuel de données de terrain (transcriptions d'entretiens et d'observations directes), de définir des unités de sens, des catégories descriptives et analytiques.

Résultats et discussion

Capture de *O. niloticus*, *C. gariepinus* et *G. niloticus* et vulnérabilité des stocks

Instruments de pêche et caractéristiques des captures de trois espèces de poisson

Les instruments de pêche utilisés par l'ensemble des pêcheurs de notre échantillon à la pêcherie du Sourou, sont essentiellement des instruments passifs. Ces instruments sont: nasses, filets maillants et palangres. Toutefois, en période d'étiage, l'emploi de matériel de pêche actif comme le filet épervier est avéré sur le PHIE.

Les instruments passifs sont posés généralement au cours de l'après-midi à un endroit déterminé du plan d'eau. Ils sont relevés le lendemain matin par le pêcheur pour en récupérer le contenu.

Les pêcheurs suivis, vont généralement seuls à la pêche sans l'assistance d'un tiers. Le tableau 1 présente la typologie des instruments de pêche, la classe associée à chaque type, les caractéristiques liées aux tailles des poissons (longueur totale), et les proportions des captures en rapport au type et à la classe de l'instrument de pêche.

Au regard du tableau 1, on a six instruments de pêche de dimensions différentes: la nasse, la palangre et les filets maillants (maillage: 27 mm; 30 mm; 35 mm; et 37-40 mm).

Les nasses employées par les pêcheurs de notre échantillon sont recouverts de filets de différents maillages. Les dimensions de ces maillages sont comprises entre 10 mm et 30 mm.

Tableau 1

Instruments de pêche employés au Sourou et leurs caractéristiques (FM: filet maillant).

Type instrument de pêche	Proportion des captures par rapport au type d'instrument de pêche	Taille (moy.; min.; max.) des espèces capturées en Lt (cm)	Classe instrument de pêche	Proportion des captures par rapport à la classe de l'instrument de pêche
Nasse	24,30%	17,8 8,7 54,9	prohibé	54,10%
FM 27 mm	14,30%	14,6 9,8 27,0		
FM 30 mm	15,40%	17,2 12,5 41,5		
FM 35 mm	36,30%	19,1 14,6 62,7	non prohibé	40,50%
FM 37-40 mm	4,20%	28,1 19,3 54,1		
Palangre	5,40%	69,3 44,0 117,0	non classifié	5,40%

Les palangres ont une longueur moyenne de 100 m, avec des avançons à chaque mètre (soit 100 avançons).

Chaque avançon porte un hameçon et a une chute de 10 à 20 cm.

La taille des hameçons est liée à la taille des espèces ciblées. Les hameçons de numéros 12; 13; 14; et 15 sont les plus utilisés par les pêcheurs, mais les hameçons de n°10 et n°11, plus gros, sont utilisés pour la pêche d'espèces pouvant atteindre des tailles importantes telle que *G. niloticus*. Quant aux filets maillants, ils ont une longueur moyenne de 90 m, pour une chute comprise entre 1,5 m et 2,5 m; quelle que soit le maillage utilisé.

Les résultats du tableau 1 montre en outre que le filet maillant est l'instrument de pêche le plus performant pour la pêche des trois espèces étudiées avec 70,2% du total des captures (N= 259). L'ANOVA 1 qui compare la moyenne des tailles des captures des filets maillants 35 mm (modèle de référence autorisé), avec celles des captures des autres modèles (27 mm; 30 mm; 35 mm; et 37-40 mm) fournit les résultats du tableau 2.

Le tableau 2 renseigne que les différences des moyennes des tailles entre les captures des filets maillants 35 mm et celles des palangres, des filets maillants 37-40 mm, et des filets maillants 27 mm,

sont statistiquement significatives (avec $Pr < 2e-16$; $Pr = 0,001$; $Pr = 0,007$ respectivement).

En outre, lorsqu'on ne s'intéresse exclusivement qu'au filet maillant, l'ANOVA 1 prouve que parmi les modèles 27 mm, 30 mm, et 37-40 mm des filets maillants, le filet maillant 30 mm (avec $Pr = 0,234$) est le seul modèle dont les tailles des espèces capturées ne présentent pas de différence statistiquement significative avec celles des captures du filet maillant 35 mm. L'explication qui peut en être donnée, c'est que le filet maillant 30 mm est un filet multi-usages sur la pêcherie du Sourou. Il permet de capturer aussi bien des individus immatures que matures mieux que les autres types d'instruments.

A ce propos, un pêcheur explique:

«Le filet trois doigts serré [le filet maillant 30 mm] peut être utilisé pour pêcher à tout moment. Il peut capturer à la fois les poissons habituellement pêchés par le filet deux doigts [le filet maillant 27 mm] et les poissons habituellement pêchés par le filet trois doigts [le filet maillant 35 mm]» (entretien du 21/11/14 avec le président du groupement des pêcheurs_02).

Tableau 2

Analyse de variance de la taille moyenne des captures selon la dimension des instruments de pêche.

<pre>> ###analyse de variance à un facteur=généralisation du test t > ##var Y à expliquée quant. en fonction de variables explicatives catégorielles > dcps<- read.csv2("C:/Users/DELL PC/Desktop/Base de données_Sourou/dcps.csv") > dcps\$dim.instru<- relevel(dcps\$dim.instru,ref ="35 mm") > mod7<- lm(taille~dim.instru,data= dcps) > summary(mod7) > drop1(mod7,.,~.,test="F")</pre>	<pre>Call: lm(formula = taille ~ dim.instru, data = dcps) Residuals: Min 1Q Median 3Q Max -25.293 -3.623 -2.057 0.092 47.707 Coefficients: Estimate Std. Error t value Pr(> t) (Intercept) 19.1234 0.8999 21.249 < 2e-16 *** dim.instru27 mm -4.5666 1.6934 -2.697 0.00747 ** dim.instru30 mm -1.9609 1.6472 -1.190 0.23498 dim.instru37-40 mm 9.0039 2.7805 3.238 0.00136 ** dim.instrunasse ND -1.3313 1.4207 -0.937 0.34959 dim.instrupalangre ND 50.1695 2.4996 20.071 < 2e-16 *** --- Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 Residual standard error: 8.725 on 253 degrees of freedom Multiple R-squared: 0.6534, Adjusted R-squared: 0.6466 F-statistic: 95.4 on 5 and 253 DF, p-value: < 2.2e-16</pre>
<pre>> drop1(mod7,.,~.,test="F")</pre>	<pre>Single term deletions Model: taille ~ dim.instru Df Sum of Sq RSS AIC F value Pr(>F) <none> 19261 1128.0 dim.instru 5 36313 55574 1392.5 95.396 < 2.2e-16 ***</pre>

La répartition de l'ensemble des instruments fournit trois classes:

- non prohibés (filet maillant 35 mm et filet maillant 37-40 mm);
- prohibés (filet maillant 27 mm; filet maillant 30 mm; nasse);
- non classifiés (palangre).

Cette classification est faite en référence aux dispositions du code forestier (6) en matière de pêche et du cahier des charges du PHIE (4) du Sourou. Ces deux documents définissent l'ensemble des instruments prohibés ou non à la pêche au Sourou. En ce qui concerne les filets maillants, sont proscrits à la pêche tout filet dont le maillage est inférieur à 35 mm. Quant aux nasses, celles dont le maillage du filet de recouvrement est inférieur à 35 mm sont prohibées à la pêche. Pour les palangres, en revanche, la réglementation ne spécifie pas les tailles d'hameçons prohibés ou non à la pêche.

A partir de la classification des instruments de pêche; 54,1% des captures des trois espèces étudiées (N= 259) ont été effectuées avec des instruments de pêche non autorisés.

Ces résultats rendent compte des stratégies des acteurs, quand bien même ils sont informés de la réglementation en matière de pêche au Sourou, qui consistent à se comporter en «passagers clandestins» (9) afin de minimiser au plan individuel les coûts que la gestion durable des ressources halieutiques suppose.

Dès lors, on convient avec Nguingiri (7) pour reconnaître qu'il y a un *hiatus* entre le fait pour des acteurs de reconnaître la nécessité de gérer durablement une ressources et le fait d'avoir des pratiques conformes à cet état d'esprit.

De ce point de vue, la formulation de normes de cogestion ne peut être efficace pour une gestion durable des ressources ichtyologiques sans une appropriation et mise en pratique concrète de ces normes par les acteurs.

Potentiel de recrutement de *O. niloticus*, *C. gariepinus* et *G. niloticus* et vulnérabilité des stocks

Les figures 1 et 2 représentent respectivement selon l'espèce, les proportions de chacune des trois espèces étudiées et des paramètres de dispersion de la taille de ces espèces.

Il ressort des figures 1 et 2 que:

C. gariepinus représente 8,9% des captures ($n=23$). Les caractéristiques des tailles de ces captures sont: $T_{min}=15,2$ cm; $T_{max}=56,3$ cm; $T_{moy}=36,3$ cm.

G. niloticus représente 7,3% des captures ($n=19$). Les caractéristiques des tailles de ces captures sont: $T_{min}=23,4$ cm; $T_{max}=117$ cm; $T_{moy}=60,6$ cm.

O. niloticus représente 83,8% des captures ($n=217$). Les caractéristiques des tailles de ces captures sont: $T_{min}=8,7$ cm; $T_{max}=26,8$ cm; $T_{moy}=15,8$ cm.

Les données de «FishBase» sur *O. niloticus* (12) et *C. gariepinus* (11), obtenues à partir d'études de référence en 1990, et les travaux de Baijot (1) sur *C. gariepinus* nous fournissent des indications sur les tailles de première maturité de chacune des deux espèces (L50 ou taille de maturité pour 50% des captures d'une espèce) au Burkina Faso. Il ressort que dans les retenues d'eau au Burkina Faso, la taille de première maturité en longueur totale est de:

- 13,5 cm pour les mâles et de 11,8 cm pour les femelles chez *O. niloticus*;
- 35,0 cm pour les mâles et 37,5 cm pour les femelles chez *C. gariepinus*.

En ce qui concerne *G. niloticus*, il n'a pas été possible d'obtenir des données de référence, faisant autorité et scientifiquement reconnues, sur la taille de première maturité chez cette espèce. Toutefois, selon des entretiens menés auprès de personnes ressources; *G. niloticus*, devient sexuellement mature à l'âge de trois ou quatre ans, avec approximativement une taille de première maturité de plus ou moins 40 cm.

Si l'on tient compte de cette différence de taille entre les sexes, et en considérant que les populations mâle et femelle représentent chacune 50% des captures de chaque espèce, les proportions des captures avant la taille de première maturité des espèces se répartit ainsi qu'il suit:

- 5,1% de *O. niloticus* femelles ($L_{50}=11,8$ cm) et 9,2% de *O. niloticus* mâles ($L_{50}=13,5$ cm), soit respectivement 11/217 individus et 20/217 individus;
 - 26,1% de *C. gariepinus* femelles ($L_{50}=37,5$ cm) et 26,1% de *C. gariepinus* mâles ($L_{50}=35$ cm), soit 06/23 individus pour chacun des deux sexes. On note que l'échantillon de *C. gariepinus*, ne comportait pas d'individus ayant une taille comprise entre 35 mm et 37,5 mm. Ce qui explique que les proportions de femelles et de mâles soient identiques;
 - 15,8% de *G. niloticus* ($L_{50}=40$ cm), soit 3/19 individus pour l'ensemble des deux sexes.
- Globalement; 14,3% d'*O. niloticus*; 52,2% de *C. gariepinus*; et 15,8% de *G. niloticus* sont capturés avant leur taille de première maturité sur le PHIE du Sourou. Du fait de la faiblesse de l'échantillon de *C. gariepinus* et *G. niloticus*, et l'imprécision de la taille de première maturité de cette dernière, ces résultats sont à interpréter comme des valeurs de première approximation. Qu'à cela ne tienne, ces proportions sont très élevées. Ces résultats conduisent à mettre à l'index l'utilisation d'instruments prohibés par les pêcheurs mais permettent également de discuter de la pertinence et de l'efficacité des maillages autorisés à la pêche. Les filets dont le maillage est supérieur ou égal à 35 mm sont autorisés pour la pêche. A l'évidence, les maillages 35 mm (avec des captures $T_{min}=14,6$ cm et $T_{max}=62,7$ cm) et 37-40 mm (avec des captures de $T_{min}=19,3$ cm et $T_{max}=54,1$ cm) sont pertinents pour une pêche durable de *O. niloticus*, mais assurément pas pour *C. gariepinus* ni pour *G. niloticus*. Aussi, à partir des observations *in situ*, deux autres facteurs semblent interagir avec le fort taux de capture de poissons immatures. Ce sont l'inexistence de zones de frayères clairement délimitées et protégées et l'ouverture de la pêche tout au long de l'année.

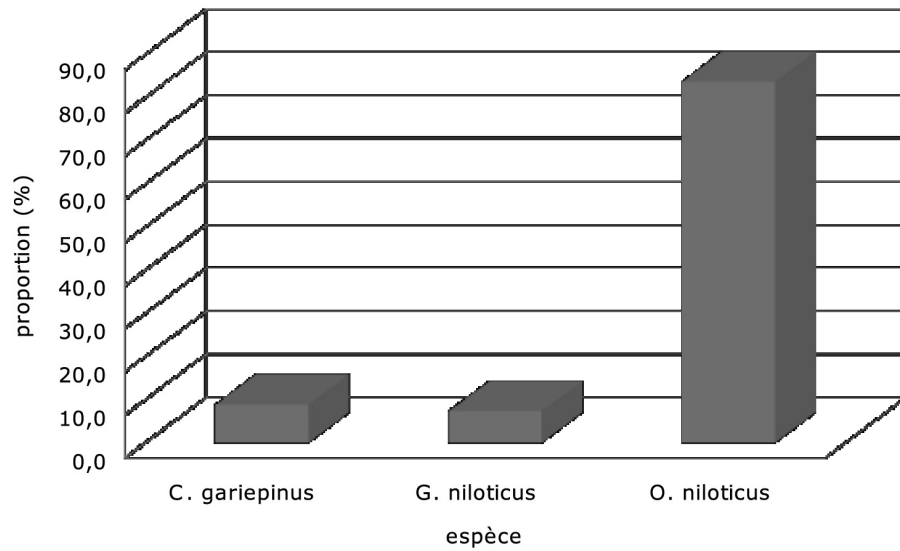


Figure 1: Proportion des captures selon l'espèce au Sourou.

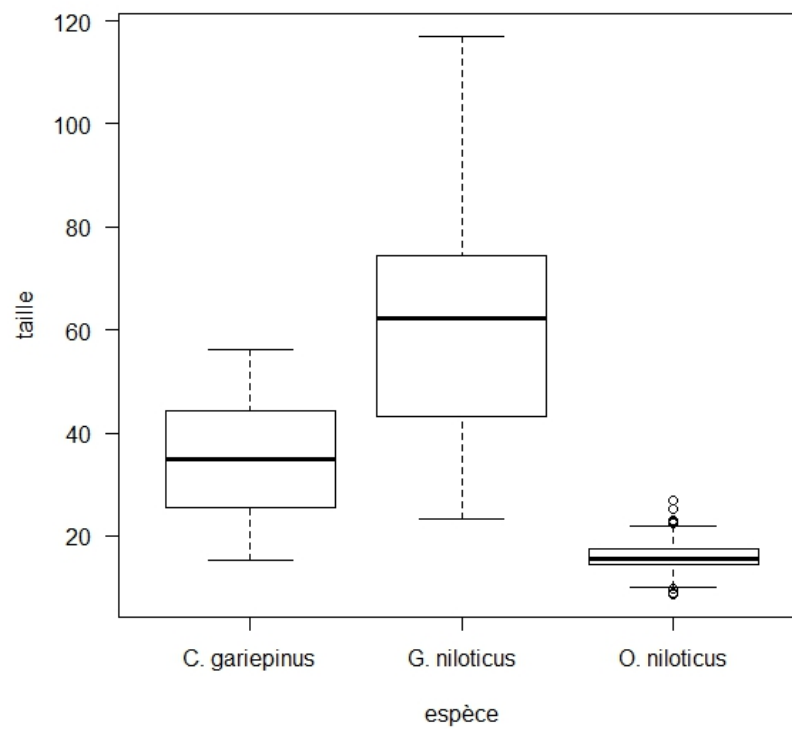


Figure 2: Paramètres de dispersion des tailles (Lt en cm) selon l'espèce au Sourou.

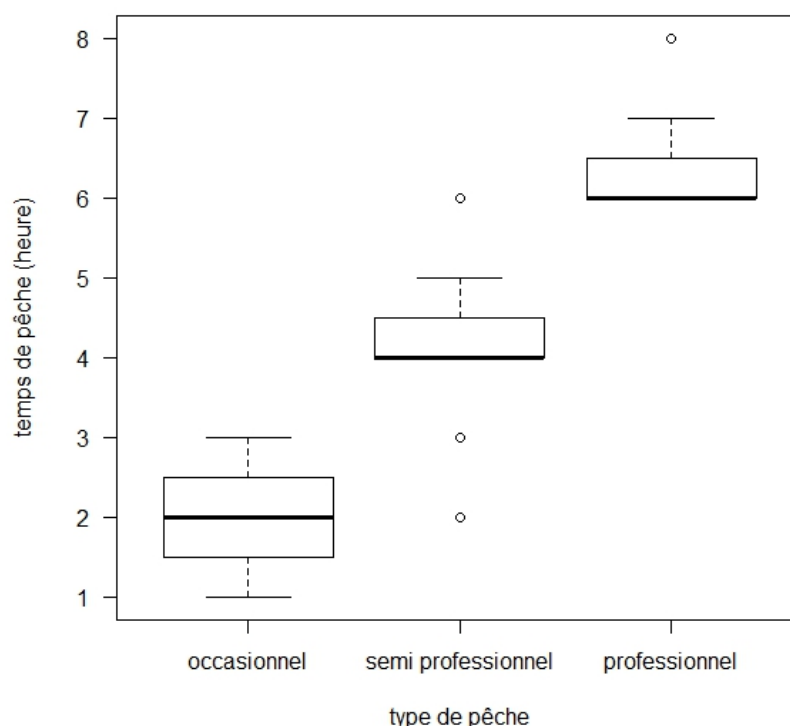


Figure 3: Paramètres de dispersion du temps de pêche journalier selon le type de pêche pratiqué sur le PHIE/Sourou.

L'ensemble de ces trois facteurs interagissent sur la réduction du taux de recrutement de ces trois espèces. A terme, l'équilibre des stocks de ces espèces est dangereusement menacé si l'on fait abstraction de toute migration.

Durabilité de la pêche au Sourou

Des proportions importantes de chacune des espèces étudiées sont capturées avant leur taille de première maturité (52,2% des *C. gariepinus* capturés, plus ou moins de 15,8% des *G. niloticus* capturés et 14,3% des *O. niloticus* capturés). Ces résultats traduisent un contexte de pêche «irresponsable» pouvant compromettre la durabilité de la pêche au Sourou. Cependant, comment les acteurs directs que sont les pêcheurs se représentent-ils leurs rapports à la pêche et à la durabilité de cette activité?

On retient que par rapport à l'appartenance au groupement de pêcheurs, 80% (N= 30) des pêcheurs de l'échantillon sont membres de groupements de pêcheurs dans leurs villages respectifs contre 20% qui ne sont pas membres.

Quant à la possession du permis de pêche; 56,7% (N= 30) des pêcheurs en possèdent; contre 43,3% des pêcheurs qui exercent leur pêche illégalement, c'est-à-dire sans permis de pêche.

En outre, par rapport à la perception de l'évolution des captures, ils sont 93,3% (N= 30) à penser que les quantités de poissons capturés par chacun d'entre eux sont à la baisse au cours des cinq dernières années, contre 6,7% qui soutiennent le contraire.

En ce qui concerne le type de pêche pratiqué, 63,3% (N= 30) des pêcheurs sont des pêcheurs semi-professionnels; 23,3% sont professionnels; 13,3% sont des pêcheurs occasionnels. De plus, lorsqu'on croise le temps consacré à la pêche et le type de pêche pratiqué par le pêcheur (Figure 3), on se rend compte que le temps passé à la pêche au Sourou augmente avec la professionnalisation de l'activité de pêche.

Le temps consacré pour la pêche est estimé ici par jour (24 heures). Ce temps correspond à la somme du temps mis par le pêcheur pour aller poser le(s) engin(s) et du temps mis pour aller le(s) relever.

Tableau 3

Coefficients du modèle de régression logistique associant la variable « durabilité de la pêche » à quatre variables explicatives.

<pre> > ###régression logistique pour variables à expliquer binaires > ##avec plusieurs variables explicatives > setwd("C:/Users/DELL PC/Desktop/Base de données_Sourou") > dseps<-read.csv2("dseps.csv") > dseps\$opdurab.pech<- factor(dseps\$opdurab.pech,levels =c(1,2),labels=c("0","1")) > dseps\$op.evcaptures<- factor(dseps\$op.evcaptures,level s=c(1,2),labels=c("0","1")) > mod2<- glm(opdurab.pech~appart.group +permis+op.evcaptures+cat.pec h,data=dseps,family="binomial") > summary(mod2) </pre>	Call:				
	glm(formula = opdurab.pech ~ appart.group + permis + op.evcaptures + cat.pech, family = "binomial", data = dseps)				
	Deviance Residuals:				
	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-2.2472	-0.8477	-0.3495	0.9700	1.4607
	Coefficients:				
		Estimate Std.	Error	z value	Pr(> z)
	(Intercept)	-3.5476	1.7477	-2.030	0.0424 *
	appart.group	-3.0867	1.7420	-1.772	0.0764 .
	permis	-2.1199	1.3574	-1.562	0.1184
	op.evcaptures1	-0.8522	2.0957	-0.407	0.6843
	cat.pech	2.9946	1.2461	2.403	0.0163 *

	Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
	(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)				
	Null deviance: 38.191 on 29 degrees of freedom				
	Residual deviance: 27.897 on 25 degrees of freedom				
	AIC: 37.897				
	Number of Fisher Scoring iterations: 5				

En effet, les modalités (occasionnel, semi professionnel, et professionnel) de la variable «type de pêche» sont associés à une intensité de pêche croissante ; soit respectivement 2 h, 4 h et 6 h 24 mn de temps moyen de pêche par jour.

De ce fait, on peut affirmer que par rapport à la pêche occasionnelle, les types de pêche semi professionnel et professionnel représentent respectivement des niveaux supérieurs de pêche. Lorsqu'on sonde en revanche l'opinion des pêcheurs à propos de la durabilité des activités de pêche sur le plan d'eau, les résultats montrent que 66,6% (N= 30) d'entre eux reconnaissent que les pratiques de pêche au Sourou ne sont pas durables.

Afin d'expliquer la force de l'influence des variables explicatives (appartenance à un groupement de pêcheur «appart.group»; possession du permis de pêche «permis»; évolution des captures «op.evcaptures1»; type de pêche pratiqué « cat.pech ») sur l'opinion des pêcheurs à propos de la durabilité des pratiques de pêche, le modèle de régression logistique sous la forme « $Y = a + bX_1 + cX_2 + dX_3 + eX_4$ » a été utilisé.

L'analyse de la régression logistique (Tableau 3), montre que parmi les quatre variables explicatives intégrées au modèle, seule la variable type de pêche pratiqué «cat.pech» est statistiquement associée à une opinion favorable à propos de la durabilité (Pr< 0,05). De plus, on s'aperçoit que le passage d'un type de pêche à un autre de niveau supérieur, multiplie par 3 (b= 2,99) la probabilité d'obtenir une opinion favorable à propos de la durabilité de la pêche, et cela indépendamment de l'éventualité d'une appartenance au groupement des pêcheurs «appart.group», à la possession du permis de pêche «permis» et à la perception de l'évolution des captures «op.evcaptures1».

Globalement, l'analyse de ce modèle montre qu'au risque de 5% (erreur statistique théorique), une haute intensité de pêche est donc statistiquement associée à une opinion favorable à propos de la durabilité de la pêche au Sourou. Les pêcheurs qui consacrent plus de temps à la pêche, principalement les pêcheurs professionnelles (6 h 24 mn de temps de pêche) et dans une moindre mesure les pêcheurs semi professionnelle (4 h de pêche), sont plus enclins à affirmer que les pratiques de pêche sont durables.

En revanche, les pêcheurs qui consacrent moins de temps à la pêche, les pêcheurs occasionnels (2 h de temps de pêche), sont plus disposés à reconnaître que les pratiques de pêche ne sont pas durables.

Conclusion

Cette étude menée au PHIE du Sourou avait pour objectif d'analyser les effets induits de la cogestion des activités de pêche par rapport à l'exploitation des ressources halieutiques. Les résultats montrent que les normes de cogestion sont faiblement intégrées par les communautés de pêcheurs. En dépit de l'application du système de cogestion à la pêche du Sourou, les pratiques de pêche sont non durables. Il ressort que 43,3% des pêcheurs de l'échantillon pratiquent la pêche sans autorisation formelle. En outre, 54,1% des captures sont le fait de l'emploi d'instruments de pêche non autorisés sur le PHIE du Sourou. L'emploi de ces instruments a spécifiquement des impacts négatifs sur le recrutement et l'équilibre des stocks de *O. niloticus*, *C. gariepinus* et *G. niloticus*.

En effet, des proportions importantes des individus juvéniles de ces espèces sont capturées avant qu'ils n'aient atteint leurs tailles de première maturité (14,3% de juvénile dans les captures d'*O. niloticus*; 52,2% de juvéniles dans les captures de *C. gariepinus*; et 15,8% de juvéniles dans les captures de *G. niloticus*).

Les stratégies individuelles et les jeux d'acteurs chez des pêcheurs, consistant à ruser avec les conventions et les règlements, par nécessité ou calcul, affectent dangereusement le recrutement et l'équilibre des stocks de *O. niloticus*, *C. gariepinus*, et *G. niloticus*.

Au-delà, la réglementation sur les filets maillants, qui n'autorise que les filets de mailles supérieures ou égales à 35 mm, y contribue marginalement, spécifiquement pour *C. gariepinus* et *G. niloticus*. Dans ce contexte de surpêche, des ressources halieutiques relativement en accès libre, d'emploi d'instruments de pêche non réglementaires, mais aussi de faiblesse des moyens de contrôle et de suivi de l'activité de pêche, le potentiel halieutique est condamné à une fin programmée. Les buts visés de la cogestion par rapport à la gestion durable des ressources halieutiques s'éloignent et L'Etat et ses structures ne doivent pas surestimer la capacité des communautés de pêcheurs à être de « bons » co-surveillants. A ce propos, les capacités des acteurs et le contrôle des activités de pêche doivent être renforcés continuellement. Les brigades locales de surveillance pourraient être réinstallées en redéfinissant leur composition et leur fonctionnement.

En outre, des activités alternatives à la pêche devront être développées pour les pêcheurs surdensitaires, afin qu'un nombre adéquat de pêcheurs puissent vivre correctement de leur activité en exploitant la ressource selon le Rendement Maximum Equilibré.

Références bibliographiques

1. Baijot E., Moreau J., Barry I. & Bouda S., 1994, «Biologie et démographie des principales espèces de poissons des retenues d'eau du Burkina Faso». In. *Aspects Hydro-biologiques et Piscicoles des Retenues en Zone Soudano-Sahélienne*. Wageningen: CTA, 87-122.
2. Henderson H.F. & Welcomme L.R., 1974, *The relationship of yield to morphoedaphic index and number of fishermen in african inland fisheries (Relation entre la production, l'indice Morpho-Edaphique et le nombre de pêcheurs des pêcheries des eaux continentales d'Afrique)*. Rome: FAO/CIFA. 19 p. URL : <http://www.fao.org/docrep/008/e6645b/e6645b00.htm> (consulté le 20 octobre 2014).
3. Leray C., 2008, *L'analyse de contenu. De la théorie à la pratique: La méthode Morin-Chartier*. Quebec: Presse de l'Université du Quebec. 180 p.
4. Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques (MAHRH), 2009, *Cahiers des charges du Périmètre Aquacole d'Intérêt Economique du Sourou*. Dédougou: MAHRH. 13 p.
5. Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques (MAHRH), 2011, *Plan d'aménagement et de gestion du périmètre halieutique d'intérêt économique (PHIE) du Sourou*. Dédougou: MAHRH. 37 p.
6. Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD), 2011, *Loi n°003-2011 du 05 avril 2011 portant Code forestier au Burkina Faso*. Ouagadougou: MEDD. 140 p.
7. Nguinguiri J.C., 2004, «Gouvernance des aires protégées dans le bassin du Congo: principes et pratiques». *Tropical Forests in a Changing Global Context*. Brussels: Royal Academy of Overseas Sciences/UNESCO., 127-137.
8. Olivier de sardan J.P., 2003, *L'enquête socio anthropologique de terrain: synthèse méthodologique et recommandations à usage des étudiants (Études et travaux n°13)*. Niamey: LASDEL. 59 p.
9. Olson M., 1978, *Logique de l'action collective*. Paris: PUF. 200 p.
10. Somda J., Zonon A., Ouadba J.M. & Huberman D., 2010, *Valeur économique de la vallée du Sourou: une évaluation préliminaire*. Ouagadougou: Bureau régional UICN. 72 p.
11. <http://fishbase.mnhn.fr/Reproduction/MaturityList.php?ID=1934&GenusName=Clarias&SpeciesName=gariepinus&fc=139> (consulté le 03/02/15)
12. <http://fishbase.mnhn.fr/Reproduction/MaturityList.php?ID=2&GenusName=Oreochromis&SpeciesName=niloticus&fc=349> (consulté le 03/02/15)

Z. Dialla, Burkinabé, Master, Doctorant, ERAIFT, Kinshasa, RD Congo et Université de Ouagadougou, Labo Recherches Pluridisciplinaires en Sciences Humaines (Labo RPSH), Ouagadougou, Burkina Faso.

M. Tassebedo, Burkinabé, Master, IFonctionnaire, Ministère de l'Environnement et des Ressources Halieutiques, Ouagadougou, Burkina Faso.

J.-C. Micha, Belge, PhD, Professeur émérite, ERAIFT, Kinshasa, RD Congo et Université de Namur, Namur, Belgique.

Dynamique d'infestation de la forêt classée de Sanaïmbo par les adventices à partir des agro-écosystèmes environnants

A. Touré^{1*}, L.M.D. Adou¹, F.K. Kouamé¹ & J. Ipou Ipou¹

Keywords: Floristic dynamics- Weed invasion- Protected Sanaïmbo forest- Ivory Coast

Résumé

*L'étude de la dynamique d'infestation de la forêt classée de Sanaïmbo par les adventices a été réalisée afin de montrer l'impact des mauvaises herbes sur la flore originelle de cette localité. Pour se faire, des relevés floristiques et phytosociologiques ont été réalisés sur des parcelles cultivées à l'intérieur et à l'extérieur de cette forêt. La fréquence et la proportion des types biologiques des parcelles situées dans la forêt classée diffèrent de celles de l'extérieur. L'adventice *Chromolaena odorata* (L.) King & H.E. Robins présente un degré d'envahissement élevé quels que soient le type et la localisation des parcelles. *Euphorbia heterophylla* L., *Ageratum conyzoides* L. et *Panicum laxum* Sw. ont des degrés d'infestation élevés dans les parcelles hors de la forêt et commencent à envahir peu à peu les parcelles de l'intérieur de celle-ci.*

Summary

Dynamics of Infestation in the Sanaïmbo Protected Forest by Weeds from Surrounding Agro-ecosystems

*The infestation dynamics of the Sanaïmbo Protected Forest by weeds was evaluated with the aim to quantify the impact of weeds on the original flora of this locality. Floristic and phytosociological surveys samples were carried out on plots located inside and outside the forest. The frequency and proportion of biological types is different in plots located outside and within the classified forest. *Chromolaena odorata* (L.) King & H.E. Robins has a high degree of infestation whatever the plot location. *Euphorbia heterophylla* L., *Ageratum conyzoides* L. and *Panicum laxum* Sw. show high levels of infestation in the plots out of the forest and start invading slowly the plots within the forest.*

Introduction

Les activités agricoles constituent la principale utilisation des terres forestières par les hommes (15). En Côte d'Ivoire, dans les systèmes de culture traditionnels, l'agriculture est généralement extensive et itinérante (20). C'est un système de culture qui est à la base de la disparition d'espèces originaires des milieux naturels et du développement des adventices adaptées aux conditions de culture (27). En effet, après plusieurs années de culture, l'exploitation est abandonnée sous l'effet conjugué de la baisse de la fertilité du sol et de la pression des adventices qui deviennent de plus en plus abondantes au cours des années de culture (29).

Par conséquent, la conquête de nouvelles terres forestières est entreprise.

L'extension des surfaces exploitables entraîne une dégradation des écosystèmes (19) et il en résulte une modification de la composition floristique de la végétation (18). Lors de la mise en place d'une culture, le sol se recouvre d'une population plus ou moins importante de nouvelles espèces végétales en provenance, soit de la germination des graines préalablement enfouies dans le sol, soit d'autres semences d'espèces transportées par des agents de dispersion (vent, animaux, homme, etc).

Cette recolonisation représente le début de la secondarisation de la végétation forestière. Dans les forêts tropicales, ce processus de secondarisation qui se déroule à une vitesse considérable (8) est très souvent mal connu et très peu étudié.

¹Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences, Abidjan, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant: Email:awatur93@gmail.com

En Côte d'Ivoire, en prenant le cas de la forêt classée de Sanaïmbo, nous voulons tenter d'élucider quelques aspects du problème de recolonisation de certains espaces forestiers défrichés. En effet, la forêt classée de Sanaïmbo située au centre-est de la Côte d'Ivoire (Figure 1), est une forêt secondaire qui est restée inexploitée jusqu'à la fin des années soixante-dix, à l'exception de neuf enclaves officiellement attribuées à des autochtones. Au cours des années quatre-vingt, les habitants des villages riverains (N'gohinou, Adouakouakro, Assahara et Soungassi) ont exploité la forêt sans autorisation.

La forêt classée de Sanaïmbo subit aujourd'hui, une forte pression anthropique. Plusieurs fermes agricoles sont rencontrées aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur de cette formation végétale avec une incidence négative sur la biodiversité originelle et la prolifération d'une flore adventice.

En effet, la création ou le maintien des agro-écosystèmes entraîne le développement des mauvaises herbes qui conquièrent de plus en plus d'espace et dont il faut tenir compte dans l'adoption de plans d'aménagement et de gestion.

La réalisation de travaux scientifiques qui situent sur l'état actuel de cette forêt est donc nécessaire pour la conservation de la biodiversité et pour un développement durable des ressources forestières. C'est dans ce contexte que trois précédentes études qui portent pour la première sur la flore et la végétation (24, 25) et pour les deux autres sur la diversité floristique des adventices (32, 33) ont été réalisées. Ainsi, l'objectif de cette étude est d'évaluer la dynamique d'infestation de cette forêt classée par les adventices rencontrées dans les parcelles sous cultures. Autrement dit, quel est l'état de la flore adventice dans cette forêt et dans ses environs? Il s'agira plus spécifiquement d'établir la flore des adventices à l'intérieur et à l'extérieur de la forêt, d'évaluer la richesse floristique des parcelles et leur proportion en types biologiques aussi bien hors que dans la forêt et de déterminer les espèces les plus infestantes de ces deux milieux.

Matériel et méthodes

Activités agricoles

L'agriculture est la principale activité des populations riveraines de la forêt classée de Sanaïmbo. Elles pratiquent une agriculture itinérante sur brûlis et extensive, consommatrice de terres.

Les espaces exploités sont situés autour et dans la forêt classée. Les principales cultures pérennes sont le palmier à huile, le caféier et le cacaoyer. Les principales cultures annuelles sont l'igname, le manioc, la banane plantain, le riz, le maïs, le gombo, le taro, la tomate, l'arachide, le piment, etc. L'exploitation du bois d'œuvre est interdite dans la forêt depuis son classement. Pourtant, lors de nos investigations, nous avons noté que de nombreux arbres ont été abattus par des exploitants forestiers travaillant pour le compte d'une société de promotion du bois.

Collecte des données

Pour choisir les parcelles de relevés, un plan d'échantillonnage a été conçu. Il prend en compte la plupart des parcelles villageoises cultivées sur les trajectoires choisies. Une boussole a été utilisée pour déterminer l'orientation des parcelles de relevé. Cinq principales trajectoires (ou transects) dont les points de départ sont les villages et plusieurs layons permettant d'accéder aux exploitations villageoises ont été suivis (Figure 1). Les cinq trajectoires principales sont distribuées comme suit: deux à partir du village de N'Gohinou (une grande partie de la forêt se retrouve dans le terroir de ce village); les trois autres transects partent de chacun des trois autres villages. Sur le parcours, les parcelles sous cultures ont fait l'objet d'inventaires. Pour mesurer les dimensions des parcelles, un ruban-mètre a été utilisé. Des cordes ont servi à délimiter les parcelles. La surface d'échantillonnage retenue est de 2500 m² soit 0,25 ha. En effet, dans les agro-écosystèmes tropicaux, les aires minimales précédemment déterminées varient entre 300 et 1000 m² (4, 27). La superficie prise en compte a donc l'avantage de faciliter les mesures.

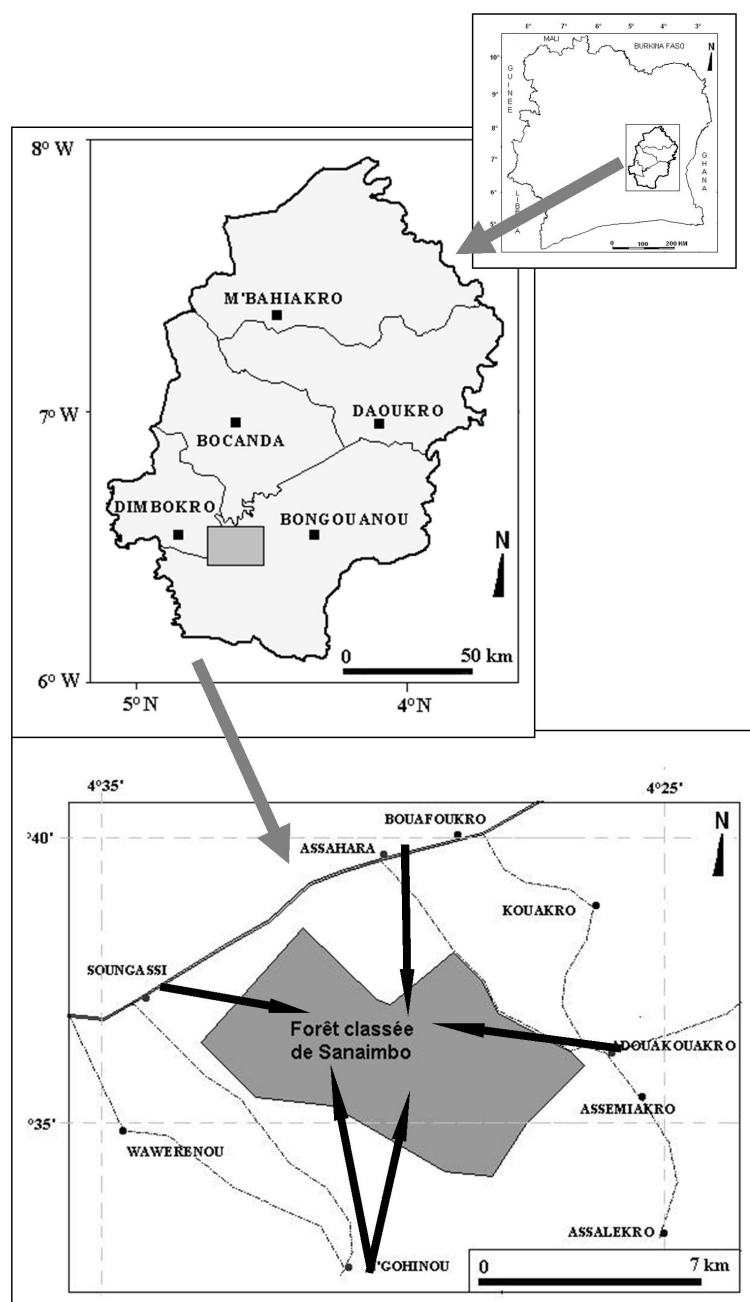


Figure 1: Localisation de la zone d'étude (modifiée de BNETD/CCT, 2007).

En effet, cette superficie de 0,25 ha est la base de la surface de référence de la plupart des parcelles sous cultures vivrières de la région (32).

Sur la parcelle, les activités réalisées ont consisté à faire un inventaire floristique et phytosociologique. La méthode de relevés floristiques adoptée est le «Tour De Champ» qui a été précédemment utilisé par de nombreux auteurs (9, 10, 28).

Elle consiste à parcourir la parcelle dans différentes directions afin d'y recenser les espèces adventices. À chaque espèce rencontrée, est affecté un coefficient d'abondance-dominance.

Le type biologique de l'espèce a été également pris en compte (1, 2). L'échelle d'abondance/dominance utilisée est celle de braun-blanket modifiée (33):

- 1= Individus peu abondants ou abondants, mais à recouvrement faible;
- 2= Individus très abondants ou recouvrant 1/20 de la surface;
- 3= Individus recouvrant de 1/4 à 1/2 de la surface, abondance quelconque;
- 4= Individus recouvrant de 1/2 à 3/4 de la surface, abondance quelconque;
- 5= Individus recouvrant plus des 3/4 de la surface, abondance quelconque.

Caractérisation des flores

À partir des relevés, une liste floristique a été établie pour chacune des deux entités (flore des agro-écosystèmes hors de la forêt et flore de ceux de l'intérieur de la forêt). La caractérisation de ces flores a consisté en l'établissement de spectres biologiques et à la détermination des richesses floristiques parcellaires.

Pour définir le spectre biologique, les espèces sont regroupées selon leur type biologique.

Ce regroupement est fait pour chacune des deux types de végétation (hors de la forêt et dans la forêt). Un histogramme comparé est construit à partir des résultats des regroupements obtenus à l'aide d'excel 2010.

La richesse floristique parcellaire est le nombre moyen d'espèces par parcelle. Elle est obtenue à partir du regroupement des relevés en fonction du nombre d'espèces. Les résultats sont présentés par des diagrammes floristiques avec excel 2010. Des tests statistiques ont été faits afin d'éprouver la validité des résultats. Le test statistique choisi, est celui de Student. Le test t de Student permet de

comparer les moyennes de deux échantillons indépendants ou/et appariés. À partir du logiciel XLSTAT7.1, ce test a été réalisé pour comparer, d'une part les moyennes du nombre d'espèces hors et dans la forêt, et d'autre part celles des fréquences des types biologiques hors et dans la forêt.

La moyenne des fréquences par type biologique et par localisation (hors et dans la forêt) $Moy.f$ est obtenue en faisant le rapport de la somme des fréquences des espèces adventices par type biologique et par parcelle Ftb sur le nombre total de parcelles dans lesquelles ces espèces ont été rencontrées N .

$$Moy.F = \sum ftb / N$$

Degré d'enherbement spécifique des parcelles

Le degré d'enherbement des parcelles a été déterminé à partir des fréquences relatives (Fr) des espèces et leur abondance-dominance moyenne. Ces deux données permettent de construire le diagramme d'infestation qui est obtenu en constituant un nuage de points avec, en abscisse, la fréquence relative des espèces dans un ensemble de relevés et en ordonnée, leur abondance-dominance moyenne (27). La fréquence relative (Fr) est le rapport de la fréquence spécifique sur le nombre total de relevés (13). La fréquence spécifique (Fs) est le nombre de fois qu'une espèce a été rencontrée dans l'ensemble des relevés (N). $Fr = Fs / N$.

L'indice d'abondance-dominance moyen d'une espèce est calculé par rapport à la somme des abondance-dominances de cette espèce sur le nombre de relevés dans lesquels l'espèce est présente (Fs).

Ainsi, l'abondance-dominance moyenne ($A/Dmoy.$) d'une espèce p est le rapport de la somme de ses abondance-dominances ($\sum A/Dp$) sur sa fréquence spécifique (Fs).

$$A/Dmoy. = \sum A/Dp / Fs$$

Le diagramme d'infestation permet de différencier des groupes d'espèces selon leur degré d'enherbement.

En utilisant une terminologie dérivée de celles de Le Bourgeois (27); et de Daget et Poissonet (14), neuf groupes de mauvaises herbes peuvent être identifiés et sont:

- Le groupe 1 (G_1) représenté par les mauvaises herbes majeures générales qui sont à la fois très fréquentes ($fr > 0,5$) et très abondantes ($A/Dmoy. > 1,5$); ce sont les espèces les plus nuisibles de la région; elles peuvent coloniser tous les milieux écologiques et elles possèdent un potentiel d'envahissement important;
- Le groupe 2 (G_2) rassemble les mauvaises herbes potentielles générales; elles sont très fréquentes, d'abondance moyenne ($1,25 < A/Dmoy. \leq 1,5$); ce sont des espèces très ubiquistes mais leurs infestations sont généralement moindres que celles des adventices majeures générales;
- Le groupe 3 (G_3) est représenté par les mauvaises herbes générales qui sont des espèces très fréquentes mais jamais abondantes ($A/Dmoy. \leq 1,25$); ces espèces très ubiquistes sont rencontrées dans presque tous les milieux;
- Les mauvaises herbes majeures localisées qui forment le groupe 4 (G_4) sont très abondantes et moyennement fréquentes ($0,2 < Fr \leq 0,5$), elles ont une amplitude écologique moyenne;
- Le groupe 5 (G_5) est constitué des mauvaises herbes potentielles localisées qui ont une amplitude écologique moyenne ($0,2 < Fr \leq 0,5$) et leur abondance peut être régulièrement moyenne ($1,25 < A/Dmoy \leq 1,5$);
- Le groupe 6 (G_6) regroupe les mauvaises herbes localisées qui ont une amplitude écologique moyenne ($0,2 < Fr < 0,5$) avec une abondance faible ($a/dmoy < 0,5$); elles ne constituent pas pour la plupart une contrainte agronomique; elles peuvent, par contre, servir d'indicatrices écologiques régionales;
- Le groupe 7 (G_7) rassemble les mauvaises herbes majeures locales qui sont peu fréquentes mais localement très abondantes, ayant une amplitude écologique étroite;
- Les mauvaises herbes potentielles locales qui constituent le groupe 8 (G_8), sont des espèces qui ont une amplitude écologique très étroite ($Fr < 0,2$) et présentent ponctuellement des indices d'abondance moyens ($1,25 < A/Dmoy < 1,5$);

- Et enfin, le groupe 9 (G_9) constitué des mauvaises herbes mineures sont peu fréquentes et peu abondantes; ce sont des espèces rares, étrangères ou pionnières.

Deux diagrammes seront établies pour chaque entité et les principales mauvaises herbes seront déterminées et classées suivant leur degré d'enherbement et leur amplitude d'habitat. A partir de ces diagrammes, il sera élaboré un tableau qui présentera les différents groupes d'adventices en fonction de leur degré d'enherbement.

Résultats

Flore des adventices

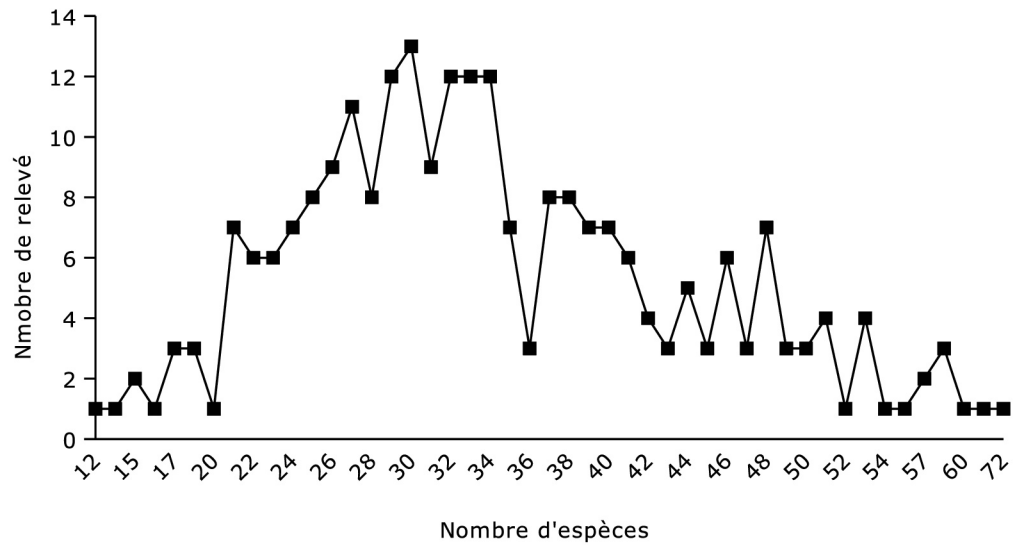
Dans les agro-écosystèmes hors de la forêt, une liste de 369 espèces a été établie sur 246 parcelles inventoriées. La flore des parcelles à l'intérieur de la forêt est riche de 214 espèces recensées sur 64 parcelles. La flore générale rassemble 398 espèces réparties entre 285 genres appartenant à 89 familles. Parmi les 89 familles, les *poaceae*, les *fabaceae* et les *euphorbiaceae* se sont révélées importantes par le nombre d'espèces qu'elles comportent.

Richesse floristique parcellaire

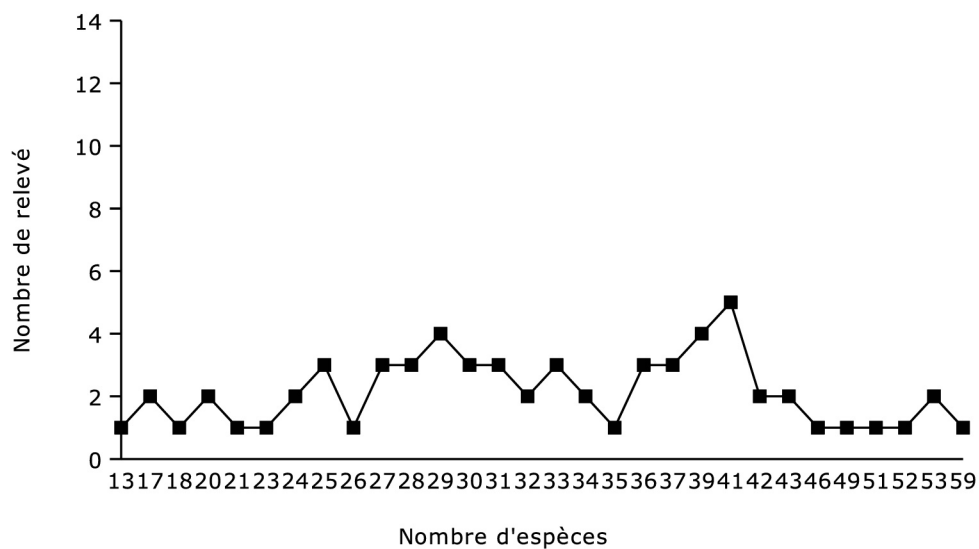
La comparaison des diagrammes (Figure 2) des deux milieux met en évidence la diversité floristique des agro-écosystèmes de l'extérieur et de l'intérieur de la forêt. Le nombre d'espèces dans les parcelles hors de la forêt varie de 12 à 72 avec une moyenne de 34 espèces/relevé tandis que celui de la forêt se situe entre 13 et 59 avec une moyenne de 31 espèces/relevé. L'allure de la courbe (Figure 2a) représentant la richesse floristique parcellaire hors de la forêt est en dents de scie avec plusieurs pics à différents niveaux même si elle présente un pic à 29 espèces/relevé, le point le plus élevé sur la courbe. Par contre, l'allure de la courbe (Figure 2b) est plus ou moins étalée et ne présente pas de pic dominant. La distribution des espèces dans les parcelles de la forêt est plus homogène que celle hors de la forêt.

Types et spectre biologiques

Dans l'ensemble de la zone d'étude, les Microphanérophytes (30,3%) et les Nanophanérophites (26%) représentent plus de 50% de la flore.



A = Hors de la forêt



B = Dans la forêt

Figure 2: Diagrammes comparés de la richesse floristique parcellaire hors et dans la forêt.

Les microphanérophytes majeures sont *Centrosema pubescens*, *Mikania cordata*, *Pueraria phaseoloides*, *Solanum erianthum* et *Trema guineensis*.

Les nanophanérophites majeures sont *Chromolaena odorata*, *Croton hirtus*, *Phaulopsis imbricata*, *Marantochloa cuspidata*, *Pouzolzia guineensis*, *Talinum triangulare* et *Clerodendrum capitatum*. Ensuite, viennent les thérophytes et les mésophanérophites qui ont respectivement des contributions de 12,9% et de 9,9%.

Les autres types biologiques (mégaphanérophytes, hémicryptophytes, chaméphytes, géophytes et hydrophytes) sont représentés dans de faibles proportions.

L'analyse comparée des spectres floristiques des deux entités (hors et dans la forêt) fait remarquer que les différents groupes de types biologiques sont représentés dans les deux milieux (Figure 3) à des proportions différentes. Le test *t* de Student ($\alpha = 0,05$ et $ddl = 308$) montre qu'il y a une différence significative entre les moyennes des fréquences des mésophanérophites ($p = 0,004$), des nanophanérophites ($p = 0,002$) et des thérophytes ($p < 0,0001$) hors et dans la forêt (Tableau 1). Par contre, la comparaison des moyennes des fréquences des microphanérophytes ($p = 0,653$) et des autres types biologiques ($p = 0,729$) hors et dans la forêt n'est pas statistiquement différente (Tableau 1).

Il existe donc plus de nanophanérophites et de thérophytes hors de la forêt qu'à l'intérieur de celle-ci. C'est la situation inverse qui est observée chez les mésophanérophites.

Quant aux microphanérophytes et les autres types biologiques, ils sont en proportions plus ou moins équivalentes dans les deux milieux.

Les fréquences des adventices

Le tableau 2 présente la fréquence relative des espèces les plus régulières sur les parcelles à l'extérieur de la forêt, ce sont *Solanum erianthum* D. Don (Solanaceae), *Spigelia anthelmia* L. (Loganiaceae), *Laportea aestuans* (L.) Chew (Urticaceae) et *Ageratum conyzoides* L. (Asteraceae).

À part *Solanum erianthum* qui est une microphanérophyte, les autres espèces sont toutes des thérophytes. Tandis que sur les parcelles situées à l'intérieur, les espèces les plus fréquentes sont *Antiaris yoxicaria* Lesch.var. *africana* (Engl.) C. C. Berg (Moraceae), *Motandra guineensis* A. Fc. (Apocynaceae), *Acacia pentagona*, (Schumach. & Thonn.) Hook. F. (Mimosaceae) etc, qui sont des espèces arborescentes (Tableau 2). Il y a également des adventices qui sont régulièrement rencontrées dans les deux milieux avec respectivement leurs fréquences hors et dans la forêt: ce sont *Chromolaena odorata* L.) R. M. King & H. Rob. (Asteraceae) (0,97; 0,92), *Panicum laxum* Sw. (Poaceae) (0,54; 0,55); *Millettia zechiana* Harms (Fabaceae) (0,74; 0,75) et *Griffonia simplicifolia* (Vahl Ex Fc.) Baill. (Caesalpiniaceae) (0,76; 0,89). Des espèces comme *Croton hirtus* L'hérit (Euphorbiaceae) (0,52; 0,03) et *Euphorbia heterophylla* L. (Euphorbiaceae) (0,31; 0,19) sont très présentes à l'extérieur et peu fréquente dans la forêt.

Degré d'enherbement spécifique

L'analyse de la relation entre la fréquence relative des espèces et leur abondance-dominance moyenne met en évidence sept groupes d'adventices pour les parcelles situées hors de la forêt et quatre groupes de mauvaises herbes pour les parcelles cultivées dans la forêt (Tableau 3).

Au niveau des parcelles cultivées hors de la forêt, on distingue les groupes suivants:

- Les adventices majeures générales (G_1): ce groupe est formé d'une seule espèce, *Chromolaena odorata*; cette adventice est la plus fréquente et la plus abondante ($Fr = 0,97 / A/D = 1,79$);
- Les adventices potentielles générales (G_2): constituées de *Croton hirtus* et *Ageratum conyzoides*; elles ont été rencontrées presque sur toutes les parcelles hors de la forêt avec une abondance moyenne;

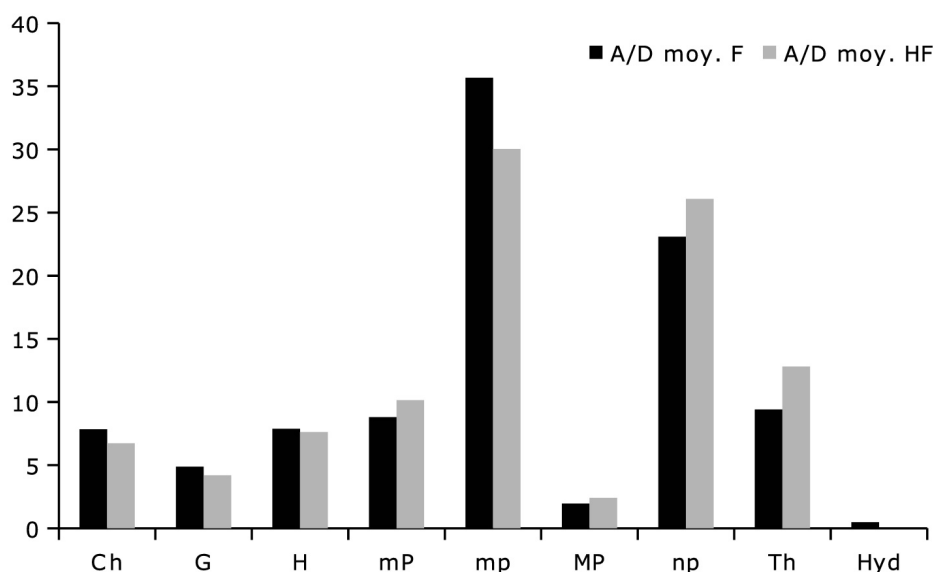


Figure 3: Histogrammes comparés des différents types biologiques rencontrés dans les parcelles situées hors et dans la forêt classée de Sanaimbo.

Tableau 1

Comparaison des moyennes des fréquences des types biologiques rencontrés hors et dans la forêt classée de Sanaimbo.

Types biologiques	Moyennes des fréquences		t (valeur observée)	p (valeur bilatérale)
	Hors forêt	Dans la forêt		
Mésophanérophytes	3,68	4,89	2,891	0,004
Microphanérophytes	12,49	12,89	0,45	0,653
Nanophanérophytes	7,58	6,05	-3,185	0,002
Thérophytes	6,96	3,27	-6,779	<0,0001
Autres types biologiques	3,83	3,97	-0,347	0,729

Test t de Student avec Alpha= 0,05 et Degré de liberté= 308.

Tableau 2

Fréquences relatives des adventices régulièrement rencontrées dans les parcelles situées hors ou dans la forêt.

Espèces	Fréquences relatives	
	Hors de la forêt	Dans la forêt
<i>Chromolaena odorata</i>	0,97	0,92
<i>Solanum erianthum</i>	0,85	0,44
<i>Spigelia anthelmia</i>	0,73	0,39
<i>Laportea aestuans</i>	0,71	0,28
<i>Croton hirtus</i>	0,52	0,03
<i>Ageratum conyzoides</i>	0,51	0,14
<i>Euphorbia heterophylla</i>	0,31	0,19
<i>Antiaris toxicaria</i>	0,52	0,92
<i>Griffonia simplicifolia</i>	0,76	0,89
<i>Millettia zechiana</i>	0,74	0,75
<i>Motandra guineensis</i>	0,54	0,72
<i>Panicum laxum</i>	0,54	0,55
<i>Chassalia kolly</i>	0,07	0,47
<i>Acacia pentagona</i>	0,28	0,44

Tableau 3

Répartition des adventices en fonction de leur potentiel de nuisibilité dans les parcelles situées hors et dans la forêt.

Groupes d'adventices	Espèces adventices	
	Hors de la forêt	Dans la forêt
G1 Majeures générales	<i>Chromolaena odorata</i>	
G2 Potentielles générales	<i>Ageratum conyzoides</i> <i>Croton hirtus</i>	<i>Chromolaena odorata</i>
G3 Générales	<i>Laportea aestuans</i>	<i>Antiaris toxicaria</i>
	<i>Mariscus cylindristachyus</i>	<i>Cnestis ferruginea</i> ,
	<i>Panicum laxum</i>	<i>Griffonia simplicifolia</i>
	<i>Pouzolzia guineensis</i>	<i>Milletia zechiana</i>
	<i>Solanum erianthum</i>	<i>Motandra guineensis</i>
G5 Potentielles localisées	<i>Spigelia anthelmia</i>	<i>Panicum laxum</i>
	<i>Euphorbia heterophylla</i>	
	<i>Centrosema pubescens</i>	<i>Chassalia kolly</i>
	<i>Momordica charantia</i>	<i>Exolobus patens</i>
G6 Localisées	<i>Mucuna pruriens</i>	<i>Pouzolzia guineensis</i>
	<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	<i>Rottboellia cochinchinensis</i>
	<i>Talinum triangulare</i>	<i>Spigelia anthelmia</i>
	<i>Celosia isertii</i>	
G8 Potentielles locales	<i>Crinum jagus</i>	
	<i>Bidens pilosa</i>	<i>Ageratum conyzoides</i>
	<i>Eleusine indica</i>	<i>Celosia trigyna</i>
	<i>Ipomoea mauritiana</i>	<i>Croton hirtus</i>
G9 Mineures	<i>Panicum maximum</i>	<i>Euphorbia heterophylla</i>
	<i>Portulaca quadrifida</i>	<i>Mucuna pruriens</i>
	<i>Spermacoce ocymoides</i>	<i>Talinum triangulare</i>

- Les adventices générales (G_3): ces mauvaises herbes sont retrouvées dans presque tous les relevés avec une abondance généralement faible; elles ne présentent pas, dans la majorité des cas, une gêne pour les cultures; toutefois, certaines sont rencontrées en peuplement très abondant dans quelques parcelles; ce sont, en l'occurrence, *Mariscus cylindristachyus*, *Panicum laxum*, *Solanum erianthum*, *Spigelia anthelmia*, *Pouzolzia guineensis* et *Laportea aestuans*;
- Les adventices potentielles localisées (G_5): elles ont une fréquence et une abondance régulièrement moyennes ($0,2 < Fr < 0,5$ et $1,25 < A/Dmoy. < 1,5$); c'est le cas d'*Euphorbia heterophylla* qui, dans quelques parcelles s'est retrouvée très abondante;
- Les adventices localisées (G_6): elles ont été régulièrement rencontrées mais à abondance faible ($A/Dmoy. < 1,25$); cependant, certaines ont présenté une abondance moyenne ($1,25 < A/Dmoy. < 1,5$), ce sont *Talinum triangulare*, *Mucuna pruriens*, *Momordica charantia*, *Rottboellia cochinchinensis* et *Centrosema pubescens*;
- Les adventices potentielles locales (G_8): ce groupe est représenté par seulement deux adventices, *Celosia isertii* et *Crinum jagus*; ces deux espèces ont été rencontrées, pour la première sur 4 parcelles et pour la deuxième sur 5 parcelles où elles présentaient toujours une abondance moyenne;
- Les adventices mineures (G_9): ce groupe renferme presque toutes les espèces ligneuses et certaines herbacées telles que *Panicum maximum*, *Ipomoea mauritiana*, *Eleusine indica*, *Bidens pilosa*, etc; elles sont à la fois peu fréquentes et peu abondantes.

Dans les parcelles cultivées dans la forêt seulement 4 groupes se distinguent:

- Le groupe des adventices potentielles générales (G_2) qui est constitué d'une seule espèce, *Chromolaena odorata*; elle a été retrouvée presque sur toutes les parcelles mais à abondance moyenne ($Fr= 0,92/ A/D= 1,30$) contrairement aux parcelles se trouvant hors de la forêt où l'abondance de cette espèce est élevée;
- Le groupe des adventices générales (G_3) regroupe les espèces telles que *Millettia zechiana*, *Mallotus opposifolius*, *Motandra guineensis*, *Antiaris toxicaria*, *Albizia zygia*, *Cnestis ferruginea*, *Griffonia simplicifolia* et *Panicum laxum*; ces espèces sont très fréquemment rencontrées mais leur abondance est faible; parmi ces espèces, *Panicum laxum* la seule thérophyte commence à envahir peu à peu la forêt;
- Le groupe des adventices localisées (G_6) est caractérisé par des espèces à fréquence moyenne et à abondance faible; cependant *Pouzolzia guineensis* une nanophanérophyte, *Spigelia anthelmia* et *Rottboellia cochinchinensis* deux thérophytes sont fréquemment rencontrées dans la forêt avec des abondances quelques fois élevées;
- Le groupe des adventices mineures (G_9) rassemble les mauvaises herbes qui ont à la fois des fréquences et des abondances faibles; mais *Croton hirtus*, *Euphorbia heterophylla*, *Mariscus cylindristachyus*, *Ageratum conyzoides*, *Ipomoea mauritiana* et *Talinum triangulare* ont été souvent rencontrées en peuplement abondant dans les champs de caféier.

Discussion

Parmi les familles ayant le plus grand nombre d'espèces, les Poaceae, les Fabaceae et les Euphorbiaceae sont les plus importantes. Elles font partie des familles les plus importantes, représentant les adventices (5, 27).

Les parcelles à l'extérieur de la forêt sont les plus diversifiées. Ce sont des espaces généralement plus ouverts avec une forte présence des nanophanérophytes et des thérophytes, qui constituent les adventices vraies (3).

Sur celles de la forêt, le nombre d'espèces par parcelle est relativement plus faible. Ici, ce sont les mésophanérophytes qui sont plus présentes. Ainsi, ces dernières rencontrées sous forme de rejets de souche sont en train de disparaître dans les parcelles hors de la forêt constamment cultivées. Les espaces cultivés dans la forêt sont occupés par les plantations pérennes (caféier et surtout cacaoyer) qui sont des milieux fermés qui n'offrent pas aux adventices vrais, les conditions favorables de développement par rapport au milieu extérieur beaucoup plus ouvert par la présence des cultures annuelles. Toutefois, le comportement de certaines thérophytes et nanophanérophytes est remarquable: elles se retrouvent à la fois dans les deux milieux en peuplements plus ou moins importants. C'est le cas de *Chromolaena odorata*, une nanophanérophyte qui est une adventice majeure générale dans les parcelles hors de la forêt et une adventice potentielle générale dans la forêt. Dans les 2 milieux, elle est très fréquente mais c'est son abondance qui varie. Elle s'est révélée plus abondante dans les parcelles hors de la forêt que dans la forêt. Dans les parcelles de la forêt, la plupart des cultures pratiquées sont les cultures de cacaoyers qui n'offrent pas assez de lumière à la strate basse. Des travaux d'autres chercheurs ont montré que la lumière et l'humidité agissent sur la dynamique de *Chromolaena odorata* (12, 31). Cette espèce qui est très exigeante en lumière trouve dans les parcelles de la forêt des conditions défavorables à son développement.

Ce qui entraîne son abondance moyenne dans les parcelles cultivées dans la forêt surtout dans les parcelles de cacaoyers.

Chromolaena odorata est reconnue comme une adventice très envahissante dans les parcelles cultivées (13, 34).

Elle est également très abondante dans les jeunes jachères de la zone d'étude où elle occupe plus de 75% de la couverture végétale (26).

C'est une espèce à multiplication sexuée et végétative: elle est capable de se multiplier à partir de ses rameaux (23) et de ses racines (21). Il en est de même pour *Euphorbia heterophylla*, *Croton hirtus* et *Ageratum conyzoides* qui sont des espèces très ubiquistes avec un potentiel d'envahissement important dans les parcelles hors de la forêt. Elles se comportent comme des espèces mineures dans les parcelles de la forêt. Leur abondance élevée dans les parcelles à l'extérieur de la forêt traduit qu'elles trouvent dans ce milieu les conditions favorables à leur développement. La plupart des parcelles cultivées hors de la forêt classées sont des cultures annuelles. Ces cultures ont des structures ouvertes où la lumière solaire arrive facilement au sol. ces espèces étant des héliophiles, leurs semences peuvent germer et donner d'autres plantes.

En plus de l'influence de la lumière, il y a l'effet des pratiques culturales.

En effet, les cultures annuelles demandent, au préalable, un travail du sol qui favorise la levée de nouvelles plantules d'adventices. *Euphorbia heterophylla* est reconnue pour sa très grande capacité de germination (plus de 900 plantules/m² lèvent en début de saison) et sa vitesse de croissance élevée (fleurit et fructifie entre 20 et 40 jours après émergence suivant les saisons) selon les études de Ipou Ipou *et al.* (22).

Ageratum conyzoides est une espèce qui a un fort taux de production de semences (17).

Quant à *Croton hirtus*, sa densité est très élevée dans les jeunes cultures de palmier à huile (30). Dans les champs de canne à sucre et de banane en Guadeloupe (16) et dans les agro-écosystèmes de Malaisie (7), ces 3 adventices font partie des espèces en développement. Néanmoins, ces 3 adventices sont également présentes dans les parcelles de la forêt mais en faible peuplement. Leur présence dans ce milieu est le résultat de l'exploitation de cette forêt à des fins diverses (bois d'œuvres, cultures, etc).

Ces activités créent des zones ouvertes, propices au développement des adventices. il existe donc une occupation de l'espace de l'intérieur de la forêt par les espèces des milieux cultivés environnant. Il y a une présence de plus en plus remarquée de ces adventices herbacées dans ce milieu qui subit encore des agressions. ces plantes très compétitives parfaitement installées hors de la forêt sont en progression constante vers la forêt.

Il y a également *Panicum laxum*, une thérophyte qui est fréquente et abondante dans les parcelles cultivées de la forêt (23).

Parallèlement, les adventices arborescentes notamment les mésophanérophyles sont entrain de disparaître dans les agro-écosystèmes hors de la forêt pour n'être confiné qu'à l'intérieur de celle-ci. Selon les études de Kassi et Decocq (25), l'organisation fonctionnelle et la structure de la forêt tropicale semi-décidue se rétablissent dans un délai de 30 à 40 ans après un épisode cultural. Et cela dépend de la nature et de l'intensité des pratiques agricoles antérieures (11). Ainsi, la création et le maintien des activités humaines dans cette forêt entraîneraient donc une occupation de l'espace par les adventices vraies aux dépens des espèces arborescentes originelles.

Conclusion

L'étude de la dynamique des mauvaises herbes autour et dans la forêt classée de Sanaimbo a permis de mettre en évidence l'impact des activités humaines sur la flore originelle de ce milieu forestier. L'implantation de parcelles agricoles favorise la présence, le maintien et la progression des mauvaises herbes particulièrement celles qui sont adaptées aux milieux cultivés en l'occurrence les thérophytes et les nanophanérophites.

Il serait donc souhaitable pour une gestion durable de cet espace forestier d'éviter de faire des trouées dans la forêt par l'exploitation du bois et par la création de parcelles de cultures, et encourager la pratique de l'agrisylviculture.

Les autorités en charge de la protection des forêts doivent également renforcer les moyens de protection, impliquer les communautés locales dans l'aménagement de cet espace et sensibiliser ces populations sur les dangers des perturbations des écosystèmes.

Remerciements

Nous tenons à remercier tous les agriculteurs riverains de la forêt classée de Sanaimbo pour nous avoir permis d'accéder à leurs parcelles cultivées.

Références bibliographiques

1. Aké Assi L., 2001, *Flore de la Côte d'Ivoire: catalogue systématique, biogéographie et écologie. Volume 1*: pp 33-43; 69-108; 112- 125; 135; 138-151; 163-175; 188-192; 199-205; 210; 213; 217; 222-246; 263; 286-339; 360-364; 382; 386-394. Mémoire de Botanique systématique. Conservatoire et Jardin Botanique de Genève; Boisseria 57, 396 p.
2. Aké Assi L., 2002, *Flore de la Côte d'Ivoire: catalogue systématique, biogéographie et écologie. Volume 2*: pp 14-15; 18; 27; 31; 37- 38; 43; 46; 51; 55; 64-106; 110; 117-122; 129; 143-144; 149-151; 159-162; 164-167; 169- 172; 176; 179-185; 193; 196; 203; 208- 213; 217-228; 236-237; 249; 252-254; 286- 310; 317; 324; 329. Mémoire de Botanique systématique. Conservatoire et Jardin Botanique de Genève, Boisseria 58, 441 p.
3. Aman Kadio G., 1980, *Effets conjugués du déboisement et de la lumière solaire sur la germination des semences contenues dans les sols sous forêts: premiers résultats expérimentaux*. Comptes rendus du 6^{ème} colloque international sur l'écologie, la biologie et la systématique des mauvaises herbes. Montpellier, France pp 35-46.
4. Aman Kadio G. & Ipou Ipou J., 2003, Importance relative d'*Euphorbia heterophylla* L. (Euphorbiaceae) dans la végétation adventice des cultures cotonnières de la région du Worodougou, au Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire, *Bioterre*, **3**, 7-21.
5. Aman Kadio G., Ipou Ipou J. & Touré Y., 2004, La flore des adventices des cultures cotonnières de la région du Worodougou, au Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Agron. Afr.*, **16**, 1, 1-14.
6. Ayichedehou M., 2000, *Phytosociologie, Ecologie et Biodiversité des phytocénoses culturales et posculturales du sud et du centre Benin*, Thèse de Doctorat en Sciences, Faculté des sciences, Université libre de Bruxelles, Belgique. 282 p.
7. Bakar B.H., 2004? Invasive weed species in Malaysian agro-ecosystems: species, impacts and management, *Malaysian J. Sci.*, **23**, 1-42.
8. Bonnéhin L., 2004, *Les aspects socioéconomiques de la gestion des forêts tropicales secondaires en Afrique francophone*. In *Actes atelier régional FAO//UICN sur la gestion des forêts tropicales secondaires en Afrique francophone: réalité et perspectives*. Archives de documents de la FAO, Départements des forêts. Douala, (Cameroun). 23 p.
9. Chicouène D., 1999, Evaluation du peuplement de mauvaises herbes en végétation dans une parcelle: I -Aperçu des méthodes utilisables, *Phytoma-Défense des cultures*, **522**, 22 – 24.
10. Chicouène D., 2000, Evaluation du peuplement de mauvaises herbes en végétation dans une parcelle: II-Protocoles rapides pour un usage courant, *Phytoma-Défense des cultures*, **524**, 18 – 23.

11. Chinea J.D., 2002, Tropical forest succession on abandoned farms in the Humacao Municipality of eastern Puerto Rico, *Forest Ecol. Manage.*, **167**, 195-207.
12. De Foresta H. & Sshwartz D., 1991, *Chromolaena odorata and disturbance of natural succession after shifting cultivation: An example from Mayombe, Congo, Central Africa*. In: Muniappan R. & Ferrar P. (Eds), *Ecol. Manage. of Chromolaena odorata*. BIOTROP Special Publication 44: pp 23-41.
13. De Foresta H., 1995, *Systèmes de culture, adventices envahissantes et fertilité du milieu: le cas de Chromolaena odorata*. In *fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides*. Fonds documentaire ORSTOM, thème II: Système de culture et objectifs paysans, le rôle de la jachère. CIRAD Actes du séminaire 13 – 17 novembre 1995, Montpellier, France, pp. 236-244.
14. Daget P. & Poissonet J., 1969? *Analyse phytosociologique des prairies. Application agronomique*. Docum. N°48 CNRS – CEPE; 67p.
15. FAO, 2006, *Evaluation des ressources forestières mondiales 2005*. Rapport principal. Progrès vers la gestion forestière durable, pp 1-10 Etude FAO: forêts n° 147, Rome (Italie).
16. Fournet J., 1993, Caractérisation phytoécologique des peuplements de mauvaises herbes des champs de canne à sucre et des bananeraies de la Basse Terre (Guadeloupe), *Weed Res.*, **33**, 383-395.
17. Garcia M.A., 1995, Relationships between weed community and soil seed bank in a tropical agroecosystems, *Agric. Ecosyst. Environ.*, **55** 2, 139-146.
18. Gnongbo T.Y., 2003, *Mise en valeur agricole et évolution du milieu naturel dans la zone forestière du Littoral (Togo)*. Les Cahiers d'Outre-Mer, **224**, 443-460. URL: <http://com.revues.org/index752.html>. Consulté le 14 juin 2010.
19. Gomgnimbou A.P.K., Savadogo P.W., Nianogo A.J. & Millogo-Rasolodimby J., 2010? *Pratiques agricoles et perceptions paysannes des impacts environnementaux de la coton culture dans la province de la Kompienga (Burkina Faso)*, *Sci. Nat.*, **7**, 2, 165-175.
20. Hoffman G., 1986, *Caractérisation de la flore adventice de deux villages du terroir de Katiola (Côte d'Ivoire)*. IRAT/CIRAD, DSP/86/n°34, Montpellier, 54 p.
21. Holou R.A. Y. & Sinsin B., 2001, *Chromolaena odorata: une plante de couverture qui menace les pâturages en zone guinéenne au Bénin*. Bulletin du CIEPCA-n°7: 2-3 Avril 2001.
22. Ipou Ipou J., Marnotte P., Aman Kadio G. & Touré Y., 2004, Influence de quelques facteurs environnementaux sur la germination d'*Euphorbia heterophylla* L. (Euphorbiaceae), *Tropicultura*, **22**, 4, 176-179.
23. Johnson D.E., 1997, *Les adventices en riziculture en Afrique de l'Ouest*. ADRAO, 1997, pp. 12; 50-51; 180-181, Imprint Design. United Kingdom. 312 p.
24. Kassi N'.J. & Decocq G., 2007, Succession secondaire post-culturelle en système forestier tropical semi- décidu de Côte d'Ivoire: Approche phytosociologique intégrée et systémique, *Phytocoenol.*, **37**, 2, 175-219.
25. Kassi N'.J. & Decocq G., 2008, Spatio-temporel patterns of plant species and community diversity in a semi-deciduous tropical forest under shifting cultivation, *J. Veg. Sci.*, **9**, 6, 809-820.
26. Kassi N'.J., Aké-Assi E. & Tiébré M.S., 2010, Biodiversité végétale et vitesse de la régénération de la forêt classée de Sanaimbo (Côte d'Ivoire), *Sci. Nat.*, **7**, 2, 195-206.
27. Le Bourgeois T., 1993, *Les mauvaises herbes dans la rotation cotonnière au Nord-Cameroun (Afrique): Amplitude d'habitat-degré d'infestation-Phénologie*, pp 9-36; 63-141. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II Sciences et Techniques du Languedoc; (France) 249 p.

28. Lebreton G. & Le Bourgeois T., 2005, *Analyse comparée de la flore adventice en culture d'ananas et de canne à sucre à la Réunion*, 15 p. Rapport CIRAD, France.
<http://www.prpv.org/index.php/fr/content/download/158/12827file/Le%20rapport%20ananas.pdf> (consulté le 19 avril 2012).
29. Raymond G., Tchilgue Y. & Beliazi K., 1990? *Enquête suivi-évaluation 1989-90: 30 villages, zone soudanienne, Sud-Tchad*. ONDR-IRCT, 36 p.
30. Rosli B.M., Wibawa W., Mohayidin M.G., Puteh A.B., Juraimi A.S., Awang Y. & Lassim M.B.M., 2010, Management of mixed weeds in young oil-palm plantation with selected broad-spectrum herbicides, *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.*, **33**, 2, 193-203.
31. Slaats J.J.P., Van Der Heiden W.M., Stockmann C. M., Wessel M. & Janssen B.H., 1996, Growth of the *Chromolaena odorata* fallow vegetation in semi-permanent food crop production systems in South- West Côte d'Ivoire, *Neth. J. Agric. Sci.*, **44**, 179-192.
32. Touré A., Ipou Ipou J., Adou Yao C.Y., Boraud M. K.N. & N'guessan K.E., 2008, Diversité floristique et degré d'infestation des mauvaises herbes des agroécosystèmes environnant la forêt classée de Sanaimbo, dans le centre-est de la Côte d'Ivoire, *Agron. Afr.*, **20**, 1, 1-22.
33. Touré A., 2009, *Dynamique d'infestation de la forêt classée de Sanaimbo (Sous-préfecture de Tiémélékro) par les adventices des agro-écosystèmes environnants* pp. 2-7; 51-64; 71 96; 110-115; Thèse de l'Université de Cocody Abidjan, UFR Biosciences; 185 pp.
34. Traoré K. & Mangara A., 2009, Etude phyto-écologique des adventices dans les agro-écosystèmes élœicoles de la Mé et de Dabou, *Eur. J. Sci. Res.*, **31**, 4, 519-533.

A. Touré, Ivoirienne, PhD, Enseignant-Chercheur, Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire de Botanique, Abidjan, Côte d'Ivoire.

L.M.D. Adou, Ivoirienne, PhD, Enseignant-Chercheur, Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire de Botanique, Abidjan, Côte d'Ivoire.

F.K. Kouamé, Ivoirien, PhD, Chercheur, Centre National de Floristique, Abidjan, Côte d'Ivoire.

J. Ipou Ipou, Ivoirien, PhD, Enseignant-Chercheur, Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire de Botanique, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Prévalence parasitaire et efficacité de trois traitements sur la croissance des mâchoirons *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacépède 1803) élevés en étangs dans le sud de la Côte d'Ivoire

K. Affourmou¹, C.S.K. Nobah^{2*} & Y.L. Alla³

Keywords: *Chrysichthys nigrodigitatus*- Parasitic prevalence- Husbandry- Ivory Coast

Résumé

La prévalence parasitaire a été étudiée en élevage en fonction de trois antiparasitaires que sont la chaux, l'association Ovaldine-Slice® et la combinaison Pesticide-S®-Pyceze®. Cinq espèces de parasites ont été identifiées lors de cette étude. Deux monogènes, à savoir Protoancylodiscoides chrysichthes Paperna, 1969 et Protoancylodiscoides sinonchium Paperna, 1969, trois parasites intestinaux dont une microsporidie, Pleistophora sp., et deux trématodes: Nephrocephalus sessilis Odhner, 1902 et Siphodera ghanensis Fischthal & Thomas, 1968. Les prévalences les plus élevées sont enregistrées lors de l'élevage sans traitement antiparasitaire. Elles sont de 45,11% pour P. chrysichthes; 1,1% avec N. sessilis, 1,15% chez Pleistophora sp. et 1,21% avec S. ghanensis. Ces milieux non traités sont caractérisés par les plus faibles taux de croissance et de survie des poissons qui s'élèvent respectivement à 0,76 g/j et 70%. Les élevages traités par l'association Ovaldine-Slice® permettent d'observer les plus basses prévalences parasitaires et les meilleures performances zootechniques: le poids moyen final, la longueur moyenne finale, le taux de survie, la croissance journalière et le taux spécifique de croissance sont les plus élevés (respectivement 377,7 mm; 497,9 g; 81%; 0,94 g/j et 2,5 %/j); et le facteur de condition est le plus bas (1,30).

Summary

Parasitic Prevalence and Efficacy of Three Treatments on the Growth of Cat Fish *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacépède 1803) Reared in Fish Ponds in the South of Ivory Coast

The parasitic prevalence and the efficacy of three anti-parasitic treatments were evaluated in fish ponds. The tested products were lime, Ovaldine-Slice® and the combination of Pesticide-S®-Pyceze®. Five parasite species were identified during the study. Two monogenes, namely Protoancylodiscoides chrysichthes Paperna, 1969 and Protoancylodiscoides sinonchium Paperna, 1969. Three intestinal parasites including a microsporidie, Pleistophora sp., and two trematodes (Nephrocephalus sessilis Odhner, 1902 and Siphodera ghanensis Fischthal & Thomas, 1968) were found. The highest observed prevalences were found in the treatment without pest control. The observed prevalences were 45.11%, 1.1%, 1.15% and, 1.21% respectively for P. chrysichthes, N. sessilis, Pleistophora sp. and S. ghanensis. The ponds that did not receive a pesticide are characterized by the lowest growth rate (0.76 g/j) and survival rate (70%). Ments, the lowest parasitic prevalence and the best zootechnical performances were observed for the combination of Ovaldine-Slice®: final average weight of 497.98 g and, final average length of 377.7 mm. The survival rate (81%), the daily growth (0.94 g/d) and the specific growth rate (2.5 %/d) were the highest while the condition factor was the lowest (1.30) compared to other treatments.

¹Université de Perpignan, Unité de pathologie aquacole, Laboratoire Central Vétérinaire de Bingerville; Bingerville, Côte d'Ivoire

²Université de Cocody, Ecole Normale Supérieure, Abidjan, Côte d'Ivoire.

³Université de Cocody, Centre de Recherche Océanologique, Abidjan, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant: Email: ncskoco@yahoo.fr

Reçu le 20.11.15 et accepté pour publication le 12.04.16

Introduction

Au fil des années, la disponibilité en ressources halieutiques des eaux douces et saumâtres baisse considérablement au même titre que les espaces fonciers. Dans ces conditions, le développement de la pisciculture comme politique de diversification des produits agricoles est un moyen efficace pour pallier au déficit alimentaire et générer des revenus. Selon Brown et Jameton (3), la pisciculture est reconnue comme étant un moyen fiable d'augmenter la production nationale de poissons. Ainsi, les poissons chat du genre *Chrysichthys* (Claroteidae) présents dans les eaux douces et saumâtres ivoiriennes, très prisés par les populations ont fait l'objet de plusieurs travaux (24,1). Il en résulte de ces recherches le choix de *C. nigrodigitatus* comme l'espèce zootechniquement performante, pouvant révolutionner l'aquaculture du machoiron. Koc *et al.* (15) rapportent que la production de *C. nigrodigitatus* en Côte d'Ivoire a connu une hausse considérable de 1981 à 1995 atteignant 300 tonnes/an, pour une valeur marchande de 684 932 €. Cependant depuis 2000, ce taux a fortement chuté passant à environ 20 tonnes. Cette baisse est liée au fait que l'espèce connaît de nombreuses difficultés dont le temps élevé mis pour l'obtention de poissons commercialisables de 350 à 400 g, augmentant le coût de la production (15). Aussi l'exposition des mâchoirons à certains agents pathogènes constitue-t-elle un frein à leur production massive.

C'est le cas de certains parasites qui s'enkystent sur les branchies, diminuant la capacité respiratoire des poissons (11, 18). Ceux-ci peuvent provoquer plusieurs types de dommages sur les ovaires et contribuer à une augmentation incontrôlée du taux de mortalité (5, 23, 31). Au vu de ces problèmes, il est important de savoir quels sont les parasites auxquels sont exposés *C. nigrodigitatus* en captivité et quel est l'antiparasitaire approprié à leur élevage. Pour répondre à cette problématique, la présente étude se propose d'inventorier dans un premier temps les parasites de *C. nigrodigitatus* et ensuite de tester l'effet de trois antiparasitaires sur la prévalence et les paramètres de croissance de cette espèce dans un système de pisciculture en étang.

Matériel et méthodes

Conduite de l'élevage

Les élevages de *Chrysichthys nigrodigitatus* ont lieu à Jacqueville, situé dans le sud de la Côte d'Ivoire (5°12' 22"N, 35°24'44"E). Les géniteurs mâle et femelle proviennent du stock de mâchoirons du Centre de Recherches Océanologiques d'Abidjan (CRO).

Afin de booster la reproduction, ils sont enfermés pendant 5 jours dans un tube PVC avant d'être transférés dans une cuve circulaire pour la ponte. Les œufs obtenus sont incubés par la méthode de Nilsson (24). Les larves issues de l'éclosion sont transférées dans des bacs circulaires de 500 l, à une densité de 4 larves/l pour subir la phase larvaire qui dure 45 jours. Celles-ci sont nourries à un aliment farineux titrant 45% de protéine brute, constitué de cervelle de bœuf associée au jaune d'œuf et à l'Alvityl, un complément vitaminique. À l'issue de cette phase, des larves de poids moyen 0,13 g et de longueur totale moyenne 26 mm sont obtenues. Il s'en suit l'étape de l'alevinage au cours de laquelle les juvéniles sont stockés à la densité de 1 individu/l et nourris avec un aliment émietté titrant 45% de protéine. Cette phase permet d'obtenir des poissons de poids moyen de 0,43 g pour une longueur totale de 48,5 mm.

Lors du prégrossissement, qui dure trois mois, les *C. nigrodigitatus* sont transférés dans des bassins en béton à une densité de 25 poissons/m³ et nourris avec des granulés de 2 mm titrant 40% de protéine brute à la ration maximale de 7,5%/j. À la fin de cette phase, des fingerlings de 18 g mesurant 128 mm sont obtenus. Les tests faisant l'objet de la présente étude s'effectuent au cours de l'étape suivante qui est le grossissement.

Cette étape est très importante en ce sens qu'elle consiste à amener les juvéniles à une taille marchande d'environ 400 g. Les poissons mis en charge à une densité de 10 individus/m³, sont nourris avec des granulés de 4,5 mm à 9 mm de diamètre titrant 35% de protéine brute, avec une ration alimentaire de 3%. Le nourrissage manuel des poissons a lieu deux fois par jour à 9h00 et à 15h00 et tous les jours de la semaine.

Traitements

Les trois premiers lots de poisson subissent chacun des traitements antiparasitaires composés respectivement de la chaux, de l'association du Parasiticide-S® et du Pyceze® et de la combinaison de l'Ovaldine® et du Slice.

Le quatrième lot témoin n'a reçu aucun traitement. Les élevages nécessitent l'utilisation de huit étangs parce qu'ils sont répliqués une fois. Pour ce qui est de la chaux hydratée, 1120 kg/ha sont appliqués sur toute la surface intérieure des étangs vides mais encore humides (4, 27). Un premier remplissage des bassins est effectué deux jours après ce traitement pour le rendre efficace. L'eau devenue laiteuse est maintenue pendant 15 jours avant que l'étang ne soit progressivement vidé (14). Après dix jours de repos, celui-ci est rempli à nouveau et approvisionné en poissons (27).

Les poissons subissant le second traitement séjournent pendant 30 mn dans un bain constitué de 15 mg de Parasiticide-S® par litre d'eau et 1 ml de Pyceze® par 25 litres d'eau avant la mise en étang. Cette action est répétée pendant 14 jours (30). Lors du troisième traitement antiparasitaire associant l'Ovaldine® au Slice, les poissons subissent des bains transitoires d'une durée de 6 semaines à raison de 10 ml de produit par litre d'eau (19).

Echantillonnage

Chaque deux mois, 40 poissons sont prélevés de façon aléatoire. A partir du 9^e mois, les prélèvements sont trimestriels. Les poissons capturés sont mesurés, pesés puis disséqués afin d'isoler les organes tels que les branchies, le tube digestif, les reins, le foie, les gonades et d'y rechercher des parasites. Ainsi les Microsporidies sont isolés par la technique de Weber, les vers intestinaux par l'observation directe et les Monogènes sont identifiés au microscope optique selon la méthode de Powe (26).

Paramètres physicochimiques

La température de l'eau, l'oxygène dissous, la salinité, la conductivité et le pH sont mesurés deux fois tous les trois jours à 7h00 et 16h00 avec respectivement un thermomètre, un oxymètre (Weilheim WTW oxy 330) et un pH-mètre (Weilheim WTW pH 330).

Paramètres de croissance

Les paramètres de croissance suivants sont calculés:

(a) La croissance journalière moyenne (C_j)

$$C_j = (P_f - P_i) / d$$

(b) Le taux de croissance spécifique (TCS)

$$TCS = 100 \times [(\ln(P_f) - \ln(P_i)) / j]$$

où P_f = poids moyen final (g),

P_i = Poids moyen initial (g),

d = durée de l'élevage en jours et $\ln$ = logarithme népérien;

(c) Le taux de survie (TS)

$$TS = 100 N_f / (N_i - N_f),$$

où N_i = nombre initial de poissons, N_f = nombre final de poisson;

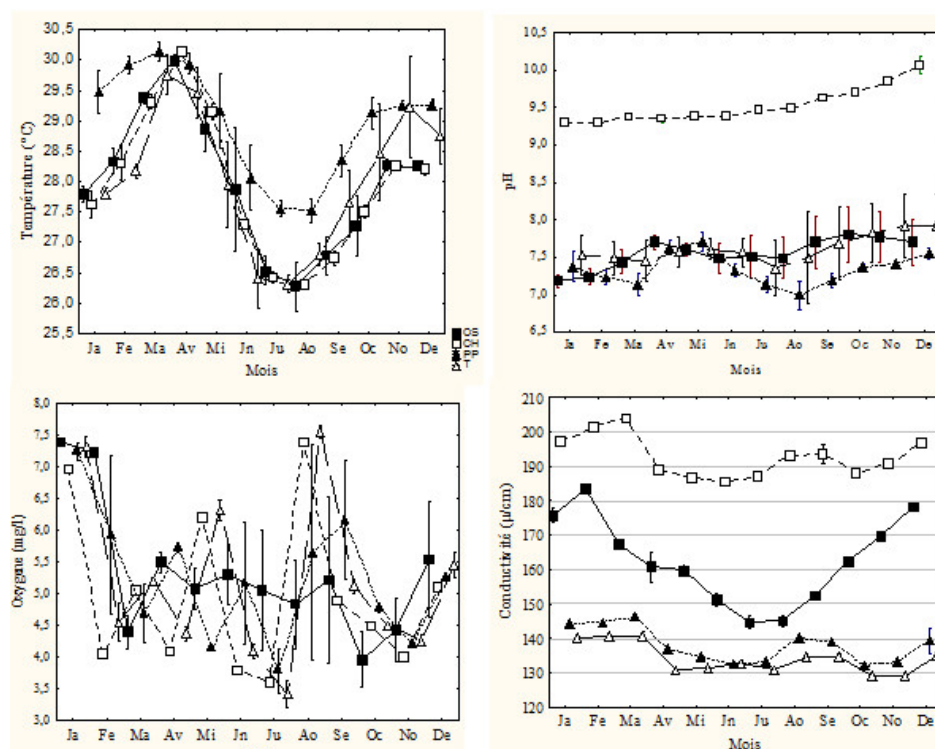
(d) Le facteur de condition (k)

$$k = (100 \times P) / L^b$$

où L = Longueur (mm), P = poids (g), l'exposant b varie entre 2,5 et 4 (16).

Il exprime les variations relatives de la densité et de la forme du corps du poisson au cours de sa vie.

Toutes les analyses statistiques sont effectuées en utilisant le logiciel Statistica 7.0. L'analyse de variance (ANOVA) à sens unique avec le test LSD de comparaison *post hoc* sert à comparer les paramètres physico-chimiques entre les étangs. Le test HSD de Tukey est utilisé pour observer des différences significatives entre les paramètres de croissance lors des différents traitements. Le test de χ^2 compare les taux de survie et les prévalences parasitaires en fonction des classes de taille des poissons.



OS: Ovaldine®/Slice, PP: Parasiticide-S®/Pyceze®, CH: Chaux et T: Témoin.

Figure 1: Variation de la température, du taux d'oxygène dissout, du pH et de la conductivité en fonction du temps et des différents traitements.

Résultats

Quel que soit le traitement, les températures les plus élevées sont enregistrées en mars et sont respectivement de 30,2 °C; 30,1 °C; 30 °C et 29,7 °C pour l'association Parasiticide-S®-Pyceze® (PP), la chaux (CH), la combinaison Ovaldine®-Slice (OS) et le témoin (T) (Figure 1). Les plus faibles valeurs sont observées en juillet et sont respectivement de 27,5 °C; 26,7 °C; 26,7 °C et 26,6 °C pour les traitements PP, CH, OS et T.

Les températures enregistrées au cours du traitement PP sont les plus élevées tout au long de l'expérience. Cependant aucune différence significative de température n'est observée entre les différents étangs ($p=0,06$). Le pH le plus élevé est enregistré avec le traitement CH. Les valeurs se situent entre 9,3 et 9,6 de janvier à octobre. Le pH des autres traitements avoisine la neutralité. Les valeurs de pH de l'étang traité à la chaux (CH) sont significativement différentes de celles des autres traitements ($p=0,001$).

Quant au taux d'oxygène dissout, il présente plusieurs fluctuations tout au long de l'expérience. Les valeurs les plus faibles sont enregistrées en juillet et sont de 3,4 mg/l pour le témoin; 3,6 mg/l avec le traitement CH et 3,7 mg/l pour PP. Des valeurs basses sont également observées en octobre avec 4 mg/l pour le traitement OS. A ce niveau, aucune différence significative n'a été observée entre les taux d'oxygène dissout des différents étangs ($p=0,3$) traités ou non. La conductivité de l'étang traité à la chaux (CH) est la plus élevée et se situe entre 186 µS/cm et 204 µS/cm. Les valeurs les plus faibles sont observées dans les élevages témoins et le traitement PP. Elles sont respectivement de 130 µS/cm en avril et en juin et 132 µS/cm en juin et en octobre. La conductivité du traitement OS est restée intermédiaire entre celles des traitements CH et T ou PP.

La conductivité de l'étang traité à la chaux (CH) diffère significativement ($p=0,001$) de celle des autres étangs traités ou non.

Tableau 1

Paramètres de croissance de *Chrysichthys nigrodigitatus* en fonction des traitements antiparasitaires après 18 mois d'élevage.

Traitement	Pi (g)	Pf (g)	Li (mm)	Lf (mm)	TS (%)	Cj (g/j)	Gp (%/j)	k
OS	21,09 ^a	497,98	13,1	377,72	81%	0,94	2,53	1,30±
	±0,09	±0,34 ^c	±0,08	±1,5 ^c	±0,6 ^b	±0,61 ^c	±2,61 ^a	0,40 ^b
CH	21,09 ^a	488,05	13,1	373,71	79%	0,90	2,47	1,35
	±0,07	±0,43 ^b	±0,11	±1,1 ^b	±1,8 ^b	±0,61 ^b	±2,56 ^a	±0,39 ^b
PP	21,09 ^a	482,70	13,1	371,73	77%	0,877	2,39	1,37
	±0,04	±0,41 ^b	±0,17	±1,5 ^b	±1,5 ^b	±0,6 ^b	±2,48 ^a	±0,41 ^b
T	21,09 ^a	395,29	13,1	349	70%	0,76	2,26	2,62
	±0,07	±0,43 ^a	±0,09	±0,40 ^a	±2,3 ^a	±0,64 ^a	±2,49 ^a	±1,09 ^a

P_i: Poids moyen initial, P_f: Poids moyen final, L_i: Longueur moyenne initiale, L_f: Longueur moyenne finale, T_s: Taux de survie, C_j: Croissance journalière, G_p= taux spécifique de croissance, k: Facteur de condition, OS: Ovaldine®-Slice®, PP: Parasiticide-S®-Pyceze®, CH: Chaux, T: témoin. Les valeurs de la même colonne ayant des lettres différentes sont significativement différentes (P < 0.05).

Tableau 2

Prévalence parasitaire (%) des Monogènes en fonction des classes de tailles et des traitements.

Classe de taille des poissons (mm)	Monogènes	Prévalence parasitaire (%)			
		Témoin	OS	CH	PP
		n=280	n=280	n=280	n=280
[13,10-100[	Pc	42,1	1,46	9,34	9,07
	Ps	6,24	0,1	0,4	1,02
[100-300[	Pc	45,11	3,26	12,32	11,02
	Ps	8,2	1,1	1,07	2,01
[300-400[	Pc	34,13	0,36	6,32	5,01
	Ps	4,42	0,09	0,3	0,42

Pc: *Protoanclodiscoides chrysichthes*; Ps: *Protoanclodiscoides sinonchium*; OS: Ovaldine®-Slice®; PP: Parasiticide-S®-Pyrène®; CH: chaux; n: effectifs des poissons.

Tableau 3

Prévalence parasitaires (%) des vers intestinaux en fonction des classes de tailles et des traitements.

Classe de taille des poissons (mm)	Vers Intestinaux	Prévalence parasitaire (%)			
		Témoin	OS	CH	PP
		n=280	n=280	n=280	n=280
[13,10-100[	Ns	0,1	0	0,01	0,01
	Sg	0,1	0	0,06	0,05
	P sp	0,16	0,03	0,09	0,08
[100-300[	Ns	1,1	0	1,01	1,03
	Sg	1,21	0	1,16	1,15
	P sp	1,15	1,13	1,01	1,18
[300-400[	Ns	0,6	0	0,51	0,6
	Sg	0,2	0	0,12	0,11
	P sp	0,09	0,01	0,04	0,03

Ns: *Nephrocephalus sessilis*; Sg: *Siphodera ghanensis*; P sp: *Pleistophora* sp; OS: Ovaldine®-Slice®; PP: Parasiticide-S®-Pyrène®; CH: chaux; n: nombre de poisson examinés par étang.

Lors du traitement Ovaldine/Slice (OS), le poids moyen final, la longueur moyenne finale, le taux de survie et le taux spécifique de croissance sont les plus élevés et sont respectivement de 497,98 g $\pm$ 0,34; 377,72 mm $\pm$ 1,5; 81%; 0,94g/j $\pm$ 0,61 et 2,53%/j $\pm$ 2,61 (Tableau 1). En outre, le facteur de condition est le plus bas (1,3 $\pm$ 0,4). Les plus faibles performances sont notées dans les élevages témoins. Le poids moyen final est de 395,29 g avec une longueur moyenne finale de 349 mm, un taux de survie de 70%, un gain de poids journalier de 0,76 g/j, un taux spécifique de croissance de 2,2 6 %/j et un coefficient de condition de 2,62. Les valeurs des paramètres de croissance des poissons traités à la chaux sont supérieures à celles du traitement PP.

Le poids moyen final, la longueur moyenne finale, le taux de survie, le taux spécifique de croissance et le facteur de condition sont respectivement de 488,05 g; 373,71 mm; 79%; 0,9 g/j; 2,47%/j et de 1,35. Le test de Tukey montre une différence significative entre le poids moyen final des poissons traités par OS et ceux traités par PP et CH (p=0,03). Cependant, aucune différence n'existe entre les poissons traités au CH et PP (respectivement p=0,002; p=0,5).

En revanche, le poids moyen final des poissons traités diffère significativement (p=0,001) de celui du témoin.

Il ressort de l'analyse qualitative, l'identification de 5 espèces de parasites. Il s'agit de deux Monogènes des branchies des poissons, *Protoanclodiscoïdes chrysichthes* (Pc) et *Protoanclodiscoïdes sinonchium* (Ps) et de trois vers intestinaux à savoir *Nephrocephalus sessilis* (Ns), *Siphodera ghanensis* Psp spécifique du gros intestin et *Pleistophora* sp caractéristique du petit intestin.

Le tableau 2 montre que quel que soit le traitement et la taille des poissons la valeur de prévalence parasitaire de *P. chrysichthes* est supérieure à celle de *P. sinonchium*. Aussi, quel que soit le parasite et la taille du poisson, la prévalence parasitaire est nettement plus élevée chez les témoins que chez les poissons traités (Pc: de 34,13% à 45,11% et Ps: de 4,42% à 8,2% chez les témoins).

Selon le test de Chi² effectué, les poissons non traités sont statistiquement plus parasités par *P. chrysichthes* ou *P. sinonchium* que les poissons traités de même taille (χ^2 test, $\chi_1^2=90,64$; $\chi_2^2=88,32$; $\chi_3^2=80,61$, ddl=3, p=0,01).

La prévalence de Pc enregistrée lors des traitements CH et PP est statistiquement supérieure à celle de OS quelle que soit la taille (χ^2 test, $\chi_1^2=95,64$; $\chi_2^2=81,32$; $\chi_3^2=0,61$; ddl=3, p=0,02).

Quel que soit la taille et le parasite, les prévalences parasitaires les plus faibles sont observées dans les élevages OS (Pc: 1,46%; 3,26% et 0,36%; Ps: 0,1%; 1,1% et 0,09% pour des tailles respectives de [13,10–100 mm[; [100–300 mm[et [300–400 mm[).

Concernant la prévalence parasitaire des vers intestinaux, le tableau 3 montre que les taux enregistrés lors des élevages témoins sont les plus élevées mais demeurent très bas puisqu'ils se situent entre 0,09% et 1,21%. Dans les élevages OS, les prévalences sont de 0% lorsque les poissons ont une taille comprise entre 13,10 mm et 300 mm LS, pour les parasites Ns et Sg.

Selon le test de χ^2 , quel que soit le parasite, il n'existe aucune différence significative entre les prévalences des poissons traités ou non.

(χ^2 test *N. sessilis* : $\chi_1^2=0,26$; $\chi_2^2=1,11$; $\chi_3^2=0,61$, ddl=3, p=0,4 ns),

(χ^2 test *S. ghanensis*: $\chi_1^2=0,14$; $\chi_2^2=1,22$; $\chi_3^2=0,27$, ddl= 3, p= 0,2 ns) et

(χ^2 test *Pleistophora* sp, $\chi_1^2=0,18$; $\chi_2^2=0,02$; $\chi_3^2=0,14$, ddl= 3, p= 0,3 ns).

Discussion

Les valeurs des paramètres physico-chimiques enregistrées se situent dans l'intervalle requis pour l'élevage des tilapias (21).

Les deux espèces de Monogènes, *Protoanclodiscoïdes chrysichthes* et *Protoanclodiscoïdes sinonchium* isolées dans ce présent travail sont connues pour infester *Chrysichthys nigrodigitatus*. En effet, la première a été isolée chez le mâchoiron par Mitlin (22) et Chavarria (5). Quand à Louviere *et al.* (20), il a signalé leur présence dans la rivière Bia en Côte d'Ivoire. Dans les étangs de Jacqueville, les prévalences de *P. chrysichthes* et de *S. ghanensis* les plus élevées (respectivement 45,11% et 1,21%) sont nettement supérieures aux plus grand taux (respectivement 79,7% et 4%) enregistrés par Mitlin (22) chez des *C. nigrodigitatus* de même taille. Il ressort de la présente étude que les vers intestinaux parasiteraient très peu ce machoiron contrairement aux monogènes.

Chez ce poisson, ces auteurs signalent une diversité spécifique de parasites colonisant plusieurs organes. En plus de ceux inventoriés dans les étangs de Jacqueville dans le cadre de ce travail, il observe des protozoaires *Henneguna chrysichthysi* (37%) et *Tricodina* sp, des crustacés *Ergasilus latus* (31,3%) sur les branchies, un Trématode *Aspidogastrea africanus* (0,1%) dans les intestins.

En outre, en milieu naturel Bellefontaine *et al.* (2) ont isolé de l'intestin de *C. nigrodigitatus* de taille inférieure à 250 mm, des cestodes (*Proteocephalis* sp), des trématodes (*Aspidogastrea africanus*) et un nématode (*Paracamallanus cyathopharynx*).

De même, INEI (12) et; Chen S. et Ravallion (6) ont isolé *Myxobolus bouixi* (Myxospores) des branchies de *C. nigrodigitatus* au Cameroun. Ces différences quantitatives et qualitatives par rapport à cette étude s'expliquent d'une part par le fait qu'en élevage, l'alimentation est contrôlée, car en plus de la disponibilité de la nourriture naturelle présente dans l'eau, l'apport de l'aliment artificiel constitue très souvent un complément alimentaire leur permettant d'avoir un meilleur état physiologique, renforçant ainsi leur système immunitaire. D'autre part, la vulnérabilité des poissons peut être fonction de la taille (2).

Au-delà de 250 mm de longueur totale, ces auteurs n'observent aucun parasite. Les poissons de la présente étude sont davantage parasités lorsqu'ils mesurent entre 100 mm et 299 mm.

Les mêmes observations sont faites chez *Sarotherodon melanotheron* par Colton et Covert (7).

L'effet pathogène est rarement causé par un seul parasite. C'est pourquoi le nombre d'espèces infestant *Chrysichthys nigrodigitatus* dans les élevages de Jacqueville n'est pas sans conséquence. Dans les conditions d'élevage où la densité des poissons est souvent élevée, l'infestation par plusieurs espèces pourrait booster le caractère infectieux des parasites et provoquer des épizooties entraînant une morbidité et une mortalité importante (23, 32).

Après 12 mois de grossissement, les meilleures croissances journalières, coefficients de condition et taux spécifiques de croissance sont enregistrés dans l'élevage subissant le traitement OS et une différence de plus de 100 g est observée entre le poids moyen final des poissons de ce groupe et celui du témoin. En outre, quelle que soit la taille et le parasite, les indices épidémiologiques sont les plus faibles avec l'association OS. Ce traitement semble avoir un double avantage, celui de réduire la prévalence parasitaire et d'améliorer les performances zootechniques.

Le fonctionnement, le principe actif et le spectre d'action des antiparasitaires utilisés peuvent justifier ces observations. En effet, l'Ovaldine® est un désinfectant à large spectre d'action dont le principal agent bactéricide est l'iode élémentaire agissant par oxydation (12, 29).

Cet élément chimique agit contre les virus, les bactéries, les champignons et les moisissures. Le Slice® est un parasiticide dont le principe actif est le benzoate d'émamectine de la classe des avermectines utilisées à grandes échelles pour combattre les ectoparasites et les endoparasites (10, 17). Cette association contribue à faire chuter la prévalence des monogènes et annuler celle des vers intestinaux. Tacoli *et al.* (32) signalent que le poids des hôtes abritant moins de quatre espèces parasites augmente en fonction de la longueur

standard contrairement à celui des poissons infestés par plus de 3 espèces. Le traitement à la chaux induit de meilleures performances de croissances que l'association PP, alors qu'en terme d'efficacité antiparasitaire, ce dernier présente des prévalences plus faibles que celles du premier. La chaux a l'avantage d'élever le pH, d'activer les réserves alcalines de l'eau d'élevage et de précipiter la matière organique putrescible créant un environnement inhospitalier pour les parasites et les insecte, sans intoxiquer le poisson. Ces propriétés permettent une plus grande disponibilité en éléments nutritifs émanant de l'accroissement de la productivité primaire des étangs et contribuent à augmenter le rendement (9). Dans l'association PP, le parasite-s® est à la fois un antifongique et un parasiticide ayant pour principe actif le formaldéhyde, efficace contre de nombreux ectoparasites et trématodes monogéniques. Cependant, il élimine une partie des algues en étang, diminuant le taux d'oxygène au cours de la décomposition de celles-ci (13).

Quant au pycèze®, en plus d'être un fongicide, il est utilisé pour contrôler et réduire des infections microbiennes. Son principe actif est le Bronopol et il est efficace pour lutter contre les saprolégnioses (8, 28, 30).

Conclusion et recommandation

En définitive, cette étude contribue à alerter les pisciculteurs sur les menaces qui planent sur leur production eu égard à la présence de parasites dans le milieu d'élevage. Bien que les traitements antiparasitaires contribuent à faire chuter la prévalence des Monogènes et des vers intestinaux, les charges parasitaires enregistrées en l'absence de traitement demeurent inquiétantes surtout pour ce qui concerne Protoancylodiscoïdes chrysichthes. Aussi, des données indispensables à la prévention et au traitement des pathologies parasitaires sont-elles mises à la disposition des pisciculteurs pour un meilleur rendement. Il ressort que l'association OS peut être conseillée aux pisciculteurs en ce sens que c'est un parasiticide ayant un double avantage, celui de réduire la prévalence et d'améliorer les performances zootechniques tout en prévenant les risques de mortalité élevée.

Références bibliographiques

1. Baker J. & Schuler N., 2004, *Analyzing Urban Poverty: A Summary of Methods and Approaches*. World Bank Policy Research, Working Paper No. 3399. World Bank, Washington.
2. Bellefontaine R., Petit S., Orcet M.P., Deleporte P. & Bertault J.G., 2001, *Les arbres hors forêts, Vers une meilleure prise en compte*. Cahier FAO Conservation 35. FAO, Rome, 214 p.
3. Brown K.H. & Jameton A.L., 2000, Public Health Implications of Urban Agriculture, *J. Pub. Health Policy*, **21**, 1, 20-39.
4. Cavendish W., 2002, *Quantitative Methods for Estimating the Economic Value of Resource Use to Rural Households*. pp. 12-65, in Campbell B.M. & Luckert M.K. (Eds.), *Uncovering the Hidden Harvest – Valuation Methods for Woodland & Forest Resources*, Earthscan, London, 262 p.
5. Chavarria L., 2009, *Encuestas a los agricultores urbanos de Villa El Salvador*. IPES – Promoción del desarrollo sostenible, Lima, 8 p.
6. Chen S. & Ravallion M., 2007, *Absolute Poverty Measures for the Developing World, 1981-2004*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, **104**, 43, 16757-16762.
7. Colton D. & Covert R.W., 2007, *Designing and Constructing Instruments for Social Research and Evaluation*. Jossey-Bass, San Francisco, 394 p.
8. Curry L.A., Nembhard I.M. & Bradley E.H., 2009, Qualitative and Mixed Methods Provide Unique Contributions to Outcomes Research, *Circ.*, **119**, 1442-1452.
9. Dixon J., Omwega A.M., Friel S., Burns C., Donati K. & Carlisle R., 2007, The Health Equity Dimensions of Urban Food Systems. *Journal of Urban Health, Bull. N. Y. Acad. Med.*, **84**, 1, i118 - i129.

10. Forman E. & Peniwati K., 1998, Aggregating Individual Judgments and Priorities with the Analytic Hierarchy Process. *Europ. J. Oper. Res.*, **108**, 165-169.
11. Holmes T.P. & Adamowicz W.L., 2003, Chapter 6: Attribute-Based Methods. In: *A Primer on Nonmarket Valuation*. pp. 171-220, In: Champ P.A., Boyle K.J. & Brown T.C. (Eds), *The Economics of Non-Market Goods and Resources Series*, Kluwer Academic Publishers, Norwell, 576 p.
12. INEI, 2008, *Perfil sociodemográfico de la provincia de Lima. Censos nacionales 2007: XI de población y VI de vivienda* [En ligne]. Instituto nacional de estadística e informática, Lima, Pérou.
<<http://www.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0838/libro15/Libro.pdf>>
Consulté le 13 octobre 2009. (Espagnol).
13. INEI, 2009, *Mapa de pobreza provincial y distrital 2007 – El enfoque de la pobreza monetaria*. [En ligne]. Instituto nacional de estadística e informática, Lima, Pérou.
<http://www.mef.gob.pe/contenidos/pol_econ/documentos/Mapa_Pobreza_2007.pdf> Consulté le 11 février 2014. (Espagnol).
14. INEI, 2012, 11 de junio - Día mundial de la población. [En ligne] Instituto nacional de estadística e informática, Lima, Pérou.
<<http://www.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/Lib1032/libro.pdf>> Consulté le 25 octobre 2012. (Espagnol).
15. Koc M., MacRae R., Mougeot L.J.A. & Weish J., 1999, *For Hunger-Proof Cities: Sustainable Urban Food Systems*. CRDI, Ottawa, 252 p.
16. Kolokotroni M. & Giridharan R., 2008, Urban Heat Island Intensity in London: An Investigation of the Impact of Physical Characteristics on Changes in Outdoor Air Temperature During Summer, *Solar Energy*, **82**, 986-998.
17. Konijnendijk C.C., Robert M.R., Kenney A. & Randrup T.B., 2006, Defining urban forestry – A comparative perspective of North America and Europe, *Urban Greening*, **4**, 93-103.
18. Kurttila M., Pesonen M., Kangas J. & Kajanus M., 2000, Utilizing the Analytic Hierarchy Process (AHP) in SWOT Analysis — A Hybrid Method and its Application to a Forest-Certification Case, *For. Pol. Econ.*, **1**, 1, 41-52.
19. Lourdes S.O., 2009, *Evaluación de los árboles fuera del bosque en el consejo popular Pogolotti – Finlay – Belén – Husillo para beneficio del programa nacional de agricultura urbana*. "Mémoire de maîtrise". Instituto de investigaciones fundamentales de agricultura tropical Alejandro de Humboldt, La Havane, 111 p. (Espagnol).
20. Louviere J.J., Hensher D.A. & Swait J.D., 2000, *Stated-Choice Methods: Analysis and Applications*. University Press, Cambridge, 401 p.
21. Madaleno I., 2000, Urban agriculture in Belém, Brazil, *Cities*, **17**, 1, 73-77.
22. Mitlin D., 2004, *Understanding Urban Poverty; What the Poverty Reduction Strategy Papers Tell Us*. Human Settlements Working Paper Series Poverty Reduction in Urban Areas N°. **13**. International Institute for Environment and Development, London, 30 p.
23. Mougeot L., 2006, *Growing Better Cities: Urban Agriculture for Sustainable Development*. CRDI, Ottawa, 118 p.
24. Nilsson K., 2005, Urban Forestry as a Vehicle for Healthy and Sustainable Development, *Chin. For. Sci. Technol.*, **4**, 1, 1-14.
25. Nowak D.J., Crane D.E. & Stevens J.C., 2006, Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States, *Urban Greening*, **4**, 115-123.
26. Powe N.A., 2007, *Redesigning Environmental Valuation – Mixing Methods Within Stated Preference Techniques*. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 202 p.
27. Ravallion M., Chen S. & Sangraula P., 2002, New Evidence on the Urbanization of Global Poverty, *Pop. Dev. Rev.*, **33**, 4, 667-701.
28. Rossi A., 2001, *L'architecture de la ville*. InFolio éditions, Gollion, Suisse, 252 p.
29. Saaty T.L., 1977, A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures, *J. Math. Psychol.*, **15**, 234-281.
30. Saaty T.L., 2008, Decision Making with the Analytic Hierarchy Process, *Int. J. Serv. Sci.*, **1**, 1, 83-98.
31. SUNAT, n.d., *Histórico de remuneración mínima vital y aportes mínimos 2000 – 2012*. "En ligne". In: 08. *Tasas y cálculo de aportaciones a Essalud y ONP TH*. Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria, Lima, Pérou.
<orientacion.sunat.gob.pe> Consulté le 11 mars 2010. (Espagnol).

32. Tacoli C., McGranahan G. & Shatterthwaite D., 2012, *Urbanization, Poverty and Inequity: Is Rural-Urban Migration a Poverty Problem, or Part of the Solution?* pp. 37-54, in: Martine G., McGranahan G., Montgomery M. & Fernandez-Castilla R. (Eds.), *The New Global Frontier: Urbanization, Poverty and Environment in the 21st Century*. Earthscan, New York, 336 p.
33. Tiwary A., Sinnett D., Peachey C., Chalabi Z., Vardoulakis, S., Fletcher T., Leonardi G., Grundy C., Azapagic A. & Hutchings T.R., 2009, An Integrated Tool to Assess the Role of New Planting in PM10 Capture and the Human Health Benefits: A Case Study in London, *Environ. Pollut.*, **157**, 10, 2645-2653
34. Torre A., Aznar O., Bonin M., Caron A., Chia E., Galman M., Lefranc C., Melot R., Guérin M., Jeanneaux P., Kirat T., Paoli J.C., Salazar M.I. & Thion P., 2006, Conflits et tensions autour des usages de l'espace dans les territoires ruraux et périurbains – Le cas de six zones géographiques françaises, *Rev. Econ. Reg. Urbaine*, **3**, 415-553.
35. United Nations Population Division, 2012, *Percentage of Population Residing in Urban Areas by Major Area, Region and Country, 1950-2050*. In: *World Urbanization Prospects: The 2011 Revision – CD-ROM Edition*. Organisation des Nations Unies, Département des affaires économiques et sociales, Division de la population, New York.
36. USAID, 2009, Food Security Assessment– Household survey. [En ligne]. Save the Children USA & United States Agency for International Development, Washington.
<<http://www.docstoc.com/docs/14184813/Rapid-Food-Security-Assessment-Tool-Questionnaire---Official-Site>>. Consulté le 28 janvier 2010.
37. Valaski S., Adenilson J.C. & Nucci J.C., 2008, Árvores frutíferas na arborização de calçadas do bairro Santa Felicidade – Curitiba/pr e seus benefícios para a sociedade. *Geografia, Ensino & Pesquisa*, **12**, 972-985. (Portugais).
38. Villa El Salvador, 2009, Portal municipal de Villa el Salvador. [En ligne]. Lima, Pérou.
<http://www.munives.gob.pe/Mun_PidMunives.htm> Consulté le 26 avril 2009. (Espagnol).

K. Affourmou, Ivoirien, PhD, Chargé de Recherche, Université de Perpignan, Laboratoire Central Vétérinaire de Bingerville, Unité de pathologie aquacole, Bingerville, Côte d'Ivoire;

C.S.K. Nobah, Ivoirienne, PhD, Enseignante chercheur, Ecole Normale Supérieure, Abidjan, Côte d'Ivoire.

L.A. Yao, Ecole Normale Supérieure, Chargé de Recherche au Centre de Recherche Océanologique, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Influence du système de production et du temps de pâture sur la production de lait des vaches Borgou au Bénin

S.K. Kassa^{1*}, F.C.A. Salifou¹, G.K. Dayo³, S. Ahounou¹, I.D. Ogoudanan¹, T.M. Issifou¹, B. Kountinhoun¹, A.G. Mensah², V. Yapi-Gnaoré³ & K.I.Y. Abdou¹

Keywords: Milk- Borgou- Exploitation- Pasture- Benin

Résumé

Dans le souci de mieux apprécier l'impact de deux facteurs environnementaux sur la production de lait afin d'appliquer des mesures correctives, les effets de la ferme d'élevage et du temps de pâture sur la production de lait des vaches Borgou du Bénin ont été étudiés. A cet effet, l'expérimentation a été conduite sur un total de 167 vaches Borgou dont 27 vaches, 56 vaches et 84 vaches respectivement des Fermes d'Élevage de Samiondji (FES), Bétécoucou (FEB) et Okpara (FEO). Ces trois fermes pratiquent le système d'élevage semi-amélioré. Dans le cadre de l'évaluation de l'effet du temps de pâture, deux lots de vaches Borgou ont été constitués à la FEO. Les vaches du lot 1 (64 vaches) ont été soumises quotidiennement à un court temps de pâture (6 heures par jour de 10 h à 16 h) et celles du lot 2 (20 vaches) sont conduites quotidiennement au pâturage pour une longue durée (9 heures par jour de 9h à 18h). Les vaches en lactation ont été chacune identifiées au préalable par le numéro de la boucle, l'exploitation d'élevage ou le lot auquel elle appartient. La collecte du lait a été faite par vache une fois par semaine. Il en résulte que la moyenne de la production journalière de lait ($0,9 \pm 0,2$ litre) d'une vache Borgou de la FES est plus élevée que celles obtenues respectivement chez les vaches de la FEO ($0,8 \pm 0,1$ litre) et de la FEB ($0,7 \pm 0,1$ litre), bien que les différences ne soient pas significatives. Toutefois, des écarts significatifs ($p < 0,05$) ont été observés entre la production totale de lait trait sur 11 mois de lactation en faveur des vaches de la FES (273 ± 47 litres) suivies de celles de la FEO ($246,4 \pm 24,8$ litres) et de la FEB ($230,4 \pm 33,1$ litres). Les vaches Borgou qui ont été soumises à un temps long de pâture ont une production journalière ($1 \pm 0,2$ litre) significativement ($p < 0,05$) plus élevée que celles pâture pendant une courte durée ($0,8 \pm 0,1$ litre).

Summary

Influence of Farming System and Grazing Time on Milk Production of Borgou Cows in Benin

In order to better assess the impact of two environmental factors on milk production for corrective action, the effects of the rearing farm and grazing time on milk production of Borgou cows in Benin were studied. To this end, the experiment was conducted on a total of 167 Borgou cows including 27 cows; 56 cows and 84 cows respectively reared in Samiondji, Bétécoucou and Okpara Breeding farms. These three farms apply semi-improved breeding system. As part of the evaluation of grazing time, two lots of Borgou cows were formed in Okpara breeding farm. Cows of lot 1 (64 cows) grazed daily during six hours (10 am to 16 pm) and those of lot 2 (20 cows) during nine hours (9 am to 18 pm). Lactating cows were each beforehand identified by their numbers, the farm they belong to or their breeding lot. Milk collection was made once a week per cow. As a result, the average daily production (0.9 ± 0.2 l) of Samiondji Borgou cows was higher than those obtained respectively by Okpara cows (0.8 ± 0.1 l) and Betecoucou cows (0.7 ± 0.1 l), although the differences were not significant. However, significant differences ($p < 0.05$) were observed between total milk production on 11 months of lactation for Samiondji cows (273 ± 47 l) followed by those of Okpara (246.4 ± 24.8 l) and Betecoucou (230.4 ± 33.1 l). The Borgou cows that grazed 9 hours a day produced significantly more milk (1 ± 0.2 l) ($p < 0.05$) than those grazing for six hours a day (0.8 ± 0.1 l). The same trend was recorded for the cumulative production of 11 months of lactation.

¹Université d'Abomey-Calavi, Abomey-Calavi, Bénin.

²Centre de Recherches Agricoles d'Agonkamey, Cotonou, Bénin.

³Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone Subhumide, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

*Auteur correspondant: EMail: delkassa@yahoo.fr

La même tendance a été relevée pour les cumuls de production sur 11 mois de lactation. Dans l'ensemble, en considérant les écarts de production entre exploitations, la FES est la plus rentable. Elle est suivie de la FEO puis de la FEB. De même, les vaches Borgou qui ont bénéficié du temps long de pâture ont la meilleure rentabilité économique. La maîtrise des effets de l'exploitation et du temps de pâture constitue une base pour améliorer les performances des vaches Borgou et par conséquent la rentabilité économique de l'exploitation.

Overall, considering the differences between rearing farms, Samiondji farm is more profitable followed by Okpara and Betecoucou farms. Similarly, the rearing of Borgou cows that have benefited from the long grazing time is more profitable. Mastering the management practices of the farm and grazing time provide a basis for improving the performance of Borgou cows and therefore the economic return of the farms.

Introduction

Les productions animales en Afrique tropicale sont sous l'influence de plusieurs facteurs non génétiques (9). Ces facteurs sont surtout d'ordre environnemental et sont des sources de variation des performances zootechniques des animaux à l'instar des performances pondérales et de production de lait (2). Les principaux facteurs qui agissent sur la production de lait sont entre autres la saison de vêlage, le rang de mise bas, le mode d'alimentation, l'année de mise bas, le système d'élevage, le système d'exploitation, etc. (2). Si de nombreux travaux ont été réalisés sur l'évaluation des effets de la complémentation alimentaire, de la saison de mise bas, du rang de mise bas, sur la production de lait des vaches au Bénin (1, 6, 7, 13), aucun travail scientifique n'a été fait sur l'impact de la durée du temps de pâture des vaches en lactation, sur leur production de lait. Or le temps de pâture varie en fonction du statut juridique des exploitations au Bénin.

Dans les exploitations étatiques ou privées organisées (élevages semi-améliorés), les heures de pâture sont réglementées, les heures de départ et d'arrivée de la pâture sont fixées et les bouviers sont salariés. L'élevage semi-amélioré est un mode d'élevage mi-traditionnel et mi-amélioré, caractérisé essentiellement par la conduite des animaux sur pâturages naturels et artificiels et un apport de compléments alimentaires. Dans ce mode d'élevage, le programme national de prophylaxie médicale est rigoureusement suivi. Un programme de prophylaxie sanitaire est également appliqué pour la prévention des pathologies.

Par contre, dans les élevages traditionnels où les bouviers sont généralement les propriétaires d'animaux, les heures de départ et d'arrivée de la pâture ne sont pas fixes et sont fortement influencées par les saisons d'abondance et de rareté des fourrages (15). Pour la même race, le niveau de production des vaches peut être influencé par la durée de la pâture journalière dans la même saison. Une évaluation de l'effet de la durée de pâture est donc nécessaire pour une meilleure évaluation des potentialités des vaches autochtones du Bénin. Par ailleurs, des variations de niveaux de production du lait peuvent également être observées d'une exploitation à l'autre, même si les techniques d'élevages appliquées sont identiques.

Ces variations peuvent être dues aux aléas qui peuvent subvenir dans une exploitation au cours d'une période donnée (12). C'est le cas par exemple de l'apparition d'une pathologie dans une exploitation, des performances des bouviers de différentes exploitations, de la durée des saisons d'abondance ou de rareté des fourrages si les animaux ne sont pas élevés dans la même zone agro-écologique, etc. L'effet de l'exploitation sur les performances de production de lait est un indicateur permettant aux exploitations peu performantes d'améliorer leur niveau de production, et aux exploitations plus performantes de maintenir le cap ou d'améliorer davantage leurs performances en matière de production de lait. Dans le souci de prendre en compte un plus grand nombre de facteurs d'environnement dans le cadre de l'amélioration de la production de lait des vaches

autochtones du Bénin, la présente étude a pour objectif d'évaluer chez la race Borgou:

- le niveau de production des vaches en lactation élevées dans un système d'élevage semi-amélioré dans trois fermes d'Etat (Okpara, Bétécoucou et Samiondji) ainsi que le coût d'opportunité;
- l'effet du temps de pâture sur la production de lait des vaches élevées à la Ferme d'Elevage de l'Okpara et son impact sur la rentabilité économique de l'exploitation.

Matériels et méthodes

Cadre d'étude

L'étude sur l'influence du système d'exploitation et du temps de pâture sur la production de lait des vaches Borgou a été réalisée dans les fermes d'élevage de Samiondji, de Bétécoucou et de l'Okpara, au Bénin (Figure 1).

La Ferme d'Elevage de Samiondji (FES) est localisée dans le Département du Zou, Commune Zangnanado, plus précisément dans l'Arrondissement de Banamè, dans le village Samiondji. Elle est limitée au Sud-Est par la rivière Aïsagbo, au Sud-Ouest par la rivière Gbanan, au Nord-Ouest par la rivière Tèwi puis au Nord et à l'Est par le fleuve Ouémé. Elle est située entre 2°22 et 2°25 de longitude Est, et 7°25 et 7°30 latitude Nord. Cette ferme a un effectif total de 69 bovins de race Borgou dont 27 vaches. Ces vaches ont en moyenne 5 ans. En plus de la race Borgou, la ferme possède des Lagunaire et des métis Azawak x Lagunaire. Ces animaux sont suivis par 8 bouviers dirigés par un chef d'équipe. La FES couvre une superficie de plus de 3600 hectares et est totalement ceinturée par le fleuve Ouémé et ses affluents. Le climat est de type intermédiaire entre le climat subéquatorial maritime et le climat soudano-guinéen, caractérisé par un régime pluviométrique bimodal avec 4 saisons: une grande saison sèche (novembre à mars), une grande saison des pluies (mars à juillet), une petite saison sèche (juillet à août) et une petite saison de pluies (août à novembre). La moyenne de la pluviométrie est de 1000 mm par an. La température annuelle moyenne est voisine de 29 °C.

Les fourrages exploités sur cette ferme sont: *Brachiaria ruziziensis*, *Panicum C1*, *Moringa oleifera*, *Andropogon gayanus* et *Stylosanthes guineensis*. La Ferme d'Elevage de Bétécoucou (FEB) est située au centre du Bénin, dans la Commune de Dassa-Zoumé, Département des Collines, à 24 kilomètres du centre de la ville de Dassa-Zoumé, plus précisément dans l'Arrondissement d'Akofodjoulé. Elle est comprise entre le 7°45 et 7°50 de latitude Nord et 2°20 et 2°27 de longitude Est. Cette ferme est limitée au Nord et à l'Est par le fleuve Ouémé, au Sud par la route Dassa-Bétécoucou et à l'Ouest par la rivière Kossi. Elle couvre une superficie de 11127 hectares. La FEB possède un troupeau de 741 bovins de race Borgou dont 241 vaches. Les vaches sélectionnées (56 vaches) pour l'expérimentation ont une moyenne d'âge de 5 ans. Les bovins de cette ferme sont suivis par 4 bouviers. Le climat est de type soudano-guinéen (une transition entre le climat soudanien et le climat guinéen). Ce type de climat est actuellement marqué par une saison pluvieuse, d'avril à octobre et une saison sèche couvrant les mois de novembre à mars.

La pluviométrie moyenne est de 1100 mm avec une température moyenne variant entre 24 °C et 25 °C. La FEB dispose des parcelles fourragères de *Brachiaria ruziziensis*, *Panicum C1* et *Panicum maximum*.

La Ferme d'Elevage de l'Okpara (FEO) est implantée dans le Département du Borgou, Commune de Tchaourou, Arrondissement de Kika (2°39-2°53 longitude Est et 9°6-9°21 latitude Nord). Elle est située à l'Est et à 15 km de la ville de Parakou. Elle couvre 33000 hectares dont environ 10000 hectares sont effectivement contrôlés. Cette ferme dispose d'un troupeau de 429 bovins de race Borgou dont 155 vaches parmi lesquelles 84 vaches âgées de 5 ans en moyenne, ont été utilisées pour la collecte des données de lait. Au sein de cette ferme, on retrouve également les zébus Azawak, les taurins N'dama, les bovins Girolando et les croisés (Girolando x Borgou, Gir x Borgou etc).

Le suivi des bovins sur cette ferme est assuré par 12 bouviers dirigés par un chef d'équipe.

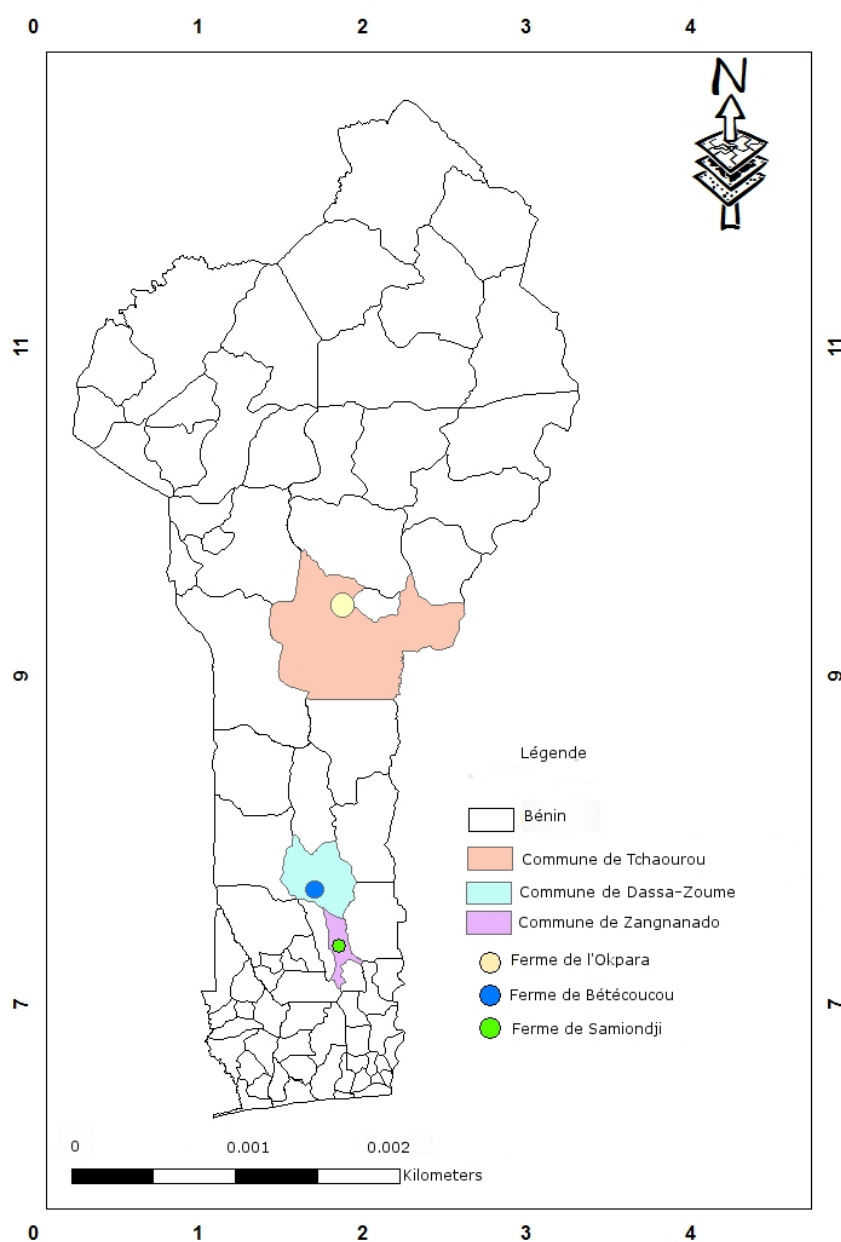


Figure 1: Localisation des fermes d'élevage de l'Okpara, de Bétécoucou et de Samiondji.

Le climat est de type soudanien avec une alternance d'une saison pluvieuse (mai à octobre) et d'une saison sèche (novembre à avril). La pluviométrie moyenne annuelle est de 1125 mm et la température annuelle moyenne varie entre 26 et 27 °C. Les bovins sont conduits sur des parcours de *Brachiaria ruziziensis*, *Panicum maximum*, *Andropogon gayanus*, *Leucena leucocephala* et *Stylosanthes* sp.

Méthodologie

Caractéristiques de l'élevage

Les bovins des fermes d'élevage de Samiondji, de l'Okpara et de Bétécoucou sont tous élevés dans un système semi-amélioré. Les animaux logent dans des étables construites en matériaux définitifs dont le toit est en tuile et les planchers en béton et dans des parcs de nuit, munis de mangeoires et d'abreuvoirs. Un dipping tank et une bascule pèse bétail sont également disponibles, respectivement pour le déparasitage externe et la pesée des animaux. L'abreuvement des animaux est assuré par un château d'eau et une retenue d'eau. Les animaux sont séparés par classe d'âges et par sexe sur les trois fermes. Les animaux sont conduits au pâturage dans la journée et la nuit, ils sont enfermés dans une étable ou dans un parc où ils reçoivent de l'eau et de la pierre à lécher *ad-libitum*. Les vaches en lactation reçoivent en plus, des compléments alimentaires (tourteaux de coton, aliment Veto, résidus de récolte). L'aliment Veto est constitué de son de riz, des issues de céréales, de tourteaux (coton-palmiste), de BHT (hydroxytoluène butylé: additif alimentaire), d'acides aminés, de calcaire et de phosphate bicalcique.

Cet aliment est formulé par une Société Anonyme (SA) béninoise, Veto Services. Sur le plan bromatologique, ce complément est composé de matières protéiniques (10%), de matières grasses (0,9%), de calcium (0,8%), de phosphate (0,5%) et d'amidon (8,5%). Les veaux de moins de quatre mois sont gardés dans le parc et ceux de plus de quatre mois pâturent à moins de 50 m du parc de nuit, sur les pâturages artificiels de *Panicum* C1 et de *Brachiaria ruziziensis*. La reproduction est surtout basée sur la monte organisée.

Les dates de saillie et de mise bas sont enregistrées. Une fiche est établie pour le suivi de chaque animal. Cette fiche comporte le numéro du parc, le numéro de boucle de la mère, la date et l'année de naissance, le sexe, le poids à la naissance et le poids à âge type du veau. La prophylaxie sanitaire en vigueur respecte les règles d'hygiène et consiste à nettoyer quotidiennement les abreuvoirs et les mangeoires, à balayer chaque jour les parcs de stabulation et les étables. Le plan de prophylaxie médicale est caractérisé par:

- les déparasitages interne et externe;
- la trypano-prévention tous les deux à trois mois avec du Tripadim® (Diminazène Diacéturate) ou du Tripamidium® (Chlorure d'isoméamidium);
Ces trypanocides sont commercialisés par la Société Anonyme (SA) béninoise Veto Services, en provenance du laboratoire MERIAL (France);
- la vitaminothérapie: Stress Vitam (vitamines A, D3, E, B1, B6, B5, B3, choline chlorure, lysine chlorhydrate, glycine) en provenance de France plus précisément du laboratoire VETOQUINOL et commercialisé par la Société Anonyme (SA) béninoise Veto Services;
- les vaccinations contre la pasteurellose (début et fin saison des pluies) et la péripneumonie contagieuse bovine (fin saison des pluies);

Des traitements spécifiques sont faits contre les maladies occasionnelles en fonction des cas cliniques dépistés.

Collecte des données

L'étude sur l'effet de l'exploitation sur la production de lait a été réalisée sur les fermes d'élevage de Samiondji, Bétécoucou et Okpara sur respectivement 27 vaches, 56 vaches et 84 vaches de race Borgou. Dans les trois fermes, la durée de pâture est en moyenne de 7 h.

Quant à l'expérimentation sur l'effet de la durée du temps de pâture sur la production de lait des vaches, elle a été réalisée sur un total de 84 vaches Borgou de la Ferme d'Elevage de l'Okpara, réparties en deux lots.

Le lot 1 était constitué de 64 vaches et le lot 2 était composé de 20 vaches. Les vaches du lot 1 ont été soumises journalièrement à un court temps de pâture (10 h à 16 h) et celles du lot 2 sont conduites quotidiennement au pâturage pour une longue durée (9 h à 18 h).

Les vaches en lactation ont été chacune, au préalable identifiées. Les vaches étaient identifiées par leur numéro de boucle et l'exploitation à laquelle elles appartenaient. La collecte du lait a été faite une fois par semaine, par vache à intervalle régulier de 7 jours durant les 11 premiers mois de lactation. La période du début de lactation est variable selon la vache. Une fois le lait traité, le volume est mesuré à l'aide d'une éprouvette graduée et inscrit sur la fiche de collecte de données. Les observations particulières qui étaient faites au cours des semaines de lactation étaient mentionnées dans la rubrique de la fiche destinée à cet effet.

Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SAS (Statistical Analysis System, 2006). L'analyse de variance a été réalisée par la procédure des Modèles Linéaires Généralisés (Proc GLM) avec pour facteur de variation, l'exploitation (Okpara, Bétécoucou et Samiondji) ou le temps de pâture (court et long). Le facteur de variation mois de lactation n'a pas été pris en compte. Les moyennes des productions ont été calculées et comparées deux à deux par le test t de student.

Résultats

Effets de l'exploitation sur la production de lait et impact économique

Le tableau 1 présente les moyennes de production de lait de la vache Borgou des fermes d'élevage de l'Okpara, de Bétécoucou et de Samiondji. Dans l'ensemble, aucune différence significative n'a été observée entre les productions moyennes journalières de chacun des mois de lactation des trois fermes d'élevage en dehors du 10^e mois de lactation où les vaches de la ferme de Samiondji ont une production de lait significativement plus élevée ($p < 0,05$) que celles des vaches de Bétécoucou.

De même, la moyenne journalière de lait par vache pour toute la durée de lactation n'a pas été différente d'une ferme à l'autre. Elle a été de 0,7; 0,8 et 0,9 litre; respectivement pour les fermes d'élevage de Bétécoucou, de l'Okpara et de Samiondji. Toutefois, la moyenne du cumul des productions journalières par vache pour toute la durée de lactation la plus élevée a été obtenue chez les vaches de Samiondji (273 litres) et la plus faible, à Bétécoucou (230,4 litres). Les vaches de l'Okpara ont eu une production totale moyenne (246,4 litres) qui n'a pas été différente de celles des vaches des deux autres fermes.

Sur le plan économique, le prix de vente du lait est plus élevé à la FES suivi respectivement de celui obtenu à la FEO et de celui de la FEB. Pour un prix de vente de 300 FCFA le litre du lait, sur 11 mois de lactation, en considérant 100 vaches, le prix de vente est de 8.190.000 FCFA à la FES. À la FEO, le prix de vente du lait rapporté à 100 vaches sur la même période est de 7.392.000 FCFA et à la FEB la vente est évaluée à 6.912.000 FCFA.

Influence du temps de pâture sur la production de lait des vaches Borgou de la FEO et impact économique

Le temps de pâture a significativement influencé le niveau de production de lait des vaches Borgou du 1^{er} au 5^e mois de lactation (Tableau 2).

Pendant ces 5 premiers mois, plus de temps de pâture est long, mieux la production de lait est élevée ($p < 0,05$). Cette différence de production du lait en fonction de la durée de pâture a été faible au premier mois de lactation ($p < 0,05$), très élevée au 2^e et au 3^e mois de lactation ($p < 0,001$) et décroît au 4^e et au 5^e mois de lactation ($p < 0,05$). Au-delà du 5^e mois de lactation, le temps de pâture n'a pas eu d'incidence sur le niveau de production des vaches (Tableau 2). Au total, pour toute la durée de lactation, les vaches ayant bénéficié d'un temps de pâture plus long ont eu une production moyenne journalière de lait plus élevée ($p < 0,05$) par rapport aux vaches soumises à un temps de pâture plus court (1 vs 0,8 litres par jour). Il en est de même pour la moyenne du cumul de la production totale des 11 mois de lactation (308 vs 246,4 litres).

Tableau 1

Production du lait de la vache Borgou dans les fermes d'élevage de l'Okpara, de Bétécoucou et de Samiondji.

Mois de lactation	FEB		FEO		FES		Test de signification
	Moyenne (litre)	ES	Moyenne (litre)	ES	Moyenne (litre)	ES	
1	0,8a	0,1	1,1a	0,1	1a	0,2	NS
2	0,8a	0,1	1a	0,1	1,1a	0,1	NS
3	0,9a	0,1	0,9a	0,2	1a	0,1	NS
4	0,9a	0,1	0,9a	0,1	1a	0,2	NS
5	0,9a	0,1	0,8a	0,1	0,9a	0,2	NS
6	0,8a	0,1	0,8a	0,1	0,8a	0,2	NS
7	0,8a	0,1	0,8a	0,1	0,8a	0,1	NS
8	0,6a	0,2	0,8a	0,1	0,7a	0,2	NS
9	0,6a	0,1	0,8a	0,1	0,8a	0,1	NS
10	0,5b	0,2	0,7ab	0,1	0,9a	0,1	*
11	0,6a	0,2	0,7a	0,1	0,7a	0,1	NS
Quantité de lait trait (litre/jour)	0,7a	0,1	0,8a	0,1	0,9a	0,2	NS
Quantité totale de lait trait par vache sur 11 mois de lactation	230b	33,1	246,4ab	24,8	273	47	*

ES: Erreur standard; NS: Non significatif; *: $P < 0,05$. FEB: Ferme d'élevage de Bétécoucou; FEO: Ferme d'élevage de l'Okpara; FES: Ferme d'élevage de Samiondji. Les moyennes de la même ligne affectées des lettres identiques ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Tableau 2

Influence du temps de pâture sur la production de lait des vaches Borgou.

Mois lactation	Long temps de pâture		Court temps de pâture		Test de signification T
	Moyenne (litre)	ES	Moyenne (litre)	ES	
1	1,3a	0,1	1b	0,1	*
2	1,3a	0,1	0,9b	0,1	***
3	1,2a	0,1	0,9b	0,1	***
4	1,2a	0,1	0,9b	0,1	*
5	1,1a	0,1	0,9b	0,1	*
6	1a	0,1	0,8a	0,1	NS
7	0,9a	0,2	0,8a	0,1	NS
8	0,7a	0,2	0,7a	0,1	NS
9	0,9a	0,2	0,8a	0,1	NS
10	0,8a	0,2	0,7a	0,1	NS
11	0,8a	0,3	0,6a	0,1	NS
Quantité de lait trait (litre/jour)	1a	0,2	0,8b	0,1	*
Quantité de lait trait sur 11 mois	308a	49,4	246,4b	16,7	*

ES: Erreur standard; NS: Non significatif; *: $P < 0,05$; ***: $P < 0,001$. Les moyennes de la même ligne affectées des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5%.

L'écart de production sur toute la durée de lactation entre la vache bénéficiant d'un long temps de pâture et celle soumise à un court temps de pâture a été de 66 litres.

Par ailleurs, pour un prix de vente de 300 FCFA le litre de lait, le prix de vente du lait de 100 vaches soumises à une longue pâture est de 9.240.000 FCFA, sur 11 mois de lactation et est largement supérieur au prix (7.380.000 FCFA) obtenu lors de la vente du lait de 100 vaches alimentées au pâturage pendant une courte durée.

Discussion

Influence du système d'exploitation sur la production de lait

Pâturage et pluies

La présente étude montre que les vaches de la FES présentent les productions les plus élevées suivies respectivement de celles de la FEO et de la FEB. Les particularités climatiques de la zone géographique de chaque exploitation expliquent en partie cette différence. En effet, la FES bénéficie d'un climat relativement humide tout au long de l'année, du fait qu'elle soit limitée au Sud par la rivière Aïsagbo, au Sud-Ouest par la rivière Gbanan, au Nord-Ouest par la rivière Tèwi puis au Nord et à l'Est par le fleuve Ouémé. Ce climat humide (vent humide, relative humidité du sol) favorise non seulement les repousses fourragères mais aussi assure leur entretien. L'espace fourrager résiste mieux aux aléas de la saison sèche et est disponible tout au long de l'année. De même, le problème d'eau ne se pose pas à cause des nombreux cours d'eau qui s'y trouvent. Quant à la FEO, elle profite surtout du fleuve Okpara (à proximité) et de son affluent la Dama (principale source d'abreuvement en eau de boisson pour le bétail).

Cette source d'eau répand sa fraîcheur qui favorise une bonne régénération des fourrages.

En période de décrue, les conséquences sur les performances zootechniques sont perceptibles malgré les retenues d'eau disponibles sur cette ferme. En ce qui concerne la FEB, bien qu'elle soit limitée au Nord et à l'Est par le fleuve Ouémé et à l'Ouest par la rivière Kossi, le relief est dominé par les collines.

Ces collines absorbent l'eau des pluies et entraînent en période de sécheresse un vent chaud et un sol asséché, défavorables à la vitalité des fourrages. Par rapport à la FEO, la FEB est pauvre en graminées à cause de la nature du sol, dominé par les collines. L'abreuvement est assuré par les retenues d'eau. Les répercussions de ces aléas justifient la variabilité de la production de lait dans les trois fermes de l'étude.

Main d'œuvre

Par ailleurs, sur les trois fermes étatiques expérimentées, la répartition du travail est variable en fonction du nombre de bouviers. A la FES, les tâches de la bouverie sont réparties entre 8 bouviers dirigés par un chef d'équipe. Ce chef d'équipe impulse la dynamique dans la gestion technique du bétail. En moyenne, à la FES, un bouvier s'occupe de 37 bovins. Quant à la FEO, 12 bouviers sont dirigés par un chef d'équipe et s'occupent chacun en moyenne de 41 bovins. La charge du travail à la FEO est relativement plus importante que celle de la FES. En ce qui concerne la FEB, 04 bouviers assurent le suivi des bovins soit une charge de travail de 185 bovins par bouvier. La charge est très élevée par rapport à celles des bouviers de la FES et de la FEO.

De plus, il n'y a pas de chef d'équipe de bouviers pour bien organiser les différentes tâches de bouverie et l'Assistant du Chef Production Animale est utilisé comme agent de terrain. En somme, une mauvaise répartition du travail de bouverie en absence d'un chef d'équipe et la surcharge de travail des bouviers contribuent à une baisse des performances des animaux. Dans les trois fermes, les bouviers ne sont pas rémunérés en fonction de leur rendement.

Avec leur statut d'Agent Contractuel de l'Etat, les bouviers des trois fermes perçoivent le même salaire mensuellement. Tous ces facteurs de production expliquent également les disparités de performances laitières des vaches Borgou selon les exploitations étudiées. Madani *et al.* (2004) s'inscrivent dans cette logique d'idées suite à une analyse comparée des performances des systèmes de production des fermes laitières au Canada et aux Etats-Unis.

Influence du temps de pâture sur la production de lait

Les résultats de la présente étude montrent que les productions moyennes journalières de lait des vaches Borgou qui ont été soumises à un temps long de pâture, sont meilleures par rapport à celles des vaches pâturent pendant une courte durée. La différence de temps de pâture (3 heures) est le principal indicateur. En effet, les animaux pâturent sur une longue durée consomment plus de fourrages. Ces vaches font assez de réserves nutritionnelles et hydriques comparativement à celles qui pâturent pendant une période courte. Ces réserves sont utilisées dans la lactogénèse avec pour corollaire une augmentation de la production de lait des vaches. Globalement, les performances de production du cheptel bovin laitier sont affectées par l'alimentation en fourrages (11).

La disponibilité et l'accès en ressources fourragères conditionnent les productions animales à l'instar de la production de lait (9, 14). Cette logique d'idées corrobore les résultats issus de cette étude. Conformément à la présente étude, Kassa *et al.* (5, 6) relèvent la même tendance chez les vaches Holstein et montrent que la production de lait est meilleure lorsque les vaches sont soumises à 21 heures de pâture et décroît au fur et à mesure que le temps de pâture des vaches diminue.

La restriction du temps d'accès au pâturage limite donc la production de lait. Delagarde et Seuret (4) confirment également l'importance du temps d'accès au pâturage et prouvent que les vaches Holstein qui pâturent pendant 8 heures ont une production plus élevée par rapport à celles qui bénéficient de 4 heures de pâture.

Influence de l'exploitation et du temps de pâture sur la rentabilité économique

En évaluant la rentabilité économique d'une exploitation sur la base du prix de vente du lait, la présente étude montre que la FES a la rentabilité la plus élevée, suivie de la FEO et de la FEB. Ainsi, une évaluation économique sur 11 mois de lactation de 100 vaches Borgou montre que les écarts de prix de vente du lait sont considérables et sont respectivement de 798.000 FCFA, 1.278.000 FCFA et 480.000 FCFA entre la FES et la FEO, la FES et la FEB et entre la FEO et la FEB.

Compte tenu du nombre réduit de bouviers à la FEB, il serait intéressant d'en recruter pour assurer un meilleur suivi dans le souci d'optimiser le niveau de production des vaches. Les salaires des bouviers additionnels à recruter seront dans tous les cas, compensés totalement ou en partie par le surplus de lait consécutif à ce meilleur suivi. Le recrutement d'un chef d'équipe est également nécessaire. Il est toutefois important de souligner que dans les trois fermes, les bouviers et les chefs d'équipe, sont des salariés de l'Etat et leur salaire n'est pas fonction du niveau de travail fourni. Quel que soit l'exploitation, la motivation du personnel constitue un véritable moteur pour une meilleure production de lait dans une exploitation (8). Un bon suivi zootechnique est assuré et permet d'accroître le rendement laitier des vaches (14). Dans le même ordre d'idées, N'Diaye en 2006 rapporte que la motivation des bouviers (salaire, indemnité et ristourne) rend les fermes laitières de la localité de Embu plus performantes que celles de Meru au Kenya. Par ailleurs, le présent travail ressort également un écart de prix de vente du lait en faveur des vaches soumises à une longue durée de pâture. Une évaluation économique faite sur 100 vaches soumises à un temps de pâture plus long et 100 vaches soumises à temps de pâture plus court, donne un écart de prix de vente de 1.860.000 FCFA, en faveur des animaux soumis à un temps de pâture plus long. Dans une perspective de ramener la durée de pâture à 9 heures pour atteindre une même production de lait, le bouvier peut bénéficier d'une indemnité mensuelle de 15.000 FCFA, soit 20 à 30% de son salaire mensuel pour les 3 heures de travail supplémentaire par jour. L'attribution de cette indemnité montre qu'en un an, le bouvier encaisse 180.000 FCFA. Si nous supposons qu'il faut 3 bouviers pour conduire 100 vaches, la différence en termes de bénéfice brut est de 1.320.000 FCFA. Cette marge de bénéfice pourra être réinvestie dans l'exploitation pour appuyer davantage la production du lait à travers l'acquisition des intrants agricoles (complément alimentaire, ensilage, foin, produits vétérinaires, etc.).

Conclusion

La production de lait de vaches varie d'une exploitation à l'autre et la FES a les meilleures conditions d'élevage favorables à l'expression de la production du lait des vaches Borgou, comparativement à la FEO et à la FEB. L'augmentation du temps de pâture améliore le niveau de production des vaches Borgou et la rentabilité économique de l'exploitation. En somme, un bon suivi zootechnique des vaches est l'une des principales clés d'une bonne rentabilité économique des exploitations laitières.

Remerciements

Les auteurs remercient le Projet d'Appui à l'Enseignement Supérieur (PAES) de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA) pour le financement du Projet Lait intitulé «Amélioration des techniques de production, de transformation et de la qualité de lait et des produits laitiers issus des vaches des élevages extensif et semi-intensif au Bénin (PAES-0805)»

Références bibliographiques

1. Alkoiret I.T., Yari H.M., Gbangboché A.B. & Lokossou R., 2011, Reproductive performance and milk production of Girolando cows in the ranch of Kpinou, South-West of Benin Republic, *J. anim. Vet. Adv.*, **10**, 19, 2588-2592.
2. Bucholtz H. & Johnson T., 2007, *Use of milk urea nitrogen in herd management*, In: *Proceedings of the Tri-State Dairy Nutrition Conference*, 24-25 April 2007, Grand Wayne Center, Fort Wayne, Indiana, USA, pp 63-67.
3. Delaby L., Peyraud J.L. & Delagarde R., 2009, Production des vaches laitières au pâturage sans apport de concentré, *Rencontre Recherches Ruminants*, **6**, 123-126.
4. Delagarde R. & Seuret J.M., 2011, *Temps d'accès limité au pâturage. Les vaches laitières s'adaptent*. 2 pages.
https://www.google.bj/?gws_rd=ssl#q=5.%09Delagard+R.+%26+Seuret+J.M.%2C+2011%2C+Temps+d%E2%80%99acc%C3%A8s+limit%C3%A9+au+p%C3%A2turage.+Les+vaches+laiti%C3%A8res+s%E2%80%99adaptent.+2+pages.
5. Kassa S.K., Salifou C.F.A., Dayo G.K., Ahounou S., Dotché O.I., Issifou T.M., Houaga I., Amoussou T.O., Koutinhoun G.B., Mensah G.A., Yapi-Gnaoré V. & Youssao A.K.I., 2015b, *Assessment of milk production and resilience of Girolando cattle, reared in semi-improved breeding system in Benin*. Thesis point Report: *Production of milk and genetic characterization of Benin cattle breeds*. Department of health and Animal production, Polytechnical School of Abomey-Calavi, University of Abomey-Calavi, Abomey-Calavi, Benin, 143 p.
6. Kassa S.K., Salifou C.F.A., Dayo G.K., Ahounou G.S., Dotché O.I., Issifou T.M., Houaga I., Koutinhoun G.B., Mensah G.A., Yapi-Gnaoré V. & Youssao A.K.I., 2015c, *Evaluation de la production de lait des zébus white Fulani et des vaches de race Borgou, élevés dans le système d'élevage traditionnel au Bénin*. Rapport du point de thèse : *Production du lait et caractérisation génétique des races bovines du Bénin*. Département de Production et Santé Animales, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi, Abomey-Calavi, Bénin, 143 p.
7. Leblanc B., 2012, *Analyse comparée des performances des systèmes de production des fermes laitières au Canada et aux Etats-Unis*. Mémoire de Maîtrise en Economie Rurale. Département d'Economie Agro-alimentaire et Sciences de la Consommation, Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, Université de Laval, Québec, Canada, 131 p.
8. Madani T., Mouffok C. & Frioui M., 2004, *Effet du niveau de concentré dans la ration sur la rentabilité de la production laitière en situation semi-aride algérienne*, *Renc. Rech. Ruminants*, **11**, 244.
9. Mugambi, Kimenchi D., Mwangi M., Wambugu, Kairu S. & Gitunu A.M.M., 2015, *Assessment of performance of smallholder dairy farms in Kenya: an econometric approach*, *J. Appl. Biosci.*, **85**, 7891-7899.

10. N'Diaye A., 2006, *Le lait dans les stratégies de diversification des revenus des agropasteurs de la région de Fatick*. Mémoire d'Ingénieur Agronome. Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture, Département d'Economie et Sociologie Rurales, Sénégal, 93 p.
11. Peyraud J.L, Delaby L., Dourmad J.Y., Faverdin P., Morvan T. & Vertes F., 2012, *Les systèmes de polyculture-élevage pour bien valoriser l'azote*. *Innovations Agr.*, **22**, 45-69.
12. Senou M., Toléba S.S., Adandédjan C., Poivey J.P., Ahissou A., Touré F.Z. & Monsia C., 2008, Increased Milk Yield in Borgou Cows in Alternative Feeding Systems, *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, **61**, 2, 109-114.
13. Srairi M.T., El Jaouhari M., Kuper M. & Le Gal P.Y., 2009, *Effet du suivi zootechnique sur les performances de production et la rentabilité des élevages de Bovins Laitiers en périmètre irrigué au Maroc*. Actes du quatrième atelier régional du projet Sirma. Economie d'Eau en Système irrigué au Maghreb, Mostaganem. 27 p.
14. Youssao A.K.I., Dahouda M., Attakpa E.Y., Koutinhoun G.B., Ahounou G. S., Toléba S.S. & Balogoun B.S., 2013, Diversité des systèmes d'élevages de bovins de race bovine Borgou dans la zone soudanienne du Bénin, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **7**, 1, 125-146.

S.K. Kassa, Béninois, M.sc, Chercheur, Université d'Abomey-Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Département de Production et Santé Animales, Laboratoire de Biotechnologie Animales et de Technologie des Viandes, Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin.

C.F.A. Salifou, Béninoise, PhD, Enseignant-Chercheur, Université d'Abomey-Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Département de Production et Santé Animales, Laboratoire de Biotechnologie Animales et de Technologie des Viandes, Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin.

G.K. Dayo, Togolais, Doctorat, Chargé de recherche, Centre International de Recherche-Développement sur l'Elevage en zone Subhumide, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

S. Ahounou, Béninois, M.sc, Chercheur, Université d'Abomey-Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Département de Production et Santé Animales, Laboratoire de Biotechnologie Animales et de Technologie des Viandes, Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin.

I. D. Ogoudanan, Béninois, M.sc, Chercheur, Université d'Abomey-Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Département de Production et Santé Animales, Laboratoire de Biotechnologie Animales et de Technologie des Viandes, Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin.

T.M. Issifou, Béninois, Bachelor, Assistant de recherche, Université d'Abomey-Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Département de Production et Santé Animales, Laboratoire de Biotechnologie Animales et de Technologie des Viandes, Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin.

B. Kountinhoun, Béninois, PhD, Maître de Conférences, Université d'Abomey-Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Département de Production et Santé Animales, Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée, Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin.

A.G. Mensah, Béninois, PhD, Directeur de Recherche, Centre de Recherches Agricoles d'Agonkamey, Cotonou, Bénin.

V. Yapi-Gnaoré, Ivoirienne, PhD, Directrice de Recherche, Directrice du Centre International de Recherche-Développement sur l'Elevage en zone Subhumide Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

A.K.I. Youssao, Béninois, PhD, Professeur Titulaire, Université d'Abomey-Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Département de Production et Santé Animales, Laboratoire de Biotechnologie Animales et de Technologie des Viandes, Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin.

Determinants of Crop Residue Use Along an Intensification Gradient in West Africa's Savannah Zones

A.A. Akinola^{1,5*}, T. Abdoulaye^{1*}, D. Valbuena⁵, O. Erenstein², A. Haileslasie³, I. Germaine⁴, M. Shehu⁶ & B. Ayedun¹

Keywords: Tobit model- Crop residue- Intensification gradient- Biomass use- Soil amendment- Nigeria- Niger

Summary

The study compares and contrasts crop residue uses in 3 case study sites along an agricultural intensification gradient in the Sahel-Sudano zone of Niger and Nigeria. It draws on data collected from 24 villages involving 480 households and employs a Tobit model to analyse the determinants of crop residue uses for cereals and legumes. The study uses an innovative classification of crop residue uses as an internal and external service to the farming system. Survey results indicate that internal service as livestock feed constituted the largest share across sites and crop types. Sale of crop residues is the largest external use identified for legumes. The study found that the internal use of cereal crop residue decreases along an intensification gradient. However, legume biomass redistribution within the system (internal service) did not follow a clear intensification gradient. The result of Tobit analyses indicates internal service use was positively influenced by livestock ownership ($p < 0.01$), age ($p < 0.1$), education ($p < 0.01$), training by extension agent on crop-livestock interaction ($p < 0.05$) and crop residue management ($p < 0.01$). However, as household size ($p < 0.01$) increased the probability of enhancing internal services to agricultural systems declined. This suggests that larger households with more pressing demands for cash tend to sell their crop residues at the expense of more sustainable uses such as mulching. The overall pressure on crop residue use was also especially high in the more intensive system of the Kano region.

Résumé

Déterminants de l'utilisation des résidus de cultures selon un gradient d'intensification dans les zones de savanes de l'Afrique de l'Ouest

Cette étude compare et met en perspective l'utilisation des résidus des cultures dans 3 sites selon un gradient d'intensification dans la zone sahélienne et soudano-sahélienne du Niger et du Nigeria. Elle est basée sur des données collectées dans 24 exploitations réparties dans 24 villages et utilise un modèle Tobit pour analyser les déterminants de l'utilisation des résidus des céréales et des légumineuses. L'étude utilise une approche innovante de classification des résidus de culture selon leur utilisation interne ou externe au système de production agricole. Les résultats de l'enquête indiquent qu'une utilisation interne au système, telle que l'alimentation du bétail, représente la plus grande proportion de l'utilisation des résidus de céréales. La vente représente la plus grande utilisation externe pour les légumineuses. L'étude a montré que l'utilisation interne des résidus des céréales décroît selon le gradient d'intensification. Cependant, pour les légumineuses, aucune tendance claire en fonction du gradient n'a pu être identifiée. Les résultats de l'analyse de régression basée sur le modèle TOBIT indiquent que l'utilisation interne est positivement influencée par la possession du bétail ($p < 0,01$), l'âge du chef de ménage ($p < 0,1$), son niveau d'éducation ($p < 0,01$), la participation à une formation sur l'intégration agriculture-élevage ($p < 0,05$) et la gestion des résidus ($p < 0,01$).

¹ International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria

² International Center for Tropical Agriculture, Managua, Nicaragua

³ International Maize and Wheat Improvement Centre, Addis Ababa, Ethiopia

⁴ International Crop research Institute for the Semi-Arid Tropics/ International Livestock Research Institute, Hyderabad, India

⁵ Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria

⁶ Bayero University Kano, Kano, Nigeria

*Corresponding Author: EMail: A.Akinola3@cgiar.org

Therefore, given the importance of crop residue for livestock feed and soil cover in these fragile savannah system and the high pressure for competing uses of crop residues, there is need to develop and promote potential substitute to ensure sustainability.

Cependant la probabilité d'une utilisation interne diminue avec l'augmentation de la taille de l'exploitation. Ceci suggère que les grandes exploitations, avec les besoins en liquidités les plus élevées, vendent plus leur résidus aux dépend des utilisations plus durables comme l'amendement du sol. En général la pression pour l'utilisation des résidus de culture est plus forte dans le site de Kano où la production est la plus intensive. En conséquence, étant donné l'importance des résidus de culture pour l'alimentation bétail, la fragilité des zones de savane et la forte pression pour l'utilisation alternative des résidus de culture, il est nécessaire de développer et de promouvoir des produits de substitution pour garantir un système plus durable.

Introduction

Crop-livestock systems and associated crop residue use in sub-Saharan Africa are socially, economically, and technologically diverse (1, 25, 28, 29, 35). The retention of crop residues for soil enhancement and particularly as mulch to reduce surface run-off, improve rain water infiltration, suppress weed growth and enhance soil health is being advocated in the context of conservation agriculture (16, 17, 20). However, in mixed crop-livestock systems, crop residues have several other purposes among which its use as livestock feed exerts a particular challenge for eventual alternative uses. Households also use crop residues as fuel, roofing and house construction, and as a source of income through sales (5, 12, 13, 14, 15). Farmers may also prefer to burn crop residue in plots to ease land preparation/tillage and control pests and insects. Crop residue management can be linked to population density and associated effects on crop-livestock integration and agricultural intensification (23, 35). For instance, along a population density gradient, crop-livestock interactions are first set to increase and may reach a maximum at an intermediate level of population density, after which crop and livestock specialization sets in, resulting in lower crop-livestock interaction levels (14, 28). It has also been suggested that intensification is an endogenous process in response to increased population pressure (9, 10).

Population growth has historically led societies to invest in land improvements and to adopt technologies that resulted in higher agricultural production per unit of land. As population density increases, changes occur in cropping techniques that at first involve expanding the area under cultivation or, when that is no longer feasible, shortening fallow periods and increasing the labor input to satisfy the higher demand for food (9). In direct contrast to the Malthusian perspective, Boserup's hypothesis was that the problem of population pressure gives rise to its own solution. The scarcity of land, by altering factor prices, results in its more intensive use (9). This view of intensification, with its central tenets of factor substitution and technological change, is also consistent with the "induced innovation" model (18). This model contends that changes in factor proportions will lead to the conservation of the more scarce resource (in this case, land) and to increased use of the abundant resource in production (in this case, labor). As the ratio of land to population decreases, farmers are thus induced to adopt technologies that raise return to land – which potentially could include using crop residues as soil enhancing and mulching.

Crop-livestock systems are diverse and not only associated with population density, but also with differences in agro-ecology and economic opportunities, including the varied nature of the

institutions that govern production relations in different agricultural systems. Agro-ecology for instance influences crop diversity and productivity and availability of alternative feed sources. Crop residues thereby provide an interface among crop, livestock and the environment, and its allocation and use likely involves trade-offs in terms of immediate livelihood interests and long term environmental sustainability (4, 22). One would thus expect crop residue management to have evolved in response to the system context – including crop residue types, farming systems, agro-ecology and market opportunity. Crop residues can provide internal services to the agricultural system when they are used as mulch, or for feeding own livestock. They can also be providers of external services to agricultural systems when devoted to off-farm uses such as sale, *ex-situ* stall feeding etc.

Existence of trade-offs in agricultural systems, between agricultural and broad environmental or socio-cultural objectives had long been established (36). The limited availability of fodder in crop-livestock systems had been associated with internal competition for the use of crop residues (12). How farmers use crop residues depends on individual preferences and the biophysical and socio-economic conditions (15). In the face of competing demands for crop residues and to address the critical need to improve current on-farm productivity and efficiency without jeopardizing long-term environmental sustainability, better understanding of farmers' decision-making with respect to the use of biomass becomes imperative. The decision made by farmers at any time will favour short time on-farm productivity and efficiency or long-term economic benefits or both. However, immediate need for cash and the current discount rate could necessitate farmers' decisions to be detrimental to long-term environmental sustainability and benefits when full knowledge of long time benefits is lacking.

It therefore becomes imperative to investigate drivers of farmers' decisions to use crop residues for internal services in order to guarantee both short term and long term benefits of productivity, efficiency and environmental sustainability.

This study investigates crop residue use in the Sahelian and Sudan savannah zones of West Africa. In this zone crop-livestock systems predominate and crop residues are an important feed source, used both in situ and ex situ (19, 22).

Specifically, the paper quantifies crop residue uses in three case study sites along an intensification gradient, and assesses the determinants of their use as internal service/input to the agricultural production system or as an external service/output. The remainder of this paper will first discuss methods and then present the results. Study findings are then discussed before some conclusions are drawn.

Methodology

Data collection

This study purposely selected three case study areas in the semiarid Sahel and Sudan savannas along a gradient of population density and associated crop-livestock integration and agricultural intensification (Kano–Nigeria; Maradi–Niger; Fakara–Niger) following (35).

The study sites can be ordered in terms of their crop production intensity as high for Kano, average for Maradi and low for Fakara (Table 1).

The gradient reflects decreasing rainfall – from a high in Kano (the most Southern site) to a low in Fakara (in western Niger) – as well decreasing market access. In Kano sorghum, millet, cowpea and groundnut are the predominant crops, with millet increasingly replacing sorghum proceeding along the gradient. In Fakara, sorrel (*Rumex acetosa*, a perennial herb and leaf vegetable) is also an important crop. The cereals and cowpea are primarily grown for home consumption, whereas groundnut and sorrel are primarily grown for the market. Cattle, sheep and goats are the predominant livestock across the sites.

The study applied a multi-stage sampling technique to draw a sample from 24 villages and 480 households surveyed Fakara and Maradi in Niger as well as Kano in Nigeria.. Each study site was first stratified based on market access reflecting distance to market centres and major roads from which a total of 8 villages were selected randomly. In each village a census was first conducted to list

Table 1

Selected characteristics of research sites,
savannah zone West Africa.

Fakara (western Niger)	Maradi (south-central Niger)	Kano (northern Nigeria)
Low	Medium	High
500	600	700
2.0	2.7	3.3
0.3	0.5	0.6

Source: Adapted from Valbuena *et al.*, (35).

all household before 20 households were randomly selected (see 35 for more details).

Data analysis

Descriptive statistics, such as mean, standard deviation and frequency distributions were computed and used for household characterization. A Tobit model was used to determine factors associated with crop residue use in the study areas. Crop residue use can be categorized as an internal service/input to the agricultural production system or as external:

1. Internal service/input to agricultural production system (crop and/or livestock): primarily revolves around the use of crop residues as soil enhancing (including mulching) and as livestock feed – either through in situ stubble grazing or ex situ through stall feeding.
2. External service/output to agricultural production system – i.e. uses other than those associated with the internal agricultural production system within the farm, including any off-farm uses and non-agricultural on-farm uses. This primarily revolves around crop residue sales and gifts, in situ burning, household fuel and construction.

The internal vs external service of crop residues corresponds to a large extent with the associated biomass and nutrient flows within or out of the agricultural production system. For instance, most crop residues fed to livestock on the farm will be converted to manure, most of which is eventually returned to the crop field – either during stubble grazing or collected from stall feeding. However some of the external services may partially remain

within or return to the agricultural system – for instance in case of ashes from in situ or *ex situ* burning and re-cycling of construction material.

Theoretical model

Households are faced with decisions to export crop residues from the agricultural systems in order to meet immediate exigencies or internal services such as mulching that favour long time sustainability of resources. The theoretical model of the household's decision to utilize crop residues for internal services that promotes long time sustainability of land, productivity or efficiency is assumed as the adoption of a new technology and treated as a continuous but discrete choice following (2).

It is assumed that the household makes the decision to use residues for internal services that promotes sustainable use of land based on the utility that is derived from the chosen agricultural technique. The household chooses between those defined as internal services or external services decision is made based on the farming technique(s) that delivers the maximum utility.

Household utility maximization is modelled to explain farmers' adoption behaviour following (11) because households are both consumers and producers of goods. And since the farmers often operate under various market imperfections characterized limited by transportation, imperfection of information availability to consumers and, erratic production methods, an expected utility maximization framework could be used to represent choices made under such market uncertainty. An expected utility maximization model is developed based on the assumption that farmers' decision making is conditioned by resources available, knowledge they possess, and constraints which limit these activities. The household utility maximization model is based on the expected value of the non-observable underlying utility function that ranks the preference of the i th household according to the chosen crop residue' use.

The non-observable utility function, U_i , is represented by Equation I:

$$E [U_i B (C_i (H_i, A_i), Z_i)] \quad (I)$$

where C represents the household goods consumed, Z , is a group of other factors (including leisure), E is the expectations operator, B represents the crop residue choice ($B=1$ when internal services are on the lot and $B=2$ when external services are employed), i indicates the individual household. Consumption of farmers is derived from observable socio-economic characteristics, H , (such as farm size, and age and education level of the household heads), and from observable crop residue characteristics where the technology refers to the crop residue usage chosen by the household. The choice of technology therefore determines farm yield and household income, which are influenced by the labour limitations of the family.

Input and output levels of agricultural production will differ according to the farm technique. Although the utility is unobservable, the relation between the utility derived from a specific technology is a function of the vector of the observed farm and technology characteristics included in the utility measurement. The family chooses between $E[U_{i1}]$ and $E[U_{i2}]$ depending upon which agricultural technology yields the greatest expected utility. The utility ranking of the chosen technology is therefore estimated from the vector of observable farm and technology characteristics as indicated in the equation II.

$$E[U_{iT}] = \alpha_i F_i(X_i) + e_i \quad T=1,2 \quad i=1, \dots, n \quad \text{II}$$

where e_i is a normally distributed disturbance term. The i th family will choose to export biomass (external services) from the farm if $U_{i1} < U_{i2}$ (although, a minor limitation of this study), or if the latent variable $Y^* = U_{i1} - U_{i2} < 0$ and will choose using the biomass as an internal system when $U_{i1} > U_{i2}$, or if the non-observable latent variable $Y^* = U_{i1} - U_{i2} > 0$ (Equation III).

$$Y_i = \begin{cases} 1 & \text{if } U_{i1} > U_{i2}, \text{ Internal services are adopted} \\ 0 & \text{if } U_{i1} < U_{i2}, \text{ External services are adopted} \end{cases} \quad \text{III}$$

The probability that the i th household use crop residue for internal services (the probability that Y_{it} equals one), is a function of the independent variables as indicated in the Equation IV.

$$P_{it} = \Pr(Y_i) = 1 = \Pr(U_{i1} > U_{i2}) \quad \text{(IV)}$$

$$\Pr[\alpha_1 F_i(X_i) + e_{i1} > \alpha_2 F_i(X_i) + e_{i2}]$$

$$\alpha_2 - \alpha_1$$

$$(e_{i1} - e_{i2}) > F_i(X_i)$$

$$\Pr[\mu_i > \alpha_2 F_i(X_i) \beta]$$

$$\Pr$$

where X is an $n \times k$ matrix of explanatory variables, and β is a $k \times 1$ vector of coefficients to be estimated. The probability that the i th household use crop residue for the internal system is therefore the probability that the utility gained from external system' use less than the utility gained from the adoption of sustainable activities of internal system (the accumulation distribution function of F for i evaluated at X_i). If μ_{ij} is normal, F will have a cumulative normal distribution, and if μ_{it} is uniform then F is triangular. For the purpose of this analysis, μ_{it} is assumed to be normal, thereby necessitating the use of Tobit model.

The stochastic model underlying Tobit as suggested by Tobin (34) can be expressed by the following the Equation V.

$$y_i = X_i \beta + u_i \quad \text{if } X_i \beta + u_i > 0 \quad \text{and} \quad \text{(V)}$$

$$0 \quad \text{if } X_i \beta + u_i \leq 0$$

$$i = 1, 2, \dots, N,$$

Where N is the number of observations, y_i is the dependent variable, X_t is a vector of independent variables, β is a vector of unknown coefficients, and u_t is an independently distributed error term assumed to be normal with zero mean and constant variance σ^2 . Thus the model assumes that there is an underlying, stochastic index equal to $X_t \beta + u_t$ which is observed only when it is positive, and hence qualifies as an observed, latent variable.

The total change in y can be disaggregated into two very intuitive parts: (1) the change in y of those above the limit, weighted by the probability of being above the limit; and (2) the change in probability of being above the limit, weighted by the expected value of y if above. The value of dependent variable is in proportions. Invariably, tobit could be used instead of logit or probit where the dependent variable assumes the value of 1 and zero.

The estimates of the disaggregated variables as well as their marginal effects can then be obtained as stated by Amemiya (4) and, McDolnald and Moffit (27).

Empirical model

The theoretical Tobit model was fitted with the collected data. The dependent variable is the proportion of crop residue used for internal services/input within the agricultural production system - which by definition mirrors and complements the proportion of crop residue external to the agricultural production system. In order to justify the use of tobit model, an OLS estimates of the model was done and results presented. The empirical model was specified in the Equation VI.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 HHAGE + \beta_2 HHEDU + \beta_3 HHGENDER + \beta_4 HHSIZE + \beta_5 TLU + \beta_6 CREDITAC + \beta_7 PLOTMANU + \beta_8 FERTPHA + \beta_9 OUTPUTPH + \beta_{10} CROEXT + \beta_{11} EXTLIVST + \beta_{12} KANO + \beta_{13} FAKARVAR + \mu \quad VI$$

The multidisciplinary explanatory / independent variables included farmer, farm and institutional factors postulated to influence adoption of technologies. These variables include age of the household head in years (*HHAGE*), years of education of the household head (*HHEDU*), household size (*HHSIZE*), aggregate livestock ownership (Tropical Livestock Units, *TLU*), access to credit (*CREDITAC*), distance of the field from the house measured in kilometres (*FIELDDIST*), total asset of the farmers in Nigeria Naira (*ASSET*). Others include training received on importance of crop residue use (*CROEXT*) and training on crop-livestock integration (*EXTLIVST*). Moreover, variations associated with gradients of population density and associated crop-livestock integration and agricultural intensification are captured by the two region dummies of Fakara and Kano, *FAKARVAR* and *MARADVAR*, respectively (See Table 2).

The rationale for inclusion of these factors was based on previous agricultural technology adoption literature and the analysis of these systems (8, 30, 31). The expected effect of age (*HHAGE*) on the use of crop residue is ambivalent and likely location- and technology-specific. Previous studies show that the age affect mental attitude to new ideas and influences adoption in several ways.

Younger farmers have been found to be more knowledgeable about new practices and may be more willing to bear risk and adopt innovations because of their longer planning horizons. On the other hand, older farmers even though might be risk averse may have more experience, resources, or authority that may give them more possibilities for trying a new technology.

Education (*HHEDU*) was hypothesized to positively influence the internal service use of crop residue. Education increases the ability of farmers to use their resources efficiently and the allocative effect of education enhances the farmer's ability to obtain, analyze and interpret information (3, 6).

Similarly, effect of education is expected to increase along the intensification gradient from Fakaya to Kano.

Household size (*HHSIZE*) has been identified to have either positive or negative influence on adoption (6, 24, 26, 37). However, in this study larger family size could be associated with a greater labor force being available to the household for the timely operation of farm activities including crop residue use. More labor hours could be used on collecting and transporting crop residue away from the farm. The study hypothesizes that increased household size could favour external service use. Moreover, since population increases along the intensification gradient, external service use is expected to increase across the intensification gradient. Institutional factors of prior farmer training on crop residue use (*CROEXT*) and crop-livestock integration (*EXTLIVST*) as well as access to credit (*CREDITAC*) are hypothesized to positively influence the internal service use.

The training variable incorporates the information that the farmers obtain on their production activities on the importance and application of innovations through counselling and demonstrations by extension agents on regular bases. The effect of this information on adoption varies depending on channel, source, content, motivation, and frequency. The present study hypothesized that the respondents who frequently receive training have higher probability of adoption than those that do not (6, 33). We also expect access to training to increase along the intensification gradient.

Table 2
Description of key variables for regression.

Variable	Variable descriptions	Units
HHAGE	Age of the household head in years	Years
HHEDU	Years of formal education completed by the household head.	Years
GENDER	Gender of the household head. 1 if male, 0 if not.	
HHSIZE	Household size, i.e., number of people living together under the same roof and eating from the same pot.	
CROPEXT	An ordinal measure of farmer's having received training on crop residue use. 1 if training was received, 0 if not.	
EXTLIVST	An ordinal measure of farmer's having received training on crop-livestock integration. 1 if training was received, 0 if not.	
CREDITAC	Access to credit measured by farmer's access to a source of credit, such as co-operative society, at a reasonable cost. 1 if there was access, 0 if not.	
PLOTMANU	Quantity/ha of manure applied.	Kg/ha
FERTPHA	Quantity/ha of fertilizer applied.	Kg/ha
OUTPUTPH	Quantity/ha of major output produced.	Kg/ha
TLU	Aggregate livestock holding of the household, as probable source of wealth.	Tropical Livestock Units
FAKARVAR	Fakara dummy; Fakara 1, Kano and Maradi 0	
KANOVAR	Kano dummy, Kano 1, Fakara and Maradi 0	

The variable, *CREDITAC*, takes cognizance of farmers' access to sources of credit to finance the agricultural activities and thereby boosts farmers' readiness to adopt technological innovations. It is hypothesized that the variable has a positive influence on the probability of the adoption and use of improved technologies (37). It is measured as a dichotomous variable with access being one, and zero for no access. It is expected to reduce the need to sell crop residues and thereby enhance the internal service use and increase along the intensification gradient.

Measures of wealth, livestock ownership (*TLU*), and *ASSET* are hypothesized to enhance the internal service use of crop residue and to increase along the intensification gradient (33). They represent capital that could be used either in the production

process or be exchanged for cash or other productive assets.

Livestock and assets increase the availability of capital which makes investment in production activities feasible. The livestock holding possessed by the households (*TLU*) is expected to positively relate to the internal service use given increased feed demand. Livestock type affects feed demand (14) and larger animals such as cattle are expected to enhance the internal service use. Farmers in the area own different types of livestock. To have a common unit of measurement for different types, we converted all into Tropical Livestock Unit. Cropping patterns, population and livestock density, residue use, and availability of resources potentially

differ by agroecology. Based on this, it is hypothesized that in the region specific variables - *FAKARVAR* and *MARADVAR* could be positive or negatively related to crop residue use.

Results and Discussions

Demographic and socio-economic characteristics of the sampled households

The characteristics of the sampled households were variously associated with the intensification gradient (Table 3). The average respondent was young (45) and with a household of 10-12 – being consistent across the gradient. This relatively young age might influence the availability of labor for agricultural activities, for testing of agricultural innovations, and production of biomass (6). The average educational level increased along the intensification gradient – from about 3 years in Fakara to 9 years in Kano. Most previous studies have found a positive relationship between literacy and the ability to process information on agricultural innovations (2). Land ownership increases along the intensification gradient – being near universal in Kano – although farm size tends to decrease along the same, with the largest average farm size in Fakara (Table 4). In Kano about 12% for farm households were also involved in shared cropping, while only 2% rented in; whereas in the less intensive Fakara, renting was 23% while shared cropping was negligible. Livestock ownership was common throughout the study area reflecting the prevalence of mixed crop-livestock systems. Livestock holding per farm household decreases along the intensification gradient (Table 4): i.e. the largest herds (in terms of *TLU*) were observed in Fakara, the lowest in Kano, the latter with a large proportion of small ruminants, in line with Mortimore (29).

However, given lower population density and larger farm sizes in Fakara, livestock density actually increases along the intensification gradient (Table 1). In spite of the important role that livestock play in the household economy and capital accumulation, purposive forage or pasture cultivation was negligible throughout the study areas. Livestock were primarily fed with biomass from crop residues and communal lands like few grasslands, roads and weeds.

The cropping system across the gradient is dominated by cereals (58-72% of the cropped area, primarily sorghum, millet) followed by legumes (17-38% of the cropped area, primarily cowpea, groundnut – Table 4). In line with the intensification gradient, crop intensification indicators– including fertilizer use, manure application and yields –were increasing from Fakara to Kano. However, average rates of fertilizer and manure use remain low throughout.

The institutional characteristics were increasing with the intensification gradient. These include agricultural training, savings and access to credit (Table 3) – albeit the latter mainly from the informal sector. The provision of credit is increasingly regarded as an important tool for raising the incomes of rural populations, mainly by mobilizing resources for more productive uses (21).

Crop residue use in the Sudano-Sahelian zone

Crop residue uses varied across crop types and study regions (Table 5), comprising both internal and external services. Internal service as livestock feed constituted the largest share across sites and crops–averaging 34-59% for cereal stover biomass (millet and sorghum) and 70-80% for legume haulms (cowpea and groundnut). In line with their feed value, legume haulms were consistently preferred over cereal stovers. Across sites, there was no marked difference between cowpea and groundnut haulms, notwithstanding increased research interest in cowpea haulms as feed (32). Sorghum stover was generally preferred as feed over millet stover across sites. Internal service as soil amendment/mulching was largely limited to the most extensive systems (Fakara) and millet stover, and to a lesser extent sorghum and sorrel. Sales of crop residues were the main external service/output and more common for legume haulms biomass (15-24%) compared to cereal stover (5-6%). Crop residue sales were positively associated with the intensification gradient – with highest average shares in Kano both for legume haulms (31-41%) and cereal stover (21%). Sale of cowpea biomass was somewhat higher than for groundnut across sites, off-setting the somewhat higher feed use of groundnut. Gifts of legume haulms were equally common for the two legumes.

Table 3

Demographic and institutional characteristics surveyed households by research site, Savannah zone West Africa.

Variables	Fakara (n =156)	Maradi (n=160)	Kano (n =159)
Demographic Characteristics			
Age of the household head	46(14)	45(16)	45(14)
Years of education household head	2.6(3.6)	5.8(7.4)	8.8(4.2)
Male headed household (% of respondents)	98.7	98.7	99.4
Household size	11.9(22.5)	9.7(18.9)	11.1 (24.6)
Institutional characteristics			
With credit (% of respondents)	33	54	76
With savings (% of respondents)	16	42	95
Received training (% of respondents):			
- on crop residue management	72	0	100
- on crop livestock integration	61	37	100

Figures in parentheses represent standard error. Source: Data analysis, 2012.

Table 4

Farm characteristics surveyed households by research site, savannah zone West Africa.

Variables	Fakara (n =156)	Maradi (n=160)	Kano (n =159)
Land ownership (% of respondents)	76	85	96
Farm size (ha hh ⁻¹)	11.9(23.7)	3.7(15.6)	4.8(19.5)
Livestock holding (TLU hh ⁻¹)	4.9(10.4)	4.4(4.8)	2.9(4.5)
Crop area (% cultivated area)			
- Cereals	58	72	65
- Legumes	38	17	27
- Other	4	11	8
Livestock composition (% TLU)			
- Large ruminants	80	59	12
- Small ruminants	15	34	63
- Other stock	5	7	25

Figures in parentheses represent standard error. Source: Data analysis, 2012.

Table 5

Crop residue uses (% of biomass) reported by surveyed households by crop and research site, savannah zone West Africa.

	Internal	service	External	Service	Burnt (<i>in situ</i>)	Fuel	Construction
	Mulch	Feed	Sold	Gift			
All							
Millet	24	34	5	5	2	22	8
Sorghum	8	59	6	2	2	18	5
Cowpea	3	70	24	4	0	0	0
Groundnut	0	80	15	5	0	0	0
Fakara							
Millet	49	39	5	1	0	1	5
Sorghum	28	57	8	1	0	2	4
Cowpea	7	68	21	4	0	0	0
Groundnut	0	87	13	0	0	0	0
Sorrel	32	50	11	0	1	2	4
Maradi							
Millet	13	65	8	1	0	10	3
Sorghum	7	81	6	1	0	4	0
Cowpea	2	90	7	1	0	0	0
Groundnut	0	90	5	6	0	0	0
Kano							
Millet	0	31	21	4	3	28	13
Sorghum	1	39	21	4	3	18	14
Cowpea	0	67	31	3	0	0	0
Groundnut	2	57	41	1	0	0	0

Source: Data analysis, 2012

Taken together, legume biomass was used solely as internal feed or for external sales/gifts – reiterating their higher value compared to cereal stover. The cereal stover use was more diverse – including internal services as soil mulch (8-24%) and external services such as household fuel (18-22%), construction (5-8%) and *in situ* burning (2%).

These other services were associated with the intensification gradient – with internal soil enhancing/mulch being largely absent in Kano with the reverse being true for the other external services (Table 5).

The more intensive systems in Kano thereby showed considerable pressure on biomass given their intensive use for feed, sales, fuel and construction with limited surplus remaining for alternative uses. In the more extensive systems in Fakara, crop residue use centres basically on livestock feeding with limited sales and substantial surplus cereal residues remaining as soil amendment/mulch in the field.

The diversity in crop residue use intensity along the intensification gradient and particularly in the more intensive systems raises concerns on systems sustainability and livelihood security. Further capacity building of farmers could help promote internal services and recycling to enhance system sustainability in these fragile and stressed agro-ecologies. However, this also calls for appropriate innovations to facilitate sustainable intensification. The grouping of crop residue use in terms of internal and external services to the agricultural production system reinforces the important roles played by crop residues along the intensification gradient (Table 6). Cereal biomass redistribution within the farming system was highest in Fakara (76 percent %), and followed by Maradi (66 percent %). The figure was lowest in Kano (61 percent). On the other hand, export of cereal residue from the system was highest in Kano (39 percent). The result indicates that the use of cereal crop residue for internal services that favour long time sustainability decreased along the intensification gradients. This might be connected to reduced access to fertilizers and other intensification inputs that increase along the intensification gradients. Increasing availability of alternative land enhancing inputs could be a driving force making farmers to use less of the available cereal crop residues along the intensification gradient. However, there was substantial legume biomass export (>82 percent in all the sites) out of the system. Maradi had highest legume biomass redistribution within the system. Generally, there was more legume biomass export out of the system in Kano followed by Fakara. The high export of legume biomass out of the systems could be traced to high sales of legume crop residues for cash in both sites. The proximity of these sites to urban markets and/or availability of

few cash crops to generate cash earnings could necessitate better exchange of legume haulms for cash in both Kano and Fakara compared to Maradi.

Determinants of crop residue uses

Tobit model was run alongside with multiple regression model. However, Tobit model was preferred based on theoretical a priori expectation and statistical significance of the variables as well as better fitness of fit of regression equation. The results of the Tobit model are summarized in Table 7. Based on the size of sigma and log-likelihood, the model has an overall good fit. The log-likelihood was -2169.02 and was significant at 1 percent. Similarly, the sigma was 28.78 and was also significant at 1 percent.

The variables of age (*HHAGE*), education (*HHEDU*), household size (*HHSIZE*), training received on the use of crop residue (*CROPEXT*), training in livestock (*EXTLIVST*), livestock ownership (*TLU*) and region specific variables (*FAKARVAR* and *KANOVAR*) were the significant factors influencing the probability and intensity of internal services to the agricultural system (Table 7). One year increase in age of farmer increased the probability of enhancing internal service by 0.01%. The results indicated that the probability of redistributing biomass within the system (internal service) increases as farmers grow older. This is related to due fact that older farmers tend to have better experience that reinforces their understanding of enhancing internal services to the agricultural system.

Education was positively and significantly related to the probability and intensity of enhancing internal services to agricultural system. This is also in agreement with our expectation that trained farmers have better insights of the importance of biomass as soil enhancing technology. An additional one year of formal education obtained increased the probability and intensity of boosting internal service of agricultural system by about 0.6 percent. This was further substantiated by the findings that training of farmers via extension services on crop residue use also positively influenced internal services of agricultural system. An average farmer that received the training had 14 percent increase in the probability of enhancing internal services of agricultural system compared to those who have not

Table 6

Aggregate crop residue use (% of biomass) for internal and external services to agricultural system by crop type and research site, savannah zone West Africa.

Service	Kano		Maradi		Fakara	
	Cereal Stover	Legumes haulms	Cereal Stover	Legumes haulms	Cereal Stover	Legumes haulms
	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)
External	39 (19)	99 (21)	34 (24)	81 (23)	24 (16)	93 (19)
Internal	61 (21)	1 (4)	66 (24)	19 (9)	76 (26.7)	7 (7)

Figures in parentheses represent standard error.

Source: Data analysis, 2012.

Table 7

Determinants of crop residue use for internal crop services to agricultural production system across research sites, savannah zone West Africa (Tobit model).

Variable	Tobit regression estimates			Multiple regression estimates	
	Coefficient	P[Z >z	Marginal effect	Coefficient	P[Z >z
CONSTANT	26.971***	0.0000	2697	-3352	0.7197
HHAGE	0.013*	0.0575	1	59	0.7803
HHEDU	0.580**	0.0193	58	509	0.7010
HHSIZE	-0.559**	0.0117	-6	-1328	0.0561
FIELDDIST	6	0.8283	1	2	0.9816
CROPEXT	14.126***	0.0002	1,413	2727	0.7754
EXTLIVST	6.198**	0.0347	620	11299	0.2263
FAKARVAR	38.209***	0.0000	3821	-2361	0.7546
MARADVAR	45.852***	0.0000	4583	-13498	0.1207
CREDITAC	-1505	0.5826	-151	2902	0.7366
TLU	0.9499***	0.0000	95	740	0.2468
ASSET	-15	0.3524	-2	1	0.9923
Log likelihood function	-2169.02				
Number of observations	476				
Sigma	28.78				

Significant at 1%, 5% and 10%, respectively.

Source: Data analysis, 2012.

received any training. Similarly, exposure to training about crop-livestock integration increased internal services to agricultural system. One unit increase in education on crop-livestock integration increased the probability of enhancing internal services to agricultural systems by about 6 percent.

Livestock ownership also increased the probability of enhancing internal services to agricultural systems. An increase in livestock ownership of farming households by 1 tropical livestock unit increased the probability of enhancing internal services to agricultural systems by about 1 percent. Farmers possessing livestock took the advantage of using manure from the animals for greater biomass production and redistributed the biomass within the system by feeding the crop residues to their livestock thereby boosting the internal services to agricultural systems.

However, as household size increased the probability of enhancing internal services to agricultural systems declined. One unit increase in household size decreased the probability of boosting internal services to agricultural systems by 0.6 percent. This suggests that larger households tend to sell their crop residues to supplement their income through sales in market or other places. Therefore, crop residues are being exported out of the system not allowing more sustainable internal uses such as soil cover or mulching to be done. Our findings on the location-specific variables agree with the a priori expectation that probability of redistributing biomass within the farm (internal service) increased along the gradient of intensification from Fakara to Maradi. Compared to Kano, the two location specific variables were positively related to probability of enhancing internal service. Agro-ecological attributes associated with living in Fakara had the tendency of increasing the probability of redistributing crop residue within the system by about 38 percent but agro-ecological characteristics in Maradi increased probability of reallocating by about 46 percent (Table 7).

Conclusion and recommendations

The study confirms widespread crop residue use both as internal service to agricultural production (particularly livestock) and as external service/output in West Africa's savannah zones. Cereal biomass redistribution within the farming system (internal service) was highest in Fakara and followed by Maradi and lowest in Kano. This supports that cereal crop residue uses as internal decreases along an intensification gradient. However, Maradi had highest legume biomass redistribution within the system (internal service). Generally, there was more legume biomass export out of the system in Kano followed by Fakara. Therefore, internal uses of legume uses do not follow a clear intensification gradient.

The Tobit regression results also showed that age of the farmer, education, and training by extension agent on crop-livestock interaction and crop residue management were positively and significantly related to probability and intensity of use for internal services. Similarly, livestock ownership and region specific variables were positively significant in influencing the probability and intensity of use of crop residue for internal service. However, as household size increased the probability of enhancing internal service to agricultural systems declined. Therefore, given the importance of crop residue for livestock feed and soil cover in these fragile savannah system and the high pressure for competing uses of crop residues, there is need to develop and promote potential substitute to ensure sustainability.

Acknowledgements

This publication is an output from Crop-Livestock Systems, a project led by the International Livestock Research Institute (ILRI), supported by International Institute of Tropical Agriculture but funded by the System-wide Livestock Programme (SLP). The sponsor is gratefully acknowledged.

Literature

1. Akinola A.A., Ayedun B., Abubakar M., Sheu M. & Abdoulaye T., 2015, Crop Residue Usage and its Determinants in Kano State, Nigeria. *J. Dev. Agric. Econ.*, **7**, 4, 162 – 173.
2. Akinola A.A., Alene A.D., Adeyemo R., Sanogo D., Olanrewaju A.S., Nwoke C., Nziguheba G. & Diels J., 2010, "Determinants of Adoption and Intensity of use of Balanced Nutrient Management Systems Technology in the Northern Guinea Savanna of Nigeria". *Quarterly J. Int. Agric.*, **49**, 1, 25-45.
3. Alene A.D., Poonyth D. & Hassan R.M., 2000, "Determinants of adoption and intensity of use of improved maize varieties in the central highlands of Ethiopia: A Tobit analysis", *Agrekon: South Afr. J. Agric. Econ.*, **39**, 4, 633- 643.
4. Amemiya T., 1984, Tobit models: a survey, *J. Econ.*, **24**, 3-61.
5. Bationo A. & Buerkert A., 2001, Soil organic carbon management for sustainable land use in Sudano Sahelian West Africa. *Nutr. Cycling Agr. Ecosyst.*, **61**, 131-142.
6. Bamire A.S., Fabiyi Y.L. & Manyong V.M., 2002, Adoption pattern of fertilizer technology among farmers in the ecological zones of South-Western Nigeria: A Tobit analysis, *Aust. J. Agric. Res.*, **53**, 901-910.
7. Bamire A.S. & Manyong V.M., 2003, The profitability of intensification adoption technologies among smallholder maize farmers in the forest-savanna transition zone of Nigeria, *Agric. Ecosyst. Environ.*, **100**, 111-118.
8. Bekele W. & Drake L., 2003, Soil and water conservation decision behavior of subsistence farmers in the Eastern Highlands of Ethiopia a case study of the Hunde-Lafto area. Elsevier Science Ltd., *Ecol. Econ.*, **46**, 3, 437-451.
9. Boserup E., 1965, The Conditions of Agricultural Growth: *The Economics of Agrarian Change under Population Pressure*. Chicago: Aldine. London: Allen & Unwin.
10. Boserup E., 1981, *Population and Technological Change: A Study of Long Term Trends*. Chicago: University of Chicago Press
11. Caviglia J.L. & Kahn J.R., 2001, Diffusion of Sustainable Agriculture in the Brazilian Tropical Rain Forest: A Discrete Choice Analysis," *Econ. Dev. Cultural Change*, **49**, 2, 311-333.
12. Erenstein O., 2002, Crop residue mulching in tropical and semi-tropical countries: An evaluation of residue availability and other technological implications, *Soil Tillage Res.*, **67**, 2, 115-13
13. Erenstein O., 2003, Smallholder conservation farming in the tropics and sub-tropics: a guide to the development and dissemination of mulching with crop residues and cover crops, *Agric. Ecosyst. Environ.*, **100**, 17-37.
14. Erenstein O. & Thorpe W., 2010, Crop-livestock interactions along agro-ecological gradients: A meso-level analysis in the Indo-Gangetic Plains, India, *Environ. Dev. Sustainability*, **12**, 669-689.
15. Erenstein O., Samaddar A. & Teufel N., 2010, The paradox of limited maize stover use in indian's smallholder crop-livestock system, *Exp. Agric.*, **47**, 677 -704.
16. FAO, 2008, *The state of food and Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Rome, 2008. ISSN 0081-4539
17. Giller K.E., Witter E., Corbeels M., Tittonell P., 2009, Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: The heretics' view, *Field Crops Res.*, **114**, 23-34
18. Hayami V. & Ruttan W., 1985, *Agricultural Development: An International Perspective* (Johns Hopkins University Press, 1985
19. Harries F., 1999, *Intensification of Agriculture in Semi-Arid Areas: Lessons from the Kano Close-Settled Zone*, Nigeria. Gatekeepers Series No.59
20. Hobbs R.J., 2007, Restoration Ecology: are we making an impact?, *Restor. Ecol.*, **15**, 4, 597- 600
21. Hossain M., 1988, *Credit for the alleviation of rural poverty: The Grameen Bank in Bangladesh*. IFPRI Research Report, 65
22. IITA., 2010, *Balancing Livestock Needs and Soil Conservation: Assessment of Opportunities in Intensifying Cereal-Legume-Livestock Systems in West Africa: CGIAR System Wide Livestock Program, Project Final Report*. Addis Ababa (Ethiopia). 56 p.

23. ILRI, 2003, ILRI annual report 2003: Innovative partnerships. ILRI, Nairobi, Kenya. ISBN 92-9146-164-4.
24. Lamers J., Bruentrup M., Buerkert A., 1997, The profitability of traditional and innovative mulching techniques using millet crop residues in the West African Sahel. *Agric. Ecosyst. Environ.*, **67**, 23-35.
25. Leeuw P. N., 1997, *Crop residues in tropical Africa: Trends in supply, demand and use. Crop residues in sustainable mixed crop/livestock farming systems*. C. Renard. Wallingford, UK, CAB-ICRISAT-ILRI: 41-78.
26. Manyong V.M. & Houndekon A.V., 1997, *Land tenurial systems and the adoption of mucuna planted fallows in the derived savannas of West Africa*. Paper presented at the workshop on property rights, collective action and technology adoption. ICARDA. November 22-25. Aleppo, Syria.
27. McDolnald J.F., Moffit R.A., 1980. The uses of Tobit Analysis, *Rev. Econ. Stat.*, **62**, 2, 318 – 321.
28. McIntire J. & Gryseels G., 1987, Crop-Livestock Interactions in Sub-Saharan Africa and their Implications for Farming Systems Research, *Exp. Agric.*, **23**, 235-243.
29. Mortimore M., 1991, *A review of mixed farming systems in the semi-arid zone of sub-Saharan Africa*. Working document No. 17. ILCA.
30. Nkonya E., Schroeder T. & Norman D., 1997 Factors affecting adoption of improved maize seed and fertilizer in Northern Tanzania. *J. Agric. Econ.*, **4**, 1-12.
31. Oluoch-Kosura W.A., Marenja P.P. & Nzuma M.J., 2001, Soil fertility management in maize-based production systems in Kenya: current options and future strategies. Paper submitted at the Seventh Eastern and Southern Africa regional maize conference, Nairobi, 350-355.
32. Singh B.B., Ajeigbe H.A., Tarawali S.A., Fernandez-Rivera S., Abubakar M., 2003, Improving the production and utilization of cowpea as food and fodder, *Field Crops Res.*, **84**, 169-177.
33. Shiferaw B. & Holden S.T., 1998, Resource degradation and adoption of land conservation technologies in the Ethiopian Highlands: A case study in Andit Tid, North Shewa, *Agric. Econ.*, **21**, 241-256.
34. Tobin J., 1958, Estimation of relationships for limited dependent variables, *Econ.*, **26**, 29-39.
35. Valbuena D., Erenstein O., Kee H.S., Tahirou A., Claessens L., Duncan J.A., Gerard B., Rufino M., Teufel N., Van Rooyen A. & Van Wijk M.T., 2012, *Conservation agriculture in mixed crop livestock systems: scoping crop residue tradeoffs in sub Saharan Africa and south Asia*. *Field Crops Res.* **132**, 175-184.
36. Vermeulen S., Zougmore R., Wollenberg E., Thornton P.K., Nelson G., Kristjanson P., Kinyangi J., Jarvis A., Hansen J., Challinor A.J. & Campbell B., 2011, Climate change, agriculture and food security: a global partnership to link research and action for low-income agricultural producers and consumers, *Curr. Opin. Environ., Sustain.*, **4**, 1-6
37. Zeller M., Diagne A. & Mataya C., 1998, Market access by smallholder farmers in Malawi: Implications for technology adoption, agricultural productivity and crop income, *Agric. Econ.*, **19**, 219-229.

A.A. Akinola, Nigerian, PhD, Agricultural Economist, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria.

T. Abdoulaye, Nigerien, PhD, Impact Economist, International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria.

D. Valbuena, Nicaraguan, PhD, Agronomist, International Center for Tropical Agriculture, Managua, Nicaragua.

O. Erenstein, Ethiopian, PhD, Agricultural Economist, International Maize and Wheat Improvement Centre, Addis Ababa, Ethiopia.

A. Haileslassie, Ethiopian, PhD, Agricultural Economist, International Crop research Institute for the Semi-Arid Tropics/International Livestock Research Institute, Hyderabad, India.

I. Germaine, Indian, PhD, International Crop research Institute for the Semi-Arid Tropics/International Livestock Research Institute, Livestock Research Institute, Hyderabad, India.

M. Shehu, Nigerian, PhD, Professor, Kano University of Science and Technology, Nigeria.

B. Ayedun, Nigerian, PhD., Socio-economist, International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria.

Adoption of Mechanized Postharvest Cassava Processing Technologies, and the Determinants of High Quality Cassava Flour (HQCF) Processing in Tanzania

P.S. Amaza^{1*}, A.B. Abass², B. Bachwenkiz² & E.E. Towo³

Keywords: Adoption- Cassava flour- Double-hurdle model- Intervention- Postharvest- Tanzania

Summary

In this study, the factors influencing the adoption of mechanized technologies for processing cassava into a value-added high quality cassava flour (HQCF) by rural households in Tanzania were examined. A structured questionnaire was used to collect data from 400 households in villages which carry out both mechanized and non-mechanized cassava processing activities. The questionnaire focused on the households' socio-economic characteristics and their adoption parameters. Data were analysed using descriptive statistics and the double-hurdle model. The study revealed a positive correlation between the level of awareness of mechanized cassava processing technologies and their rate of adoption. In addition, the adoption decisions made by the households were significantly influenced by a number of factors, such as the gender of the processors, the distance of the processing sites to the nearest tarmac road, and the cost of capital required to invest in HQCF processing technology. The amount invested by households in the processing of HQCF was influenced by the number of adult females in the household, the education level of the processors, farming experience and the distance from the processing plant to the nearest product market. This suggests that mechanized post-harvest processing of HQCF at the household level was influenced by access to product market. Therefore, the study recommends increased promotion of postharvest processing technologies, access to capital and enhanced infrastructures, especially rural roads to facilitate improved access to markets for HQCF in Tanzania.

Résumé

Adoption de technologies mécanisées de transformation post-récolte du manioc et déterminants de la production de farine de manioc de haute qualité (FMHQ) en Tanzanie.

Dans cette étude, les facteurs qui influencent l'adoption de technologies mécanisées de transformation du manioc en farine de haute qualité (FMHQ) à haute valeur ajoutée par les ménages ruraux en Tanzanie ont été examinés. Un questionnaire structuré a été utilisé pour recueillir des données auprès de 400 ménages dans les villages qui font la transformation mécanisée et non mécanisée du manioc. Le questionnaire était axé sur les caractéristiques socio-économiques des ménages et leurs paramètres d'adoption. Les données ont été analysées à l'aide de statistiques descriptives et selon la méthodologie du «double-hurdle model». L'étude a montré une corrélation positive entre le niveau de sensibilisation aux technologies de transformation mécanisée du manioc et leur taux d'adoption. En outre, les décisions d'adoption prises par les ménages ont été fortement influencées par un certain nombre de facteurs, tels que le genre des transformateurs, la distance entre les sites de transformation la plus proche routes asphaltées et le coût de la technologie de transformation du manioc en FMHQ. Le montant investi par les ménages dans la production de FMQH a été influencé par le nombre de femmes adultes dans le ménage, le niveau d'éducation des transformateurs, l'expérience en

¹University of Jos, Department of Agricultural Economics & Extension, Plateau State, Nigeria.

²International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Regional Hub for Eastern Africa, Light Industrial Area, Mikocheni, Dar es Salaam, Tanzania

³Tanzania Food and Nutrition Center, Dar es Salaam, Tanzania

*Corresponding author: EMail: amazap@unijos.edu.ng

Received on 14.04.15 and accepted for publication on 20.09.16

agriculture et la distance entre l'unité de transformation et le marché le plus proche. Cela montre que la transformation mécanisée post-récolte du manioc en FMQH au niveau des ménages a été influencée par l'accès au marché. Par conséquent, l'étude recommande la promotion accrue de technologies de transformation post-récolte, l'accès au capital et aux infrastructures améliorées, en particulier des routes rurales permettant un accès facile aux marchés pour les FMQH en Tanzanie.

Introduction

Cassava is an important food item for rural communities in Tanzania, being the second most important staple food crop after maize, and contributing almost 22% of the country's total energy intake (1). The importance of cassava as a food crop in Tanzania is mainly the result of it having been identified as a key food security crop by successive governments since the 1970s. This classification is based on its tolerance to poor soils and resistance to drought (2). As a consequence, it fits well into the food security strategy of smallholders, more so than other food staples such as maize and rice, often serving as the food of last resort; to ameliorate the effect of food deficits that occur from sporadic harsh weather conditions, those that reduce the yields of cereal crops. For example, cassava production was stable between 1996/97 and 1997/98, during the El-Nino-influenced flooding season that severely affected cereal crops such as maize, sorghum and millet. Production was also stable from 2001 to 2005, when drought had a significant adverse effect on cereals production. Poor families also use it to ward-off starvation during lean times of the year, when seasonal harvests run-out.

The main response to food shortages in developing countries is to invest in food production activities, meaning agricultural research institutions often give little thought to improving postharvest processing, so as to reduce food losses, extend shelf lives or increase the safety and quality of food. Many years of investment in crop production technologies has generated a great number of innovative technologies aimed at crop production and protection.

As early as the 1930s, research on cassava was intensified in East and Southern African (ESA) countries, and at this time efforts were mostly devoted to tackling production constraints. However, a food crisis in developing countries, and particularly in Africa, has persisted (3).

Then from the late 1970s to the early 1980s, national and international research institutions, including the International Institute of Tropical Agriculture (IITA), introduced an array of new Tropical Manioc Selection (TMS) cassava varieties (TMS). These TMS varieties were resistant to cassava mosaic disease (CMD), which was devastating cassava in most parts of East Africa (3) at that time. The biological control of major pests and the diffusion of planting materials for the new varieties dominated the research agenda, and the new technologies introduced assisted many countries to stabilize their food supply levels. However, commercial, mechanized processing technologies, as practiced in most parts of South-East Asia and West Africa, got little priority in East Africa, where cassava remained a famine reserve crop or a rural food staple (2). Evidently, the active postharvest processing of cassava in West Africa, and especially in Nigeria, was a primary factor in helping advance the status of the crop to that of an urban staple. Processing ensured the proper storage of the harvested crop and its transformation into food products that met consumer requirements on quality, convenience and safety (2). While the annual total cassava output in the West African countries of Nigeria and Ghana exhibited continuous increases, production in many countries of East and Southern Africa remained stagnant (4).

The many years of production-oriented research that took place in ESA, especially in Tanzania, did not translate into a significant increase in cassava production. Labour-intensive traditional processing operations such as manual peeling, and size-reduction practices such as the pounding of dried cassava with a mortar and pestle, continued to act as major constraints. Sun-drying and storage environments were often heavily contaminated, causing cross-contamination of cassava foods (4). As a result, in the 1990s, the export of cassava chips from Malawi and Tanzania to the EU, for the manufacture of animal feeds, was terminated, part of the reason being the insufficient supply and poor quality of the chips (3).

However, around this time, in Ghana and Nigeria the status of cassava changed, from that of a rural staple food item to an urban food and cash crop, as here TMS varieties were being distributed as in ESA, but with more focus on strengthening of small-scale mechanized processing of gari. Gari is a creamy-white, granular flour made from grated, fermented and gelatinized fresh cassava roots. Gari has a slightly fermented flavour and a slightly sour taste, and is widely processed and consumed in Nigeria and other West African countries (2).

Similar technologies were being used to process cassava into other intermediate products that were then traded and used as raw materials in the animal feed mills of Asia (6). Ugwu (7) observed that, among other factors, the availability of appropriate postharvest and marketing infrastructures was necessary to sustain the increase in cassava production levels seen in Nigeria. Also, technological innovation along the whole production-processing-marketing supply chain was the backbone of agricultural productivity gains (8).

Hence, there is strong evidence to suggest that inadequate research and a lack of information given to the farmers in relation to appropriate processing technologies has contributed to the under-development of the cassava sub-sector in many African cassava growing countries, excluding Nigeria, Ghana and to some extent the Democratic Republic of Congo (DRC). The subsequent inability to reduce labour inputs and transform the crop into marketable forms has; thus, constituted a barrier to productivity growth.

Over the last decade, national and international research organizations such as the International Institute of Tropical Agriculture (IITA), having observed the deficiency in the past approaches to expanding cassava production, have introduced small-scale mechanized cassava processing technologies and new market innovations to smallholder rural-based cassava farmers in ESA countries. The purpose of this work has been to enable the transformation of cassava products into widely traded commodities that contribute to the economic growth of ESA nations. The hypothesis behind this has been that the introduction of small-scale cassava processing activities should have a positive multiplier effect on all participants in the cassava value chain, including smallholder farmers, processors, traders and consumers, as well as the industries using cassava derivative products as raw materials. Researchers have since introduced and promoted an extensive range of processing technologies that allow farmers to harvest and process cassava into shelf-stable value-added products. The adoption of these simple, mechanized post-harvest processing steps (such as grating, chipping and pressing), and technologies which facilitate the production of high-quality cassava flour (Cassava Flour or HQCF) and cassava chips by smallholders, was expected to increase the demand for fresh cassava in rural areas. In addition, they were expected to enhance farmers' willingness to adopt improved production technologies, particularly new varieties, fertilizers and improved farming practices, which would help increase cassava productivity and expand production. Hence, after ten years of intervention, it is pertinent to evaluate the objective of promoting mechanized post-harvest cassava processing technologies among smallholders; to establish the lessons learned and to advise policymakers on evidence-based strategies to achieve cassava production. This study, therefore, represents an assessment of the level of adoption of mechanized postharvest cassava technologies by small-scale cassava processors, and the determinants of HQCF processing in Tanzania. The study examines adoption rates; pinpointing and analysing the parameters that may possibly influence the adoption of HQCF among smallholders in Tanzania.

Methodology

A household survey of smallholder cassava processors was carried out in Tanzania, among villages where mechanized postharvest cassava processing technologies were introduced by researchers (intervention villages), and also among those where such technologies were not introduced (non-intervention villages). The intervention villages were purposively selected from the Coast and Mtwara regions; on the east coast and in the south of Tanzania respectively, while the non-intervention villages were purposively selected from the Lindi and Ruvuma regions, which are situated in the south and western parts of Tanzania respectively. The non-intervention villages were used as the controls to measure and contrast the rate of adoption of cassava processing technologies among processors in the intervention area.

The study used mainly primary data obtained through a socioeconomic survey conducted between February and March 2014. The main data collection instrument used was a well-structured questionnaire administered among the cassava processors by trained enumerators and research supervisors. The data collected covered topic areas such as socio-economic variables, including age, education level, household size, cassava processing and production experience, membership of associations and level of access to credit. Data were also collected on the employment of labour, marketing activities and cassava product sales among the processors, as well as the processors' level of participation in mechanized technology testing and adoption, and their perception of the impacts of mechanized processing techniques. A random sampling procedure was used to administer a total of 400 questionnaires, 200 each in the intervention and non-intervention villages. The primary data collected were supplemented by secondary data obtained from cassava processing research reports and other secondary sources taken from literature on the subject.

spreadsheet, and then analysed using descriptive statistics and a double-hurdle regression model.

The Empirical double-hurdle model

To describe each household's level of adoption of mechanized cassava processing technologies, we employed a model which considers an adoption decision as a two-stage process. First, the household has to decide to cassava into HQCF or another processed product or even not to process at all. Second, if the decision is made to adopt to process cassava into HQCF, the household must then decide how much it will invest in HQCF processing technologies. This second decision will also depend on other factors, including availability of capita and its cost to assess the opportunity forgone if money is invested in HQCF processing. To this end, the double-hurdle model was employed (9, 10, and 11).

According to the double-hurdle model, the households' processing decisions can be formulated in Equation I:

$$i_j = \begin{cases} i_j^* & \text{if } i_j^* \geq 0 \text{ and } d_j = 1 \\ 0 & \text{if } i_j^* \leq 0 \text{ and } d_j = 0 \end{cases} \quad (\text{I})$$

Where i_j is the observed level of processing (i.e. the quantity of cassava processed by a household), d_j is a binary variable describing the decision to adopt HQCF processing or not, and j is the household index and i_j^* is the latent value of the processing volume.

The double-hurdle model consists of two regressions; a binary choice model is estimated during the first step, while the second step involves the estimation of a truncated regression model (Equations II and III), Vis:

$$1^{\text{st}} \text{ step: } d_j = \varphi' z_j + \theta_j \quad (\text{II})$$

$$2^{\text{nd}} \text{ step: } ij = \beta' x_j + \varepsilon \quad (\text{II})$$

Where $\theta_j \sim N(0, 1)$ and " $j \sim N(0; \sigma^2)$ ". Vectors z_j and x_j are the vectors of explanatory variables in binominal and truncated regression models, respectively.

Accordingly, in our empirical analysis we employed two dependent variables; a binary variable signaling whether or not a particular household had adopted HQCF technology, and a further variable which represented the amount of investment in HQCF that had taken place.

Results and Discussion

Specific characteristics of the study processing enterprises:

Table 1 shows the specific characteristics of the processors in both the intervention and non-intervention villages. The mean number of members in the cassava processing enterprises was found to be 27 ($p=0.01$). The table reveals that the average age of the leaders of the cassava processor associations in the intervention villages was 49 years (significant at a 1% level), while in the non-intervention villages it was found to be 42 years. There seemed to be a predominance of older processors involved in the mechanized processing, possibly an indication of how the technologies were introduced to the study area, through the actions of farmers' associations rather than individuals. Due to the antecedents of the study locations, older people are more likely to form associations than the young in order to access information, technologies, credit or other services. The mean length of experience of the processors in the intervention villages was 7 years ($p=0.01$), reflecting the length of time mechanized processing technologies have been used in Tanzania. On the other hand, non-mechanized or traditional cassava processing has been used by processors in the non-intervention villages for decades. The average distance from the processing plant to the nearest local market in the intervention villages was 30 kilometres ($p=0.01$); while in the non-intervention villages, the average distance to the nearest local market was 14 kilometres. During the introduction of various processing technologies, farmers living in remote locations and who did not have access to the market for their cassava were probably targeted and exposed to the technologies.

As will be shown later in this study, although mechanized processing was adopted to increase the shelf-life of fresh cassava roots and reduce postharvest losses, the long distance of such localities to the city markets had adverse implications for the profitability of such enterprises, giving the feeling that there would not be market

for the processed products, and so, small profit margins. The longer the distance to the market for the processors, the higher the marketing costs due to transportation (12, 13). If the price received is too small to offset transportation and other transaction costs, income levels will be reduced, and this may, in turn, affect farmers' welfare (13).

Respondents' awareness of postharvest mechanized cassava processing technologies:

In the adoption process for a new technology, potential users must first of all be aware of the existence of the new technology, including its advantages, before they can accept or adopt it. Among the processors, 87% and 62% in the intervention and non-intervention villages respectively reported that they were aware of the post-harvest technology of using raised sun-drying platforms (Figure 1), which represent an improvement on the traditional practice of drying cassava on the floor. Other technologies that the processors in the intervention villages reported being aware of included mechanized grating (77%), dewatering (74%) and chipping (63%). These were the mechanized technologies introduced to the villages by researchers in the past 10-15 years. Such levels of awareness are also likely to have had a positive influence on the adoption rates for these cassava processing technologies.

Adoption rates of postharvest cassava processing technologies:

Figure 2 shows that most of the adopters of the different processing technologies were domiciled in the intervention villages. There tended to be a positive correlation between the level of awareness of mechanized processing technologies and their adoption rates (Table 2), and this positive correlation confirms the significance of knowledge in relation to a given technology on its rate of adoption.

Among the respondents, the sun-drying of grated or chipped cassava on raised platforms was the technology most adopted in the intervention and non-intervention villages, at 83% and 64% respectively. The second most adopted practice was the use of cassava graters, with adoption rates of 69% and 4% in the intervention and non-

Table 1
Specific characteristics of processing enterprises.

Variable	Mean	Std Deviation	Minimum	Maximum
Number of members in cassava processing enterprises				
Mechanized processing intervention villages	26.6***	21.3	1.0	121.0
Non-Intervention villages	5.0	3.6	1.0	20.0
Total	19.0	20.1	1.0	121.0
Age of processor				
Mechanized processing intervention villages	49.4***	11.4	18.0	92.0
Non-Intervention villages	42.2	13.7	4.0	91.0
Total	45.8	13.1	4.0	92.0
Years of Experience in cassava processing				
Mechanized processing intervention villages	7.3***	7.5	0.5	45.0
Non-Intervention villages	20.2	13.8	1.0	71.0
Total	13.8	12.8	0.5	71.0
Distance of processing centre to nearest local market (kilometres)				
Mechanized processing intervention villages	29.5***	27.2	0.1	120.0
Non-Intervention villages	13.6	11.2	0.0	79.0
Total	21.7	22.3	0.0	120.0

*** Significant at 0.01 level

Table 2
Test of significance for awareness and adoption of post-harvest cassava processing technologies in Tanzania.

Post-harvest cassava processing technologies	Intervention villages			Non-intervention villages		
	Awareness (%)	Adoption (%)	X ² test	Awareness (%)	Adoption (%)	X ² test
Sun-drying on raised platform	87.4%	82.9%	0.067*	63.7%	62.3%	0.54
HQCF processing technology	74.4%	64.3%	0.032**	17.1%	3.0%	0.021**
Cassava chips processing technology	62.8%	55.3%	0.04**	14.1%	3.7%	0.00***

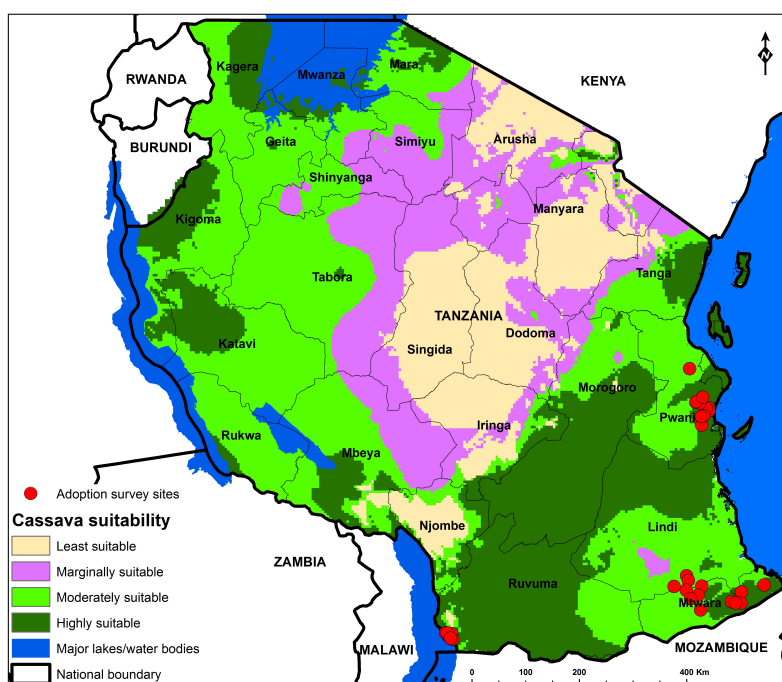


Figure 1: Map showing study locations.

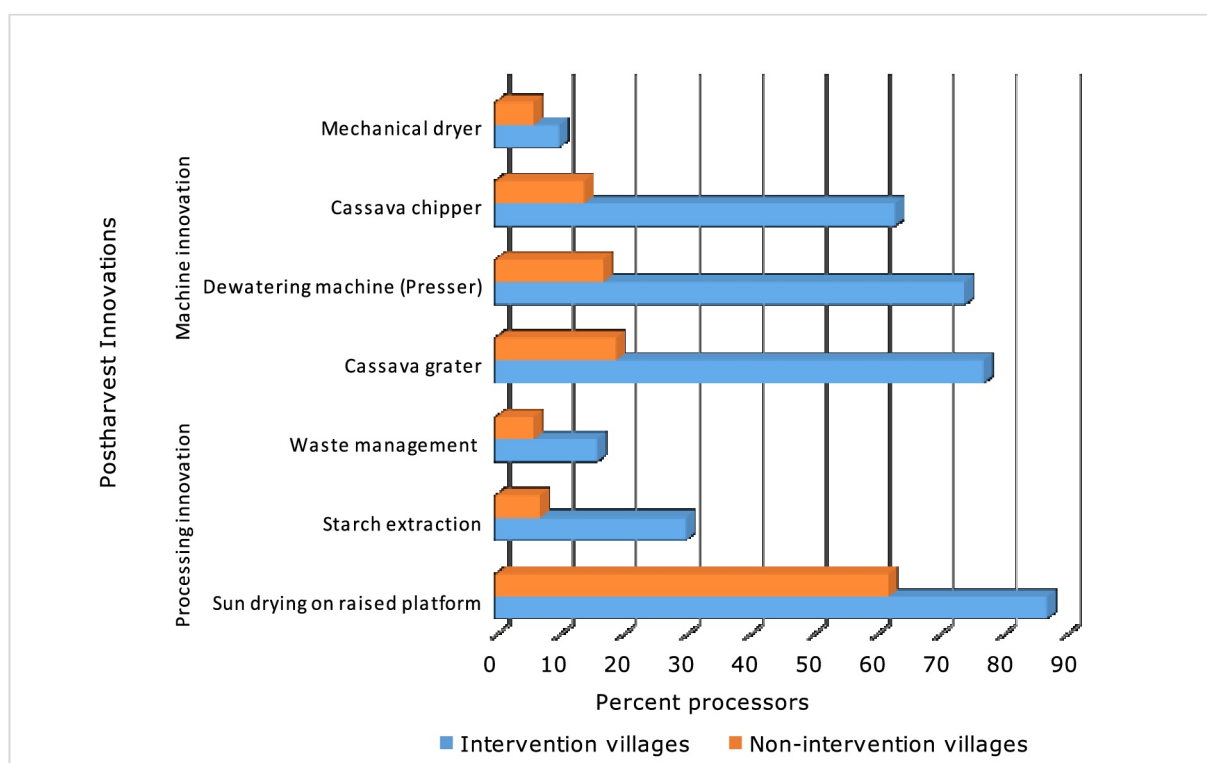


Figure 2: Awareness levels for Cassava processing technologies.

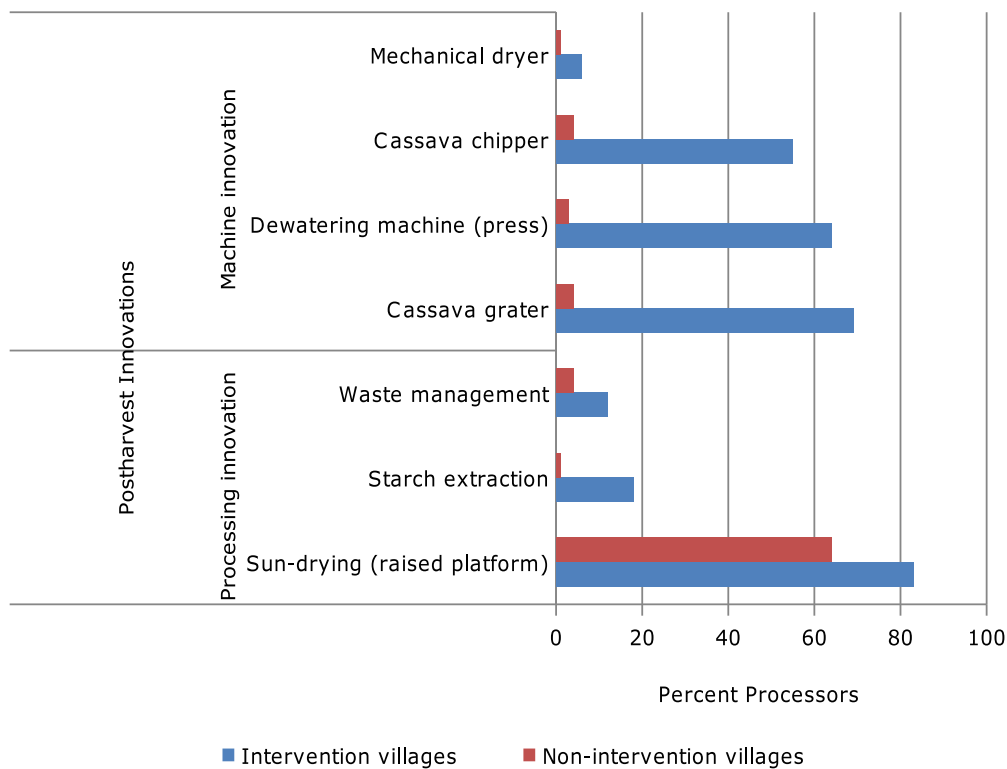


Figure 3: Adoption of cassava processing technologies in the intervention and non-intervention villages.

intervention villages respectively. Graters are largely used for processing high quality cassava flour. Meanwhile, 64% and 3% of processors in the intervention and non-intervention villages respectively, said they had adopted a cassava pressing machine to mechanically reduce the water content of the cassava roots before drying (Figure 3).

On the other hand, 55% and 4% of processors in the intervention and non-intervention villages respectively said they had adopted cassava chippers to reduce the size of the cassava roots before drying. Finally, the adoption of cassava starch technology, waste management processes and mechanical driers was found to be less than 20% in the intervention villages, and less than 5% in the non-intervention villages.

Determinants of the adoption of mechanized technologies for processing cassava into a value-added high quality cassava flour (HQCF)

This section examines those key determinants influencing the adoption of mechanised technologies for processing cassava into value-added HQCF.

Table 3 shows those determinants for the adoption of mechanized cassava flour processing. The first step model estimates (i.e. estimates of the logistic regression model) shows that the decision to adopt HQCF processing technology is influenced by the gender of the processor, the distance of a processing site to the nearest tarmac road, and the cost of capital to measure what will be the interest (or opportunity forgone) if money is invested in processing HQCF.

The coefficient given for the gender variable was found to be statistically significant ($p \leq 0.05$) and showed a positive relationship with the decision to adopt HQCF. This result shows that male processors are also more likely to adopt the HQCF technology when compared to their female counterparts.

Because gender is a dummy variable, its coefficient of 0.488 implies that, all other factors being equal, the probability of male processors adopting is autonomously higher than that of the female-processors, by 0.488.

The distance of processing sites to the nearest tarmac road was found to be significant in terms of influencing the adoption of HQCF among cassava processors in Tanzania ($p \leq 0.10$).

Table 3
Estimates of double-hurdle model.

Variables	First-Hurdle		Second-Hurdle	
	Coefficient	Std. Error	Coefficient	Std. Error
Number of adult male in the household	0.00005	0.01012	-0.01127	0.02303
Number of adult female in the household	-0.00148	0.00988	-0.03689*	0.02103
Gender	0.48768**	0.21670	-0.55810	0.45324
Age	-0.00380	0.00887	0.02186	0.01653
Highest educational qualification	-0.10892	0.30347	1.12080**	0.56462
Farming experience	-0.01125	0.01276	-0.05008*	0.02876
Distance of processing site to the nearest tarmac road	-0.00726*	0.00391	0.00411	0.00915
Revenue	0.00283	0.00550	-0.00984	0.01231
Availability of supply/contract farmers	0.66147	0.67840	-0.93686	1.62457
Number of new farmers that planted cassava in the last 12-24 months	-0.00116	0.00618	-0.00352	0.011509
Number of farmers that supply cassava to the processing plant every year	0.00365	0.00280	0.002931	0.007659
Distance from the processing plant to the nearest product market	-0.00036	0.00372	0.01269*	0.007397
Cost of Capital	0.10342***	0.02646	-0.04951	0.069866
_cons	-2.30181	1.79980	10.62961**	4.358825
_sigma				
_cons	2.02154	0.132270		
Log Likelihood	-368.55			
Number of observation	200			
Wald chi2 (13)	27.65			
prob> chi2	0.0101			

*** Significant at 0.01 level; ** at 0.05 level and * and 0.1 level

Source: Authors' estimates

The sign of the coefficient of this variable was negative, implying that the processors with processing sites nearer to tarmac roads have a greater likelihood of adopting cassava flour technologies when compared to those processors located further away. Apparently, it is easier and cheaper for processing sites closer to tarmac roads to get their supply of raw materials than it is for processing sites located further away. These processing sites that are closer to tarmac roads can also easily convey their finished products to

consumers. Being located close to a tarmac road also gives them some cost advantages over those sites located further away, particularly in relation to infrastructure costs, which includes roads, a key factor in agricultural development. This implies that lower transportation costs help reduce the cost per kilometre of both raw materials and finished products. Good roads are needed to convey raw materials to processing industries, as well to transport processed products to consumers.

The cost of capital was found to be positive and significant ($p \leq 0.01$) in influencing the decision to process fresh cassava roots into HQCF. This is consistent with the expectation, since individuals may decide to process cassava into another product or even not to process at all if the cost of capital is relatively high.

The second step estimates (i.e. the truncated regression model estimates) suggest that household decisions with regards to the amount of investment needed to process HQCF are determined by four significant factors, namely the number of adult females in a household, the education level of the processors, the farming experience of the processors, and the distance of the processing plant to the nearest product market. The number of adult females in a household was also significant ($p \leq 0.1$) in influencing the adoption of HQCF production technology.

The variable also had a negative sign. This suggests that households with fewer adult females have a higher likelihood of adopting the HQCF technology when compared to households with a larger number of adult females. The likely reason for this is that making cassava flour is a labour-intensive activity mainly carried out by females in small-holder agriculture.

The availability of adult females at the household level means having labour for that kind of activity. Hence, where such labour is not available, the next option is to look at labour-saving methods.

Adopting HQCF processing technology is one way of producing HQCF while using less labour. Processing cassava into HQCF using small-scale, mechanized grating method requires a different type of labour from the traditional method carried out by women. This factor; therefore, tends to influence the adoption of HQCF technology. The use of machinery to process a crop reduces significantly the need for adult females to be involved in a process, as in the case of mechanical cassava processing.

This result suggests that when cassava processing practices become increasingly mechanized, there is a shift in gender roles. A shift in roles may not necessarily be synonymous with the 'displacement' of a specific gender from a typically assigned task, but rather represent an 'alignment' of tasks based

on new labour requirements under mechanized operations when compared with non-mechanized operations. For example, as men may be more inclined to operate the mechanized grating or pressing machines during HQCF processing, larger number of women are required in the subsequent drying of the cassava on raised platforms than needed for non-mechanized operations.

The educational level of the processors was found to be significant ($p \leq 0.05$) in influencing the adoption of HQCF technology. The sign of the coefficient for education was positive, implying that individuals who had been in formal education longer had a higher likelihood of adopting the mechanized cassava flour processing technology than those who had spent less time in formal education.

Education increases the ability of a person to assess, interpret and process information about a new technology, in the case of farmers enhancing their managerial skills such as the adoption and efficient use of agricultural technologies (14, 15). It can; therefore, be expected to have a positive impact on the decision to adopt and use a technology.

Farming experience was also significant ($p \leq 0.10$) in influencing the adoption of cassava flour technology in the study area. The sign of the coefficient for farming experience was negative. The implication of the negative sign is that individuals who had recently started cassava farming had a greater likelihood of adopting the cassava flour technology than those who had been involved in cassava farming for a longer period. Implicitly, cassava processors who have been involved in cassava production for a long time operate at the subsistence or food security level, while new processors seem to have a more commercial orientation. This suggests new entrants see the processing of cassava as a business rather than as a means of achieving food security alone. Even though new entrants are likely to have fewer years of farming experience, their commercial orientation makes them more likely to adopt improved technologies when compared to long-term subsistence farmers. This finding is consistent with 'Promoting Sustainable Agriculture in Borno State (PROSAB) Project (12), who reported that farmers

who participated in the PROSAB project in Nigeria adopted improved soybean seeds as a production technology.

Distance from the processing plant to the nearest product market was positive and significant in terms of influencing the quantity of HQCF processed ($p \leq 0.10$). Normally, the coefficient of distance to the nearest product market can be expected to be negative in terms of influencing the adoption of technologies among farmers and processors, implying that proximity to the source of fresh cassava is more critical than to a market for it. This result is logical, considering the bulkiness of the fresh cassava, as this makes it more expensive to transport (by almost 200-400%) than processed products such as HQCF.

The combined results of the four adoption parameters outlined above are significant, as they partly explain why several mechanized cassava processing plants with a large fresh cassava intake capacity, and located close to major cities, have been unsuccessful in Nigeria, Ghana and other African countries (2, 3, 16). Poor road infrastructure and suboptimal raw material supply arrangements are the major contributors to these failures. This is a significant pointer for policy interventions and for the decision-making processes of prospective entrepreneurs who have an interest in managing mechanized processing enterprises in Africa.

Furthermore, the major buyers of HQCF are supermarkets and food industries often located further away from the processing centres. The supermarkets sell the cassava flour to household consumers; while the food industries use cassava flour to process a range of food products, such as biscuits, bread and other baked products (16). The supply of HQCF to these market outlets is mainly carried out based on contractual agreements. Thus, these outlets' proximity to cassava processors does not necessarily influence the processing of HQCF. In the intervention villages, fresh raw cassava roots are mostly sourced from the processors' own production farms (80%), while 20% of raw cassava roots are purchased from other cassava farmers within the intervention communities.

Evidence in the literature on adoption suggests that membership of farmer groups or organizations, early experience and peer-group learning, as well as participation in technology development or testing, and the opportunity to observe fellow farmers using an agricultural innovation, all positively influence adoption levels (17, 18, and 19). During the process of developing or testing a technology with a potential user, most performance issues encountered can be resolved and solutions clarified. Participation in the testing of a given technology may also give processors some form of commitment to its use. All these factors increase the likelihood of a technology being adopted among processors who participate in its testing, when compared to those who do not.

Previous studies have shown that awareness and technology-try out are necessary steps toward adoption (20).

While awareness may be determined by the education level and social capital status of the farmer, try-out is positively influenced by extension interventions. On the other hand, adoption is mostly influenced by the availability of capital needed to acquire the technology. If capital constraints exist, extension interventions may not be adequate to support continued adoption (17, 20).

The results of this study tend to support these observations.

Focus group discussions with the manufacturers of the cassava flour equipment revealed that the research-for-development institutions that implemented the projects on small-scale cassava processing, including district governments and NGOs, made significant contributions to the adoption process. These contributions included making the design or prototypes of machines for mechanized processing available to the equipment manufacturers, making the cassava processing machines available and transferring the knowledge on cassava flour processing to the farmers and processors during the try-out stage. Such intervention was necessary to ensure adoption, as most farmers were unable to make the required investments needed to acquire the machines.

Conclusions

There exists a positive correlation between the level of awareness of cassava processing technologies and their adoption. This positive correlation confirms the significance that the awareness of a technology has for its adoption.

Those factors which significantly influence the adoption of HQCF are the education level of the cassava processors, their farming experience, the cost of capital, distance of the processing plant to the nearest tarmac road, and distance of the processing sites to the nearest product market. The adoption of HQCF processing technologies in the rural areas of Tanzania led to the emergence of cassava farmers who cultivate in close proximity to those villages using mechanized cassava processing technology.

Although this may enhance the availability of processed cassava flour at the household level, to maintain food security during lean periods, there still are some challenges to address if cassava is to be upgraded from its status as a food security crop,

to that of a commercial crop. First, the cassava processing technologies need to be promoted in the major cassava producing areas – beyond just the intervention villages – to further enhance their adoption. Second, increasing access among smallholders to credit services, and also improving rural roads, are both required to help boost the commercial production and processing of cassava. Third, a system that allows greater contact between farmers/processors and extension or technology experts will expose the processors to information regarding the use of such technologies. However, targeted policies such as access to credit and improved rural infrastructures, especially roads are necessary to facilitate increased adoption of HQCF processing in Tanzania.

Acknowledgement

We acknowledge the financial assistance which we received from the Common Fund for Commodities of the Netherlands for the study.

Literature

1. Hichaambwa M., 2005, Commercialization of Cassava for Increased Food Security: Indicative Trends and Patterns towards Commercialization. FAO, Zambia.
2. Nweke F.I., Spencer D.S.C. & Lynam J.K., 2002, *The Cassava Transformation: Africa's Best-Kept Secret*, Michigan State University Press, East Lansing, MI.
3. Rusike J., Mahungu N.M., Jumbo S., Sandifolo V.S. & Malindi G., 2010, Estimating impact of cassava research for development approach on productivity, uptake and food security in Malawi. *Food Policy*, 98–111.
4. *Food and Agriculture Organisation (FAO) STAT*. www.faostat. Accessed 14th October, 2014
5. Sulyok M., Beed F., Boni S., Abass A., Mukunz A. & Krska R., 2014, Quantitation of multiple mycotoxins and cyanogenic glucosides in cassava samples from Tanzania and Rwanda by an LC-MS/MS based multi-toxin method, *Food Add. Contam.*, **32**, 2015, 4, 488–502.
6. Padmaja, G., and Steinkraus, K. H. 1995. Cyanide detoxification in cassava for food and feed uses. *Crit. Rev. in Food Sci. Nutr.*, **35**, 4, 299–339
7. Ugwu B., 1996, Increasing cassava production in Nigeria and prospects for sustaining the trend, *Outlook on Agric.*, **25**, 3, 179–185.
8. L  pple D., Renwick A. & Thorne F., 2015, Measuring and understanding the drivers of agricultural innovation: Evidence from Ireland, *Food Policy*, **51**, 1–8.
9. Cragg J.G., 1971, Some statistical models for limited dependent variables with application to the demand for durable goods. *Econometrica*, **39**, 5, 829–844.
10. Aramyan L., Oude Lansink A., & Verstegen J., 2007, Factors underlying the investment decision in energy-saving systems in Dutch horticulture, *Agric. Syst.*, **94**, 520–527.

<http://dx.doi.org/10.1080/19440049.2014.975752>

11. Bokusheva, Raushan, Robert Finger, Martin Fischler, Robert Berlin, Yuri Marín, Francisco Pérez and Francisco Paiz. 2014. Factors determining the adoption and impact of a postharvest storage technology, *Food Sci.*, **4**, 279-293.
12. Idrisa Y.L., 2009, *Analysis of the Determinants of Soybean Production Technology Adoption by Farmers in Southern Borno, Nigeria*. Unpublished PhD Thesis, School of Postgraduate Studies, University of Maiduguri.
13. Kristjanson P., Okike I., Tarawali S., Singh B.B., Manyong V.M., 2005. Farmers' perception of benefits and factors affecting the adoption of improved dual-purpose cowpea in the dry savannas of Nigeria, *Agric. Econ.*, **32**, 195-210.
14. Feder G., Just R.E. & Zilberman D., 1985, Adoption of Agricultural Innovations in Developing Countries: A survey, *Econ. Dev. Cult. Change*, **33**, 2, 255-296
15. Binam J., Tonye J., Njankoua W., Nyambi G. Akoa M. 2004, Factors affecting the technical efficiency among smallholder farmers in the slash and burn agriculture zone of Cameroon, *Food Policy*, **29**, 531-545
16. Haggblade S., Djurfeldt A.A., Nyirenda D. B., Bergman J., Brimer L.L., Chiona M., Chitundu M., Chiwona-Karltun L., Cuambe C., Dolislager M., Donovan C., Droppelmann K., Jirstrom M., Kambewa E., Kambewa P., Mahungu N.M., Mkumbira J., Mudema J., Nielson H., Nyembe M., Salegua V.A., Tomo A. & Weber M., 2012, Cassava commercialization in Southeastern Africa, *J. Agribusiness Dev. Emerging Econ.*, **2**, 1, 4-40.
17. Aldana, U., Foltz, J. D., Barham, B. L., and Useche, P. 2011. Sequential adoption of package technologies: The dynamics of stacked trait corn adoption, *Am. J. Agric. Econ.*, **93**, 1, 30-143.
18. Nwankwo U.M., 2010, *Sustainable Biotechnology Adoption in Nigeria to Reduce Food Insecurity: Involving Cooperatives in the Process*. Perter Lang. Oxford.
19. Sauer J. & Zilberman D., 2012, Sequential technology implementation, network externalities, and risk: The case of automatic milking systems, *Agric. Econ.*, **43**, 3,, 233-252.
20. Lambrecht I., Vanlauwe B., Merckx R. & Maertens M., 2014, Understanding the process of agricultural technology adoption: Mineral fertilizer in eastern DR Congo, *World Dev.*, **59**, 132-146.

P.S. Amaza, Nigerian, PhD, Professor, University of Jos, Department of Agricultural Economics & Extension, Jos, Plateau State, Nigeria.

A.B.Abass, Nigerian, PhD, Researcher, International Institute of Tropical Agriculture, Regional Hub for Eastern Africa, Dar es Salaam, Tanzania.

B. Bachwenkizi, Tanzanian, Msc, Research Associate, International Institute of Tropical Agriculture, Regional Hub for Eastern Africa, Dar es Salaam, Tanzania.

E.E. Towo, Tanzanian, PhD, Director, Tanzania Food and Nutrition Center, Dar es Salaam, Tanzania.

Facteurs d'adoption des innovations d'intégration agriculture-élevage: cas du *Mucuna pruriens* en zone cotonnière ouest du Burkina Faso

M. Koutou^{1*}, M. Havard^{1,2}, D. Ouédraogo³, M. Sangaré¹, A. Toillier², T. Thombiano⁴ & D.S. Vodouhe⁵

Keywords: Innovation- Sustainability- Research and development- Econometry- Burkina Faso

Résumé

Cet article analyse les facteurs qui influencent l'adoption du Mucuna pruriens en zone cotonnière ouest du Burkina Faso. Les données ont été collectées dans 3 villages par la méthode active de recherche participative et par enquête auprès de 50 exploitations impliquées dans le développement de techniques de production du mucuna adaptées aux systèmes de production locaux. La co-construction de ces techniques s'est faite de 2005 à 2015 selon une démarche de recherche-action en partenariat. Les résultats de la régression logistique révèlent que les variables qui influent positivement la décision d'adopter sont le nombre d'actifs et de fosses fumières, le sexe, l'accès au marché, l'expérimentation du M. pruriens, la pratique de l'embouche ($P<0,1$) et le nombre de participation aux réunions de la plateforme d'innovation par l'exploitant ($P<0,05$). Par contre la quantité d'urée appliquée par hectare et le revenu de l'exploitation affectent négativement l'adoption ($P<0,1$). La réussite des actions de développement de la culture des légumineuses fourragères passe par la prise en compte raisonnée de ces facteurs.

Summary

Adoption of Innovation Factors of agriculture and breeding integration: Case of *Mucuna pruriens* in Western Cotton Zone of Burkina Faso

This paper analyzes the factors influencing the adoption of Mucuna pruriens in the Western cotton zone of Burkina Faso. The data were collected in 3 villages by participative data collection methods and by conducting a survey with 50 farmers involved in the development of Mucuna production techniques adapted to local farming systems characteristics. The co-construction of these techniques was carried out from 2005 to 2015 according to an action research approach in partnership. The results of the logistic regression showed that the variables which positively influence the decision to adopt are the number of workers and pit dunghills, sex, market access, experimentation of M. pruriens by farmers, the practice of animal fattening ($P<0.1$) and the number of participations to the innovation platform meetings ($P<0.05$). On the other hand, the quantity of urea applied by hectare and the farm income affect negatively the adoption ($P<0.01$). The success of development actions of forage legumes cultivation requires taking rational account of these factors.

¹Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide, Unité de recherche sur les productions animales, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

²Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, UMR Innovation, Montpellier, France.

³Ministère de l'Agriculture et des aménagements hydrauliques, Direction générale de la promotion de l'économie rurale, Ouagadougou, Burkina Faso.

⁴Université de Ouagadougou, Unité de formation et de recherche en Sciences économiques et de gestion, Ouagadougou, Burkina Faso.

⁵Université d'Abomey Calavi, Faculté des sciences agronomiques, Département d'économie et socio-anthropologie et de communication pour le développement rural, Cotonou, Bénin.

*Auteur correspondant: EMail: madkout@yahoo.fr

Reçu le 15.07.16 et accepté pour publication le 10.11.16

Introduction

Dans la zone cotonnière ouest du Burkina Faso, l'adoption de la traction animale qui a accompagné la culture cotonnière a accru la pression anthropique sur les ressources agro-sylvo-pastorales.

Elle a concomitamment été un élément moteur de l'intégration agriculture-élevage avec trois piliers: la fourniture d'énergie à travers la culture attelée et le transport, l'entretien de la fertilité des sols grâce à la fumure organique et l'alimentation des animaux à partir du système de culture (18).

Si la traction animale et l'utilisation de la fumure organique sont devenues des pratiques courantes (4, 18), il n'en est pas de même des cultures fourragères (8). L'alimentation du bétail est devenue la principale contrainte de l'élevage dans la zone cotonnière. En outre l'abandon de la jachère et l'utilisation intensive des engrais chimiques conjugués aux effets des changements climatiques ont diminué la fertilité des sols (9, 14). Plusieurs techniques d'amélioration de la productivité et de maintien durable du système agricole s'appuyant sur la culture des légumineuses fourragères comme le *M. pruriens* ont alors été introduites par la recherche (8, 13, 20).

C'est une légumineuse à double usage (fertilisation du sol et alimentation animale) de la famille des Fabaceae. Sa culture constituerait une alternative pour améliorer à la fois la nutrition azotée des sols et l'alimentation des animaux.

Au Burkina Faso, les essais en milieu contrôlé ont précédé les programmes de vulgarisation du *M. pruriens*. Les résultats intéressants obtenus en station ont ensuite été présentés aux producteurs dans des champs écoles paysans qui ne prenaient pas suffisamment en compte les spécificités socio-économiques des exploitations agricoles familiales (EAF). En conséquence la pratique des cultures fourragères et particulièrement du *M. pruriens* reste timide (15).

Plusieurs études ont montré le poids des facteurs socio-économiques sur l'adoption des innovations agricoles (5, 15, 19). L'approche descendante (top-down) de la vulgarisation agricole fondée sur la diffusion de messages techniques à travers les champs écoles a montré ses limites (10).

Les chercheurs et les développeurs sont de plus en plus convaincus de l'importance d'impliquer activement les producteurs et les techniciens agricoles depuis la conception de l'innovation jusqu'à sa validation par l'ensemble des acteurs (12, 32). Les concepts de systèmes d'innovation et de chaîne de valeurs utilisés jusqu'à présent dans le secteur industriel sont maintenant mobilisés en agriculture dans les pays du Sud pour repenser l'implication des producteurs dans la recherche de solutions à leurs problèmes (31). Pour plusieurs auteurs, la démarche de co-conception en partenariat des systèmes agricoles innovants favorise leur adoption par les exploitations agricoles (5, 16, 32).

Dans les communes de Koumbia et de Kourouma en pleine zone cotonnière ouest du Burkina Faso, plusieurs projets de recherche-développement (R&D) ont utilisé depuis 2005 cette démarche pour aider les producteurs à renforcer l'intégration agriculture-élevage, notamment grâce à l'insertion du *M. pruriens* dans les systèmes de production (8, 32). Cela améliorerait *in fine* la sécurité alimentaire et les revenus des producteurs.

Dans cet article nous nous interrogeons sur le rôle qu'a joué la démarche de recherche action en partenariat (RAP) dans l'adoption du *M. pruriens*. Nous faisons l'hypothèse que plus les producteurs participent à la démarche d'adaptation de l'innovation technique aux conditions de leur exploitation, plus ils sont susceptibles d'insérer durablement le *M. pruriens* dans leur système de production agropastorale. Pour vérifier notre hypothèse nous avons enquêté des adoptants et non adoptants sur les raisons de leurs choix. La méthode d'analyse choisie est un modèle statistique pour objectiver le rôle de la RAP, au même titre que d'autres déterminants potentiels d'adoption plus classiques, tels que les facteurs de production (force de travail, capitaux, intrants, etc). Nous présentons dans un premier temps le cadre théorique de l'étude, puis les matériel et méthodes suivis des résultats et enfin la discussion et la conclusion.

Cadre théorique

L'introduction du *M. pruriens* comme innovation par ajustements progressifs

Dans la littérature, il existe plusieurs définitions de l'innovation. Dans ces définitions, l'innovation est plurielle, autant technique que sociale, institutionnelle ou économique. Elle peut être incrémentale ou radicale (12).

C'est la combinaison nouvelle de facteurs de production qui peut s'exprimer par la confection d'un nouveau produit, une nouvelle manière de produire, la construction de nouveaux débouchés, ou l'accès à de nouvelles ressources.

Une innovation de rupture due à un progrès technique, voire scientifique peut engendrer d'autres innovations autour de cette dernière. On parle de grappe ou essais d'innovations (26). Dans le secteur agricole, l'innovation est définie comme une nouvelle idée, une méthode pratique ou technique qui permet d'accroître de manière durable la productivité et le revenu agricole ou l'adoption d'un comportement socio-économique nouveau (1, 26). Dans la présente étude l'innovation correspond à l'adaptation progressive de l'itinéraire technique du *M. pruriens*. L'utilisation du *M. pruriens* est une pratique écologique de gestion de la fertilité des sols et d'alimentation des animaux. Il s'adapte à une large gamme de précipitation (650 à 1 200 mm) et s'accommode de divers types de sols.

Cette légumineuse peut fixer 83 à 250 kg d'azote atmosphérique /ha/an (13). A travers sa grande production en fourrages (5 à 8 t MS/ha) et en graines (3 à 4 t/ha en pure et 0,2 à 0,6 t/ha en association avec les céréales) et sa richesse en protéines (26 à 32% pour les graines et 12 à 21% pour le fourrage), *M. pruriens* est une source d'aliment pour le bétail surtout en saison sèche, de fertilisant organique et de revenus pour les producteurs (23).

L'adoption des cultures fourragères et particulièrement du *M. pruriens* dans la zone cotonnière est limitée par des facteurs socio-économiques et techniques (15). Il y a «adoption» une fois que le producteur insère le *M. pruriens* dans son système de production agropastorale.

Cela nécessite des changements incrémentaux, avec adaptation progressive des pratiques culturelles et l'organisation des activités au niveau de l'exploitation agricole.

L'adoption des innovations, c'est la décision de:

- i) choisir une innovation considérée comme étant la meilleure alternative (24),
- ii) appliquer une innovation et de continuer à l'utiliser (33),
- iii) pour les producteurs d'abandonner leurs pratiques anciennes et d'en adopter d'autres qu'ils pensent rationnelles pour leurs systèmes de production (29),
- iv) pour les producteurs de s'ouvrir à une technologie pour laquelle il a suffisamment d'informations sur ses potentialités (8).

Cette adoption peut se traduire par une application totale, partielle ou une adaptation de l'innovation par le producteur.

Dans la zone d'étude, les assolements varient selon les campagnes agricoles. Par conséquent, est considéré comme adoptant, un producteur ayant cultivé en dehors des parcelles expérimentales des projets au moins 3 fois le *M. pruriens* ces 5 dernières années.

La recherche action en partenariat (RAP) comme méthode d'ajustement progressif

L'émergence de la recherche action (RA) reflète le souci des chercheurs de ne plus se contenter de générer des connaissances, mais de le faire pour résoudre concrètement des problèmes sociétaux importants (12). La RA prend en compte la diversité des producteurs et se traduit fréquemment par la mise en place d'expérimentations par ces derniers (32). Elle se déroule dans le cadre d'une plateforme d'innovation (PI), coalition d'acteurs ayant une convergence d'intérêts qui se rencontre et interagisse sur des problèmes partagés (2, 21). C'est un cadre d'apprentissage collectif qui réunit les parties prenantes de la conception de l'innovation (30).

Dans le cas étudié, la PI est constituée de l'équipe technique (chercheurs et techniciens) et des producteurs.

La RA repose sur quatre principes:

- (i) une rencontre entre une volonté de changement et une intention de recherche;
- (ii) un objectif dual qui est de résoudre un problème et de faire avancer les connaissances fondamentales;
- (iii) un travail conjoint entre chercheurs, techniciens et producteurs
- (iv) un cadre éthique négocié et accepté par tous (5).

La RAP est une RA qui vise à la fois la production de connaissances nouvelles, la résolution d'un problème identifié par les acteurs et le renforcement des capacités de ces acteurs pour une plus grande autonomie. Le partenariat entre l'équipe technique et les producteurs s'est traduit par l'élaboration d'un cadre éthique (responsabilités/engagements réciproques des membres du collectif) et un cahier de charge pour la mise en place des expérimentations (responsabilités/engagements expérimentateurs et équipe technique).

Des concertations permanentes (au moins une fois par trimestre) sont organisées entre les membres du collectif pour se partager les connaissances (savoirs, expériences, etc.) et les résultats techniques : c'est une co-construction qui implique les parties prenantes à toutes les étapes (32). Cette implication faciliterait la compréhension et l'adoption des résultats. Le fonctionnement et l'animation des plateformes d'innovation ont été assurés par les projets de Recherche Développement (R&D).

Les modèles économétriques couramment utilisés dans l'étude des facteurs d'adoption des innovations

Les modèles logit et probit sont généralement utilisés dans les études d'adoption des innovations agricoles (19, 27). Ce sont des modèles statistiques dans lesquels la probabilité d'un résultat dichotomique est liée à un ensemble de variables explicatives qui sont supposées l'influer. Pour objectiver que la co-conception en partenariat des systèmes agricoles innovants défendue par plusieurs auteurs (5, 16, 32) favorise leur adoption par les EAF nous avons opté pour une application du modèle logit sur les dynamiques d'adoption du *M. pruriens* dans la zone cotonnière ouest du Burkina Faso entre 2005 et 2015.

Le choix du modèle logit est motivé par la facilité de manipulation des résultats. Dans ce modèle la variable latente non observable y^* est définie par l'équation I.

$$y_i^* = x_i\beta + \varepsilon_i \quad (I)$$

En posant les équations II,

Le modèle logit définit la probabilité associée à

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{si adoption} \\ 0 & \text{si non} \end{cases} \quad (II)$$

on aura les équations III et IV.

$$Y = \begin{cases} 1 & \text{si } y > 0 \\ 0 & \text{si } y \leq 0 \end{cases} \quad (III)$$

$$E(y_i) = \text{Prob}(y_i=1)*1 + \text{Prob}(y_i=0)*0 = \text{Prob}(y_i=1) = p_i \quad (IV)$$

l'adoption du *M. pruriens* $y_i=1$ comme la valeur de la fonction de répartition (F) de la loi logistique considérée au point $x_i\beta$.

Dans la présente étude la variable expliquée est une variable binaire prenant la valeur 1 si l'EAF a adopté le *M. pruriens* et 0 dans le cas contraire (Equation V).

Avec y_i^* le bénéfice ou l'utilité tiré de l'engagement

$$p_i = E(y_i) = F(x_i\beta) = \frac{1}{1 + e^{(-x_i\beta)}} \quad (V)$$

du producteur dans l'insertion du *M. pruriens* dans son système de production, l'indice i indiquant la $i^{\text{ème}}$ observation dans l'échantillon; p_i est la probabilité qu'un individu fasse un choix donné y_i ; e est la base du logarithme népérien; x_i est un vecteur des variables exogènes; β sont des coefficients associés à chaque variable explicative X_i à estimer et ε_i une perturbation aléatoire.

Les variables explicatives utilisées dans le modèle sont synthétisées dans le tableau 2.

Un coefficient positif signifie que la probabilité augmente avec l'accroissement de la variable explicative correspondante. Les coefficients dans la régression logistique sont estimés par la méthode du maximum de vraisemblance.

Matériel et méthodes

Sites d'étude et description de la situation agropastorale

L'étude a été conduite dans deux communes (Kourouma et Koumbia) à forte pression foncière de l'ouest du Burkina Faso (Figure 1).

Le village de Kourouma dans la commune de Kourouma et ceux de Gombèlédougou et de Koumbia dans la commune de Koumbia (Tableau 1) ont été retenus pour la collecte des données. Ces trois villages ont accueilli des projets de recherche développement sur la co-conception des systèmes agricoles innovants dont les techniques d'insertion du *M. pruriens* dans les systèmes de production (culture/élevage) depuis 2005 par des équipes composées de chercheurs, de producteurs et de techniciens agricoles des services publics d'appui-conseil.

Le climat est de type nord-soudanien caractérisé par un régime unimodal des pluies, avec une saison sèche et une saison pluvieuse. La pluviosité annuelle est comprise entre 800 et 1200 mm. L'adoption de la traction animale par les producteurs s'est traduite par l'extension des superficies cultivées au détriment des jachères et des pâturages naturels. Une rude compétition pour l'accès aux ressources agropastorales est apparue, accentuant leur dégradation et par ricochet la baisse de leur productivité. Les principales activités économiques sont l'agriculture et l'élevage.

Avec le coton et le maïs comme principales cultures, l'agriculture est de plus en plus intégrée au marché. Le milieu est fortement exploité par l'agriculture et les surfaces pastorales sont en constante régression ces dix dernières années. Des cultures fourragères (*M. pruriens*, pois d'angole, niebé fourrager, sorgho fourrager, etc.) y ont été introduites par la recherche (17). L'élevage est toujours conduit principalement à travers les systèmes traditionnels extensifs et semi moderne. Il se compose essentiellement de bovins et de petits ruminants. Dans les années soixante-dix, les producteurs pratiquaient les associations de cultures (coton/maïs, céréales /légumineuses).

A partir des années quatre-vingt, elles ont été progressivement abandonnées suite aux contraintes

(pénibilité du travail) et à l'adoption des paquets technologiques de la révolution verte (mécanisation agricole, engrais chimiques, variétés améliorées, pesticides, etc.).

Dans la zone cotonnière, ce changement a amélioré certes les rendements mais a favorisé l'extension des surfaces cultivées (12, 18). On assiste donc à la saturation de l'espace, à la dégradation et à la pollution des ressources naturelles par les engrais chimiques et les pesticides (acidification des sols et des eaux, contamination des eaux de surface et des nappes phréatiques, etc) et à des risques sanitaires humain et animal élevés (9, 11, 14). Des pratiques de production agricole durables s'imposent pour maintenir et améliorer la productivité des sols et des animaux. Dans les milieux où les sols sont pauvres du fait de leur surexploitation et où il manque du fourrage pour les animaux, la culture des légumineuses est préconisée en pure ou en associations avec les céréales pour assurer la sécurité fourragère (production de fourrages), la sécurité alimentaire (production de vivrier) et améliorer la fertilité des sols.

Collecte des données

Les données ont été collectées en deux phases complémentaires dont l'une qualitative et l'autre quantitative.

Phase qualitative

Les données qualitatives ont été obtenues à l'aide des outils (assemblée villageoise, focus group, etc.) de la méthode active de recherche participative. Ils ont été utilisés pour identifier les légumineuses produites dans chaque village, l'historique de l'introduction du *M. pruriens*, sa place dans les systèmes de production, les itinéraires techniques suivis, le devenir des fourrages et graines du *M. pruriens*, ses contraintes et opportunités de production, ainsi que la liste exhaustive des producteurs impliqués dans le processus de co-conception du *M. pruriens* entre 2005 et 2015 (adoptants et non adoptants). Ces résultats ont été validés par les producteurs de chaque village et ont servi de base pour l'élaboration du questionnaire et le choix de l'échantillon de producteurs à enquêter.

Tableau 2

Définition des variables utilisées dans le modèle et hypothèses sur leurs signes attendus.

Variables	Description		
Expliquée			
ADEPTMUC	Adoption du <i>M. pruriens</i> : 1 si l’exploitant l’a produit au moins 3 fois ces 5 dernières années, 0 si non		
Explicatives	Auteurs ayant démontrés l’influence de la variable sur l’adoption des innovations agricoles		Signes attendus dans la présente étude
AGE	Age du chef de l’EAF (années révolues)	(3,22)	-
ACTIF	Actifs dans l’EAF (n)	(15)	+
BOVIN	Bovins de l’EAF (n)	(3,27)	-
FOSS	Fosses fumières et à compost de l’EAF (n)	(4)	-
REUN	Participation aux réunions de la plateforme d’innovation par an (n)	(16, 19)	+
PAILCER	Paille de céréales mobilisée par l’EAF (kg)	(7)	-
UREHACULT	Urée appliquée par hectare (kg)	(13)	-
SUPTERPO	Superficie de terres possédées par l’EAF (ha)	(15)	+
REV	Revenu annuel de l’EAF (F cfa)	(6)	+
SEX	Sexe du chef de l’EAF (1 = Masculin, 0 = Féminin)	(28)	+
ACCESMAR	Facilité d’écoulement des fourrages et/ou graines de <i>M. pruriens</i> (1 = oui, 0 = non)	(20)	+
CONTRCONFOU	Contrainte de conservation du fourrage de <i>M. pruriens</i> (1= oui, 0 = non)	(7)	-
EXPMUC	Expérimentation du <i>M. pruriens</i> avec une équipe de recherche /vulgarisation agricole (1 = oui, 0 = non)	(8)	+
MANQSEM	Manque de semence de <i>M. pruriens</i> (1= oui, 0 = non)	(15)	-
PRATIKEMBOUC	Pratique de l’embouche bovine et/ou ovine (1= oui, 0 = non)	(25)	+
NIVINST	Niveau d’instruction du chef de l’EAF (0 = Illettré, 1 = Alphabétisé, 2 = Primaire, 3 = Secondaire)	(27)	+

Légende: EAF. Exploitation agricole familiale.

Phase quantitative

Une liste de trente adoptants du *M. pruriens* selon les critères de l'étude a été complétée par un choix aléatoire de vingt non adoptants soit un échantillon de 50 exploitations agricoles familiales (EAF). Les caractéristiques générales et structurelles, les systèmes de culture, les systèmes d'élevage, l'économie de l'EAF et l'environnement institutionnel ont été renseignés.

Résultats

Caractéristiques générales et structurelles des adoptants et non adoptants

Les femmes qui sont traditionnellement les principales productrices des légumineuses en milieu rural ne représentent que 3,3% des adoptants du *M. pruriens* (Tableau 3). Elles ont des difficultés d'accès à la terre et produisent prioritairement des céréales (maïs, sorgho) et des légumineuses à triples usages (consommation humaine, alimentation animale, fertilisation sol).

Par rapport aux non adoptants, les adoptants sont un peu plus âgés, ont un meilleur niveau d'éducation, possèdent davantage de bovins, de fosses fumières, stockent plus de pailles, pratiquent davantage l'embouche, expérimentent plus le *M. pruriens*. Seulement 21% des exploitants arrivent à écouler leur production, surtout de graines à un prix incitatif (1000 F CFA/kg) auprès des centres de recherche et des organisations non gouvernementales (ONG) et rarement chez les autres producteurs considérés comme des mauvais acheteurs (500 F CFA/kg). Cette situation cause un manque de semence pour 25,5% des répondants qui produisent le *M. pruriens*, prioritairement pour la qualité de son fourrage et son effet fertilisant sur le sol. Les exploitants qui pratiquent l'embouche apprécient positivement les fanes du *M. pruriens*. Les adoptants participent annuellement en moyenne à 8 réunions de la plateforme d'innovation contre 3 pour les non adoptants. Ces derniers ont par conséquent moins expérimenté le *M. pruriens* (50%) que les adoptants (93,3%).

Pratiques agropastorales autour du *M. pruriens* chez les adoptants (système de culture et système d'élevage)

Le *Mucuna pruriens* a été introduite dans les villages d'étude il y a plus de 10 ans.

Les producteurs le sème en ligne après labour. Selon l'objectif de production (graine ou fourrage) la date de semis varie (15 juillet ou 15 août). Le mucuna est cultivé en pure (et souvent en association avec le maïs) sur des sols pauvres ou des jachères non inondables et est en rotation avec le coton ou le maïs. Les fanes sont fauchées à l'état vert, séchées, bottelées et conservées pour entretenir les bœufs de trait, produire du lait et faire de l'embouche. Les graines sont souvent utilisées pour l'alimentation du bétail mais cela nécessite une transformation préalable pour éliminer la toxine. Elles sont très généralement commercialisées pour les besoins de vulgarisation. Les principaux obstacles à l'adoption du *M. pruriens* selon les producteurs sont : le manque de terre, les dégâts d'animaux, la pénibilité de la récolte (main d'œuvre, démangeaisons), les contraintes de conservation des fanes, de respect du calendrier cultural et de commercialisation des graines et fanes.

Déterminants d'adoption du *M. pruriens*

Présentation des déterminants de l'adoption du *M. pruriens* d'après le modèle logit

Le tableau 4 présente l'influence des variables explicatives sur la probabilité d'adoption du *M. pruriens* par les EAF en zone cotonnière. Le nombre annuel de participation du chef de l'EAF aux réunions de la plateforme d'innovation est significatif au seuil de 5%. Les variables nombre d'actifs, nombre de fosses fumières, sexe du chef d'exploitation, accès au marché, expérimentation du *M. pruriens* par l'exploitant, pratique de l'embouche sont significatifs au seuil de 10%.

L'influence négative prévue (Tableau 2) pour le nombre de fosses fumières (FF) et de la quantité de paille de céréales mobilisée par l'EAF sur l'adoption du *M. pruriens* s'est avérée positive par les résultats du modèle; les EAF ayant un nombre élevé de FF et mobilisant de grande quantité de paille seraient ouvertes aux innovations.

Tableau 3
Statistiques descriptives des variables du modèle.

	Adoptants	Non adoptants	Ensemble
Effectifs	30	20	50
<i>Exploitant</i>			
Age (an)	46 ± 12	40 ± 12	44 ± 12
Sexe Féminin (%)	3,3	15	8
Education	Illettré (%)	3,3	30
	Alphabétisé (%)	36,7	30
	Primaire (%)	40	15
	Secondaire (%)	20	25
Réunion de PI/an (n)	8 ± 6	3 ± 5	6 ± 6
Pratiquants d'embouche (%)	56,7	25	44
Expérimentateurs <i>M. pruriens</i> (%)	93,3	50	76
<i>Exploitation agricole familiale</i>			
Actifs (n)	9,5 ± 5,4	7,3 ± 5	8,6 ± 5,3
Bovins (n)	26,3 ± 34,2	10 ± 11,2	19,8 ± 28,4
Fosses (n)	1,6 ± 1,2	0,8 ± 0,8	1,2 ± 1,1
Superficie disponible (ha)	15,5 ± 14,7	15,5 ± 17,5	15,5 ± 15,7
Paille céréales stockées (kg)	1 745,6 ± 2 549,7	879,9 ± 842,1	1 399,3 ± 2 075,1
Urée/ha (kg)	51,6 ± 28,3	50,6 ± 21,7	51,2 ± 25,6
Revenu (F cfa)	2 580 957 ± 3 208 597	1 846 205 ± 1 889 224	2 287 056 ± 2 758 476
Accès au marché (%)	20,6	20,9	20,8
Contrainte de conservation du fourrage (%)	15,9	11,6	14,2
Manquant de semence (%)	20,6	32,6	25,5

Légende: PI. Plateforme d'innovation.

Tableau 4

Résultat de l'estimation du modèle logit d'adoption du *M. pruriens*.

Variables	Coefficient	Erreur standard	z-Statistique
AGE	-0.049838	0.090347	-0.551622
SEX	7.229138***	4.401077	1.642584
ACTIF	0.499623***	0.312472	1.598937
BOVIN	-0.024034	0.063561	-0.378130
FOSS	1.725752***	1.203177	1.434329
REUN	0.586406**	0.268332	2.185374
PAILCER	0.001045	0.001104	0.945844
UREHACULT	-0.064620***	0.038298	-1.687288
SUPTERPO	0.131960	0.144446	0.913558
REV	-1.78E-06***	1.32E-06	-1.349025
ACCESMAR	3.260808***	2.222127	1.467426
CONTRCONFOU	-1.096961	1.744322	-0.628876
EXPMUC	4.553205***	2.466659	1.845900
MANQSEM	-2.156339	1.837331	-1.173626
PRATIKEMBOU	3.865438***	2.336211	1.654576
NIVINST	-0.103248	0.802796	-0.128611
CONSTANTE	-14.36221**	6.893793	-2.083353

Légende : *** = $p < 0,1$; ** = $p < 0,05$; * = $p < 0,01$

Tableau 5

Résumé des statistiques du modèle de régression logistique.

Statistiques	Valeur
Nombre d'observations	50
Nombre d'itérations	11
LR statistic	41.21144
Prob (LR statistic)	0.000517
Log likelihood	-13.04486
McFadden R-squared	0.612344
Prédiction Correcte des observations (%)	92
H-L Statistic	4.1566
Andrews Statistic	40.1860
Prob. Chi-Sq(8)	0.8427
Prob. Chi-Sq(10)	0.0000

Des «paquets techniques» sur l'intégration agriculture-élevage ont été proposés aux producteurs. Les *FF* ont été « vulgarisées » dans les projets de R&D en même temps que les cultures fourragères. Le *M. pruriens* par sa contribution au bilan azoté de l'EAF serait complémentaire aux fosses fumières ($p < 0,1$) et aux pailles de céréales ($p > 0,05$).

Par contre les variables quantité d'urée appliquée par hectare et revenu de l'EAF influencent négativement et significativement l'adoption du *M. pruriens* au seuil de 10%. Les EAF à revenu élevé de la zone d'étude sont encore dans une logique d'agriculture conventionnelle marquée par une forte utilisation des engrais chimiques et du tourteau de coton. Ils ont alors moins recours au *M. pruriens* pour la fertilisation de leur sol et l'alimentation des animaux.

Analyse statistique des variables utilisées dans le modèle

Le tableau 5 synthétise les statistiques du modèle logit. Le R^2 de McFadden vaut 0,612344; ce qui signifie que la variation de la probabilité d'adoption du *M. pruriens* est expliquée à 61,23% par les variables utilisées.

En outre, le ratio de vraisemblance (*LR*) teste l'hypothèse de nullité jointe des coefficients estimés contre l'hypothèse alternative selon laquelle au moins un des coefficients est non nul à tout seuil raisonnable si la probabilité Prob (*LR*) est inférieure au dit seuil. D'après les résultats la Prob (*LR*) est de 0,000517, ce qui signifie que les coefficients sont globalement significatifs. Les variables utilisées expliquent donc la probabilité d'adoption du *M. pruriens*.

Le modèle a requis 11 itérations avec une prédiction correcte de 92% des observations. En outre, la valeur de la probabilité Prob. Chi-Sq (10) est quasi nulle (0,0000); ce qui confirme une spécification correcte dans la classification des observations.

Analyse des facteurs d'adoption du *M. pruriens*

La participation active à la RAP

Un nombre de participation élevé du producteur aux réunions de la plateforme d'innovation influence positivement la décision d'adoption de la culture du *M. pruriens*.

Les discussions en groupe multi acteurs dans des cadres organisés peuvent jouer un rôle important dans l'évolution des normes collectives car la RAP implique beaucoup de concertation, de sensibilisation et d'apprentissage par l'action. Les groupements de producteurs existants sont plutôt organisés par filière (élevage, coton) alors que les différents acteurs des filières ont besoin de se concerter pour mieux intégrer l'agriculture à l'élevage. La RAP crée ce cadre de dialogue entre acteurs à l'échelle territoriale.

Le sexe du chef d'EAF

Les hommes cultivent plus le *M. pruriens* que les femmes. Dans la zone d'étude, la plupart des EAF est gérée par les hommes qui contrôlent les facteurs de production (terres, animaux, capitaux, actifs, équipements, etc). En outre, ils sont souvent les premiers à accéder aux informations sur les innovations agricoles à travers leurs réseaux d'information plus denses que ceux des femmes. Ces dernières sont souvent chargées par les travaux ménagers et exploitent des lopins de terres. Par contre elles jouent un rôle important (main d'œuvre, respect des fiches techniques, etc) dans le processus d'adoption des innovations agricoles par les hommes.

Le nombre d'actifs dans l'EAF

La main d'œuvre agricole influence positivement l'adoption de la culture du *M. pruriens*

La main d'œuvre salariale devient de plus en plus rare et celle familiale est très concurrencée par les activités agricoles et extra-agricoles (orpaillage artisanale surtout). Les ouvriers agricoles préfèrent les sites d'or aux travaux champêtres malgré l'interdiction officielle d'exploiter en saison des pluies. Le calendrier culturel du *M. pruriens* coïncide avec certaines opérations culturelles des cultures principales (coton, maïs). Le semis et les récoltes des cultures fourragères sont fréquemment reportés à la fin des travaux relatifs au coton et aux céréales. Ce qui expliquerait que les grands producteurs de coton ne font pas du mucuna. Les EAF doivent compter sur le nombre d'actifs agricoles permanents pour opérer certains choix de production, d'entretien des animaux et des parcelles et d'aménagement des parcelles.

Les grappes d'innovation autour de l'intégration agriculture-élevage

Dans les systèmes agricoles, il existe des «grappes d'innovation» qui permettent de créer de la cohérence dans le système de production de sorte que l'intégration agriculture élevage soit la plus aboutie possible. Parmi elle, on note entre autres les fosses fumières et l'embouche.

Face à la baisse de la fertilité des sols et à la cherté des engrais chimiques, la production de la fumure organique (FO) prend de l'ampleur dans la zone cotonnière ouest du Burkina. Les modes de production en tas, en fosses à la maison et plus récemment en fosses bord champ sont promus dans la zone d'étude par les projets de R&D qui font la RAP et diffusent aussi le *M. pruriens*.

On note une augmentation des fosses fumières dans certaines EAF. Les quantités de FO produites étant inférieures aux besoins des EAF, ces dernières adoptent le *M. pruriens* qui fertilise aussi le sol, fournit des fanes pour les animaux et des graines pour le marché.

Les EAF pratiquant l'embouche produisent et stockent des fourrages pour réduire les charges alimentaires. La fumure organique est également produite dans les ateliers d'embouche à partir des refus d'affouragement et des déjections animales.

Le revenu annuel de l'EAF

Les EAF à revenu élevé pratiquent moins la culture du *M. pruriens*. Ce sont des grandes exploitations relativement bien équipées dont la culture de coton est centrale dans leur système de production. Elles utilisent fortement les intrants chimiques. Leur système de production est fondé sur le modèle productiviste (agriculture conventionnelle) longtemps promu par les sociétés cotonnières et les services agricoles dans la région.

La quantité d'urée appliquée par hectare

Les systèmes de production dans la zone d'étude reposent sur l'utilisation des engrais chimiques pour améliorer les rendements des cultures.

Les quantités moyennes d'urée apportées sur les principales cultures (coton, maïs et sorgho) sont en général supérieures à la dose recommandée par les services de vulgarisation. Les producteurs surtout de coton qui appliquent ces doses élevées disent ne

pas avoir besoin du *M. pruriens* pour son effet fertilisant. Ils ont un système de culture fondé sur le coton, avec des rotations (coton/maïs) qui ne permettent pas l'introduction du *M. pruriens*.

Facilité d'écoulement des fourrages et/ou graines de *M. pruriens*

L'accès au marché influence positivement l'adoption de la culture de *M. pruriens*. La plupart des producteurs avancent cette difficulté comme frein au développement des cultures fourragères. En effet, si le marché des fourrages naturels et des résidus de culture prend de l'ampleur dans les centres urbains, celui des cultures fourragères notamment les graines et fourrages de *M. pruriens* est encore peu développé. Le programme d'appui aux filières agro-sylvo-pastorales (PAFASP) a soutenu les producteurs de Kourouma avec des micro-crédits pour la production et la commercialisation des fanes de mucuna mais ils ont été confrontés à des contraintes de transport des fourrages cultivés vers les centres urbains. Découragés, certains ont réduit leur superficie cultivée en mucuna mais d'autres l'ont tout simplement abandonné.

Discussion

Le mucuna: un élément d'une stratégie globale d'intégration agriculture-élevage pour l'intensification écologique

Les résultats montrent que les adoptants ont déjà investi dans l'intégration agriculture élevage en adoptant d'autres innovations (fosse fumière, traction animale, embouche). On comprend alors que le mucuna appartient à une grappe d'innovation autour de l'intégration agriculture élevage. C'est l'ensemble de ces nouvelles pratiques agricoles qui donnent de la cohérence aux systèmes de production.

Face aux changements climatiques, à la baisse de la fertilité des sols et au manque de fourrages les producteurs combinent plusieurs innovations (22). Ces innovations techniques se renforcent les unes les autres et facilitent alors l'adoption de toute autre innovation qui «va dans le même sens». La vulgarisation du *M. pruriens* doit s'intégrer dans des programmes plus large sur l'intégration agriculture élevage adapté à la diversité des

exploitations et répondant à un marché. Au Bénin, les revenus tirés de la vente des semences de *M. pruriens* avaient eu une incidence notable sur la probabilité de son adoption (20).

Dissémination du «mucuna» dans le temps

Pendant la durée de vie des projets et programmes ayant promu le *M. pruriens*, il y avait un engouement fort pour le *mucuna*. Bon nombre de producteurs étaient volontaires pour l'expérimenter et avoir une meilleure connaissance de l'innovation (itinéraire technique et vertus du *mucuna*) avant de décider de l'adopter ou non (8).

La vitesse à laquelle une innovation est adoptée au sein d'un système social donné (rythme d'adoption ou nombre d'individus par unité de temps) et la proportion d'individus ayant adopté cette innovation à un instant donné (taux d'adoption) exprime la dimension temporelle du processus de dissémination de l'innovation (24).

Cette étude a été conduite à la fin des projets et programmes *mucuna* qui se sont plus ou moins succédés. C'est quelques années après les projets que l'on peut mesurer réellement le taux d'adoption.

Il est donc nécessaire de renforcer et diversifier les canaux de communication (formels et informels) pour favoriser ensuite la diffusion de l'innovation.

La Recherche Action en Partenariat (RAP): une démarche d'accompagnement adéquate pour les grappes d'innovation

La RAP, en tant que démarche globale, sur un temps relativement long, avec amélioration incrémentale par expérimentation apparaît comme une approche adaptée à l'accompagnement des grappes d'innovation. Lorsqu'une innovation est introduite dans une région, il y a souvent une forte incertitude sur l'efficacité de celle-ci dans les conditions locales. Les producteurs aiment voir par eux même, comment fonctionnent les innovations et quelles peuvent être leurs conséquences (33).

Dans le cadre de la démarche de co-conception en partenariat des systèmes agricoles innovants, l'expérimentation des solutions possibles par et chez les producteurs est une étape indispensable (12). Elle est nécessaire pour des innovations expérimentales en permettant aux acteurs d'évaluer

les innovations, de discuter de leurs avantages et inconvénients pour l'exploitation et de réduire l'incertitude de leurs effets. La présence de chercheurs et techniciens au sein d'une plateforme permet de répondre au fur et à mesure à la diversité des nouveaux problèmes soulevés tout au long du processus (32).

Pertinence de l'utilisation du modèle logit pour un petit échantillon

Le modèle logit est généralement utilisé sur des échantillons relativement grands (27) mais admis sur les petits échantillons selon la spécificité de l'étude (19). La taille réduite de notre échantillon qui peut être considérée comme une limite de l'étude est justifiée par l'objet étudié: le *mucuna* co-construit à travers la démarche de recherche action. Le modèle statistique nous a permis d'objectiver nos observations.

Conclusions et recommandations

De par les usages multiples du *M. pruriens* (fertilisation sol, fourrage) dans les systèmes de production, les acteurs de développement de la zone cotonnière ouest du Burkina Faso ont trouvé en cette légumineuse une alternative pour améliorer le bilan azoté de plus en plus déficitaire des exploitations agricoles familiales. Après les résultats mitigés des programmes de vulgarisation du *M. pruriens* par l'approche descendante, il a été réintroduit dans les systèmes de production à travers une démarche de co-construction en partenariat de systèmes intégrant davantage l'agriculture et l'élevage. Cette étude montre que le *M. pruriens* est en fait un élément d'une grappe d'innovations autour de l'intégration agriculture-élevage. Il est plus adopté par les hommes qui contrôlent les facteurs de production lorsqu'il apporte de la cohérence à des choix et investissements déjà faits par le producteur (fumure organique, alimentation des animaux, embouche, etc).

L'adoption du *M. pruriens* par les femmes, principales productrices des légumineuses, est limitée par les difficultés d'accès à la terre et leurs choix privilégiés pour la culture du maïs, du sorgho et des légumineuses consommables par l'homme.

Cela limite l'entrée des femmes dans la dynamique des innovations agricoles.

En outre, le manque de semence, les contraintes de conservation des fanes, le type d'agriculture (conventionnel) et d'élevage (extensif) dominants et le manque de marché pour les cultures fourragères sont les autres contraintes à l'adoption du mucuna. La démarche de recherche action en partenariat s'avère être une méthode adaptée pour l'accompagnement des producteurs pour une meilleure intégration agriculture-élevage.

Les acteurs des filières devraient être davantage associés notamment pour l'écoulement sur les marchés et l'approvisionnement en semences fourragères. Par ailleurs, il serait intéressant d'analyser les impacts des innovations d'intégration agriculture sur les utilisateurs et les effets de spillovers.

Remerciements

Le dispositif de recherche et d'enseignement en partenariat sur «l'Intensification écologique et Conception des innovations dans les Systèmes Agro-Sylvo Pastoraux de l'Afrique de l'Ouest» (DP-ASAP : CIRDES, INERA, IDR/UPB, UPGC, CIRAD) a servi de cadre à la réalisation de ce travail. Il a été financé par l'Ambassade de France au Burkina Faso et la coopération Australienne à travers le projet CORAF «Options d'Intensification Durable».

Les auteurs remercient tous les chercheurs du DP-ASAP et les bailleurs de fonds. Nous sommes également reconnaissants aux populations des villages de Koumbia, Gombèlèdougou et de Kourouma pour leur accueil et leur franche collaboration ainsi qu'aux relecteurs anonymes pour leurs précieuses observations et suggestions.

Références bibliographiques

- Adams J., 1982, The emptiness of peasant rationality: demirationality as an alternative, *J. Econ.*, **16**, 3, 663-672.
- Adekunle A.A. & Fatunbi A.O., 2012, Approaches for Setting-up Multi-Stakeholder Platforms for Agricultural Research and Development, *World App. Sci. J.*, **16**, 7, 981-988.
- Aklilu A. & De Graaff J., 2006, Determinants of adoption and continued use of stone terraces for soil and water conservation in an Ethiopian high land watershed, *Ecol. Econ.*, **61**, 2-3, 294-302.
- Blanchard M., Coulibaly K., Bognini S., Dugué P. & Vall E., 2014, Diversité de la qualité des engrais organiques produits par les paysans d'Afrique de l'Ouest: quelles conséquences sur les recommandations de fumure? *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **18**, 4, 512-523.
- Chia E., 2004. Principes, méthodes de la recherche en partenariat : une proposition pour la traction animale, *Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **57**, 3-4, 233-240.
- Chipande G.H.R., 1987, Innovation adoption among female headed households: the case of Malawi. *Dev. Change*, **18**, 2, 315-327.
- Coulibaly D., Moulin C.H., Pocard-Chappuis R., G. Morin G., Sidibé S.I. & Corniaux C., 2007, Evolution des stratégies d'alimentation des élevages bovins dans le bassin d'approvisionnement en lait de la ville de Sikasso au Mali. *Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **60**, 1- 4, 103-111.
- Coulibaly K., Vall E., Autfray P. & Sedogo P.M., 2012a, Performance technicoéconomique des associations maïs/niébé et maïs/mucuna en situation réelle de culture au Burkina Faso: potentiels et contraintes, *Tropicultura*, **30**, 3, 147-154
- Coulibaly K., Vall E., Autfray P., Nacro H.B. & P. M. Sedogo P.M., 2012b, Effets de la culture permanente coton-maïs sur l'évolution d'indicateurs de fertilité des sols de l'Ouest du Burkina Faso; *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **6**, 3, 1069-1080.
- Davis K., 2008, Extension in Sub-Saharan Africa: Overview and Assessment of Past and Current Models and Future Prospects, *J. Agric. Educ. Extension*, **15**, 15-28.
- FAO, 2011, *Produire plus avec moins*, 116 p.
- Faure G., Gasselin P., Triomphe B., Temple L. & Hocde H., 2010, *Innover avec les acteurs du monde rural: la recherche action en partenariat*. Paris, France, ed(s) Quaé, CTA, Presse Agronomique de Gembloux, collection agriculture Tropicale en Poche, 221 p.

13. Godet G. & Grimaud P., 1998, Culture fourragère et Développement durable en zone subhumide. Actes de l'atelier régional, Korhogo, 26 au 29 mai 1997, CIRDES / IDESSA / CIRAD EMVT, 204p.
14. Gomgnimbou A.P.K., Savadogo P.W., Nianogo A.J. & Millogo-Rasolodimby J., 2010, Pratiques agricoles et perceptions paysannes des impacts environnementaux de la cotonculture dans la province de la KOMPIENGA (Burkina Faso), *Sci. Nat.*, **7**, 2, 165-175.
15. Hamadou S., Kamuanga M., Abdoulaye A.T. & Lowenberg-Deboer J., 2005, Facteurs affectant l'adoption des cultures fourragères dans les élevages laitiers périurbains de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). *Tropicultura*, **23**, 1, 29-35.
16. Koutou M., E. Vall, E. Chia, L. Traoré & N. Andrieu, 2010, *Implication des acteurs locaux dans la conception des innovations et l'évaluation de leur impact: le cas des systèmes agropastoraux du Tuy (Burkina Faso)*; In Acte du Symposium international sur innovation et développement durable dans l'agriculture et l'agroalimentaire; Montpellier du 28 Juin au 1^{er} Juillet 2010. <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00522574/fr/>.
17. Koutou M., Sangaré M., Havard M., Toillier A., Sanogo L., Thombiano T. & Vodouhe D.S., 2016, Sources de revenus et besoins d'accompagnement des exploitations agricoles familiales en zone cotonnière ouest du Burkina Faso. *Biotech. Agron. Soc. Environ.*, **20**, 1, 42-56
18. Lhoste P., Havard M. & Vall E., 2010, *La traction animale. Agricultures tropicales en poche*, Quae, CTA, PAG; 223p.
19. Mabah T.G.L., Havard M. & Temple L., 2013, Déterminants socio-économiques et institutionnels de l'adoption d'innovations techniques concernant la production de maïs à l'ouest du Cameroun, *Tropicultura*, **31**, 2, 137-142.
20. Manyong V.M., Houndekon A.V., Gogan A., Versteeg M.N. & Van der Pol F., 1996, *Déterminants of adoption for a resource management technology: the case of M. pruriens in Benin Republic*. Adv. Agric. Biol. Eng., Proceedings of a conference (ICABE), Beijing, 15-19 August 1996. China Agricultural University Press, Beijing, China. 86-93.
21. Nederlof S., Wongtschowski M. & Femke V.D.L., 2011, Putting heads together: Agricultural innovation platforms in practice. *Dev. Policy Pract. Bull.*, 396, 192 p.
22. Ouédraogo M., Dembélé Y. & Somé L., 2010, Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements des précipitations : cas des paysans du Burkina Faso. *Sécheresse*, **21**, 2, 87-96.
23. Ravindran V., 1988, Studies of *M. pruriens pruriens* (L.) as a forage alternative in tropical countries: evaluation of productivity and forage quality at four different growth stages. *Beitrag Tropical Land wirtschaft, Vet. Med.*, **26**, 4, 381-386.
24. Rogers E.M., 1983, Diffusion of Innovations. 3rd Edition. The Free Press. London. 453 p.
25. Sanou K.F., Nacro S., Ouédraogo M., Ouédraogo S. & Zougrana C.K., 2011, La commercialisation de fourrages en zone urbaine de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso): pratiques marchandes et rentabilité économique, *Cah. Agric.*, **20**, 6, 487-493.
26. Schumpeter J., 1935, Théorie de l'évolution économique, Dalloz, Paris.
27. Sidibé A., 2004, Farm-level adoption of soil and water conservation techniques in northern Burkina Faso. *Agric. Water Manage.*, **71**, 211-224
28. Sodjinou E., Glin L.C., Nicolay G., Tovignan S. & Hinvi J., 2015, Socioeconomic determinant of organic cotton adoption in Benin, West Africa, *Agric. Food Econ.* **3**, 12 DOI 10.1186/s40100-015-0030-9
29. Soule J.M., Tegene A. & Wiebe D.K., 2000, Land tenure and the adoption of soil conservation practices, *J. Agric. Econ.*, **82**, 4, 993-1005.
30. Swaans K. & Pali P., 2013, Directives pour les plateformes d'innovation: facilitation, suivi et évaluation. ILRI Manuel, Nairobi, Kenya, 40 p.
31. Touzard J.M., Temple L., Faure G. & Triomphe B., 2014, Systèmes d'innovations et communautés de connaissances dans le secteur agricole et agroalimentaire, *Innovations*, **43**, 13-38, DOI: 10.3917/inno.043.0013. <http://www.cairn.info/revue-innovations-2014-1-page-13.htm>
32. Vall E., Chia E., Blanchard M., Koutou M., Coulibaly K & Andrieu N., 2016, La co-conception en partenariat de systèmes agricoles innovants, *Cah. Agric.*, **25**, 15001, 1-7.
33. Van Den Ban A.W., 1984, Les courants de pensée en matière de théorie de la diffusion des innovations. *Econ. Rurale*, **159**, 31-36.

M. Koutou, Burkinabè, Doctorant, Centre International de Recherche-Développement sur l’Elevage en Zone Subhumide, Unité de recherche sur les productions animales, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

M. Havard, Français, DEA, Ingénieur de recherche, Centre International de Recherche-développement sur l’Elevage en Zone Subhumide, Unité de recherche sur les productions animales, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement , UMR Innovation, Montpellier, France.

D. Ouédraogo, Burkinabè, PhD, Enseignant-chercheur, Ministère de l’Agriculture et des aménagements hydrauliques, Direction générale de la promotion de l’économie rurale, Ouagadougou, Burkina Faso.

M. Sangaré, Malien, PhD, Chercheur, Centre International de Recherche-développement sur l’Elevage en Zone Subhumide, Unité de recherche sur les productions animales, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

A.Toillier, Français, Doctorat, Agronome, chercheure, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), UMR Innovation, 34398, Montpellier Cedex 5, France.

T. Thombiano, Burkinabè, PhD, Professeur titulaire, Enseignant-chercheur, Université Ouagadougou 2, Unité de formation et de recherche en Sciences économiques et de gestion, Ouagadougou, Burkina Faso.

D.S. Vodouhe, Beninois, PhD, Maître de conférences, Enseignant-chercheur, Université d’Abomey Calavi, Faculté des sciences agronomiques, Département d’économie et socio-anthropologie et de communication pour le développement rural, Cotonou, Bénin.

BIBLIOGRAPHIE BIBLIOGRAPHY

BOEKBESPREKING BIBLIOGRAFIA



Auteurs: Cruz Jean-François, Hounhouigan Djidjoho Joseph, Fleurat-Lessard Francis & Troude Francis (coll.)

ISBN 978-2-87016-144-9

BEL / ETR: 25 € + frais de port

Quae / Cta / 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

La totalité de la production agricole destinée à l'alimentation humaine ne parvient pas à ses destinataires en raison de pertes au cours de la phase dite de "post-récolte" qui comporte les étapes entre la récolte et la transformation des produits pour l'alimentation. Dans le contexte d'augmentation de la demande alimentaire de ce début de xxi e siècle, notamment en Afrique, il est donc essentiel, non seulement d'améliorer la production agricole vivrière mais aussi de lutter contre ces pertes. Il s'agit là d'un enjeu majeur de la lutte contre la faim. Cet ouvrage y contribue en effectuant une synthèse opérationnelle des connaissances anciennes et récentes dans ce domaine. C'est un complément utile du livre sur les semences paru dans la même collection. Cet ouvrage constitue une référence pratique pour tous ceux qui ouvrent sur le terrain pour améliorer la conservation des grains en zone tropicale et ainsi réduire les pertes post-récolte.

Les auteurs

Jean-François Cruz, chercheur au CIRAD, est spécialiste des technologies post-récolte des céréales.

Djidjoho Joseph Hounhouigan est professeur titulaire en sciences et technologie alimentaires et doyen de la Faculté des Sciences agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi au Bénin.

Francis Fleurat-Lessard, chargé de recherche à l'Inra Bordeaux-Aquitaine, est spécialiste de la sécurité sanitaire des céréales après-récolte.

Francis Troude, aujourd'hui en retraite, a fait l'essentiel de sa carrière au CIRAD comme spécialiste des technologies post-récolte des produits agricoles.

Annonces**Announcements****Aankondigingen****Anuncios****Koninklijke Academie**

voor

Overzeese Wetenschappen**Academie Royale**

des

Sciences d'Outre-Mer**JAARLIJKSE WEDSTRIJDEN****CONCOURS ANNUELS**

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.

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) Opstellen van de vragen en indiening van de werken**a) Rédaction des questions et introduction des travaux**

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

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

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.

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

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

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

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.

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.

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

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. 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. 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. 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.

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.

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

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

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

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>



Swine Research

7th INTERNATIONAL SEMINAR ON TROPICAL SWINE PRODUCTION 2017 ON THE OCCASION OF THE 45th ANNIVERSARY OF CUBA'S SWINE RESEARCH INSTITUTE

First Announcement

The Swine Research Institute (IIP) of the Cuban Society of Swine Producers (SCP) and the Swine Technology Division of the Livestock Enterprise Group (GEGAN), have great pleasure in inviting you to participate in the 7th International Seminar on Tropical Swine Production. This meeting is dedicated to the 45th anniversary of the founding of Cuba's Swine Research Institute and will take place in Havana on **May 22-26, 2017**.

Under the slogan "Sustainability in tropical swine production," this Seminar is directed to researchers, university professors, producers, students and executives and officials of different organizations and companies, who will analyze the situation of the swine production in the region and possibilities to make it more efficient and competitive.

The scientific program includes lectures, workshops, panel discussions, videos, and oral and poster presentations, as well as satellite courses and a technological tour to promote Cuban experiences.

Main topics

Food production and alternative feeding.
Biogas, Swine industry and the environment. Climate change. Use of renewable energy.
Genetics and reproduction.
Animal welfare.
Small scale family swine production.
Economy of swine production.
Health and prophylaxis.
The CSF in today's world.
Harmlessness of food and quality of pork meat.
Management of Science, Technology and Innovation.
Computing, publications and communication.

Contacts

Swine Research Institute
Cuban Society of Swine Producers
Telephones: (53) (7) 279-3545/ 279-3539/
E-mail: porcicultura2017@iip.co.cu / ralmaguer@iip.co.cu / yperez@iip.co.cu / scp@acpa2.co.cu

Registration fee

Registration fee for delegates is 200.00 Cuban convertible pesos (CUC). All fees must be in CUC, which can be obtained at airports, hotels, Convention Center or bureaus de change.

Until January 31, 2017

Delegates: 200 CUC.

Undergraduate students: 150 CUC.

From February 1 until May 22, 2017

Delegates: 250 CUC.

Registration fee for delegates includes credential, participation in scientific activities, welcome cocktail, farewell lunch, scientific program, participation certificate, CD with memoirs of the meeting. The technological tour and courses will be paid at the time of registration and each one will cost 50 CUC.

Acceptance of papers

A four-page summary should be sent before **March 1st, 2017**.

Full papers for publication in the Computerized Journal of Swine Production (RCPP) should be sent before **April 1st, 2017**.

Official languages

Spanish, Portuguese, French and English

Presentation of papers

A summary of four pages maximum, in 12 point Arial font, single spaced, 8½x11 format and margins of 2.5 cm on each side, using 7.0 Word text processor or higher should be sent by e-mail. The text will be composed of a title, a maximum of five authors with full name and surname, institution, postal and e-mail addresses, fax and a summary (250 words maximum), introduction, materials and methods, main results and discussion, conclusions and bibliographic references (maximum of eight). Tables and figures should be included in the text. Papers should be submitted directly by e-mail to contacts for this meeting or to the Organizing Committee.

Authors wishing to publish their works on the Computerized Journal of Swine Production (RCPP) should send their full papers according to the editorial standards of the journal, available at:

<http://www.iip.co.cu/RCPP/Inicioes.html>

Didactic-tourist tours event venue

- Technological tour: Integrated systems of swine production, May 24th, 2017
- Technological tour: Wastewater treatment and use of renewable energy in swine production, May 24th, 2017

Venue

Melia Habana Hotel, Havana, Cuba

Travel agency

HAVANATUR



For more information, contact:

Jacqueline Gonzales: jacque@havanatur.cu



VII SEMINARIO INTERNACIONAL PORCICULTURA TROPICAL 2017 EN EL 45 ANIVERSARIO DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES PORCINAS DE CUBA

Swine Research

El Instituto de Investigaciones Porcinas (IIP), la Sociedad Cubana de Porcicultores (SCP) y la División Tecnológica Porcina del Grupo Empresarial Ganadero (GEGAN), se complacen en invitarlo a participar en el VII Seminario Internacional sobre Porcicultura Tropical con motivo del 45 Aniversario del Instituto de Investigaciones Porcinas de Cuba, que se celebrará en la Habana, Cuba del **22 al 26 de mayo de 2017**.

Este evento cuyo lema es "La sostenibilidad en la porcicultura", está dirigido a investigadores, profesores de la enseñanza superior, productores, estudiantes, así como a directivos y funcionarios de instituciones, organizaciones y empresas quienes analizarán la situación de la porcicultura en el área y las posibilidades de hacerla más eficiente y competitiva.

El programa científico comprende conferencias, talleres, mesas redondas, videos, presentaciones de temas libres en forma oral o gráfica. También consta de cursos satélites y una gira tecnológica para promover experiencias cubanas.

Temas Centrales

Producción de alimentos y alimentación alternativa.
Biogás, Porcicultura y medio ambiente. Cambio Climático.
Uso de energías renovables.
Genética y reproducción.
Bienestar animal.
Porcicultura familiar a pequeña escala.
Economía de la producción porcina.
Salud y profilaxis.
La PPC en el contexto actual.
Inocuidad de los alimentos y calidad de la carne de cerdo.
Gestión de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación.
Informática, publicaciones y comunicación..

Receptivos

Instituto de Investigaciones Porcinas
Sociedad Cubana de Porcicultores

Teléfonos: (537) 279-3545/ 279-3539.
e-mail: porcicultura2017@iip.co.cu / ralmaguer@iip.co.cu
yperez@iip.co.cu / scp@acpa2.co.cu

Cuotas De Inscripcion

Las cuotas de inscripción serán abonadas en pesos convertibles cubanos (CUC), que pueden ser adquiridos en Aeropuertos, Hoteles, Centro de Convenciones o Casas de Cambio.

Hasta el 31 de enero del 2017

Delegados: 200 CUC.

Estudiantes de pre-grado: 150 CUC.

A partir del 1 de febrero y hasta el 22 de mayo del 2017

Delegados: 250 CUC.

La cuota de inscripción de los delegados incluye credencial, participación en las actividades científicas, cóctel de bienvenida, almuerzo de despedida, programa científico, certificado de participación, CD con las memorias del evento. La gira tecnológica y los cursos se pagaran al inscribirse el delegado y cada uno tendrá un costo de 50 CUC

Fecha De Recepcion De Trabajos

Resumen de 4 páginas el 1 de marzo de 2017

Trabajos en extenso para publicar en la RCPP el 1 de abril del 2017

Presentación de trabajos

Portuguese, French and English

Presentacion De Los Trabajos

Se enviarán en tipografía Arial a 12 puntos, a un espacio, con formato 8 ½ x11, con extensión máxima de 4 páginas y un margen de 2.5 cm por cada lado, elaborado con procesador de texto Word versión 7.0 o superior. Debe contar de título, máximo cinco autores con el nombre completo y primer apellido, institución, dirección postal, fax, e-mail y un resumen de 250 palabras. El texto del trabajo debe incluir introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones y un máximo de ocho referencias bibliográficas. Las tablas y figuras deben ser incluidas dentro del texto. El trabajo debe ser enviado por correo electrónico directamente al Comité Organizador. Los autores que deseen publicar sus trabajos en la Revista Computadorizada de Producción Porcina (RCPP) deberán enviarlos en extenso según las normas editoriales de esta revista disponible en el sitio:
<http://www.iip.co.cu/RCPP/Inicioes.htmlSpanish>,

Giras Didactico-Turisticas

Gira tecnológica "Sistemas integrados de producción porcina", 24 de mayo de 2017

Gira Tecnológica "Tratamiento de residuales y uso de la energía renovable en la producción porcina", 24 de mayo de 2017

Sede

Hotel Meliá Habana, La Habana, Cuba

Agencia De Viajes

Hotel Meliá Habana and Swine Research Institute

Travel agency

HAVANATUR



Para más información puede contactar con:
Jacqueline González jacque@havanatur.cu

Presentation

Tropicultura es una revista pluridisciplinaria que publica artículos originales, informes de investigación y síntesis, resúmenes de libros y tesis, anuncios, así como sinopsis de películas y soportes audiovisuales relativos a todos los ámbitos relacionados con el desarrollo rural y la gestión sostenible del medio ambiente en ultramar.

Patrocinio científico

La ASFL AGRI-OVERSEAS es quien edita Tropicultura y cuenta con el patrocinio científico de la Academia Real de Ciencias de Ultramar de Bélgica (ARSOM: www.kaowarsom.be).

Tropicultura ocupa el papel que desempeñó el Boletín agrícola del Congo belga y Ruanda-Urundi hasta 1963. El primer volumen de Tropicultura fue publicado en 1983 en soporte papel (ISSN 0771-3312). A partir de 2013, una versión electrónica tomó el relevo (eISSN 2295-8010).

Apoyo financiero

Tropicultura se edita con el apoyo financiero de la región de Bruselas-Capital (be.brussels.be) y de la Escuela Regional de Postgrado para la Ordenación y Gestión Integradas de los Bosques y Territorios Tropicales (ERAIFT: www.eraift-rdc.cd).

Tropicultura y el CAMES

Las publicaciones recogidas en Tropicultura son reconocidas por el Consejo Africano y Malgache de Enseñanza Superior para la promoción y los ascensos de los docentes - investigadores (CAMES: <http://www.lecames.org/>).

Miembros de la ASFL Agri-Overseas

Agri-Overseas asbl está compuesta por miembros individuales y representantes de las siguientes instituciones belgas : las cuatro facultades de ciencias agronómicas de Bélgica (Gembloux - GxABT/ULg, Gante - UGent, Lovaina - KULeuven y Lovaina-La-Nueva - UCL), las dos facultades de medicina veterinaria (Gante - UGent y Lieja - ULg), las unidades de salud animal del Departamento de Ciencias Biomédicas del Instituto de Medicina Tropical de Amberes - IMTA, la Sección Interfacultativa de Agronomía de la Universidad libre de Bruselas - ULB, la facultad de ciencias de la Universidad de Namur (Namur - UNamur), el Departamento de Ciencias y Gestión del Medio Ambiente de la Universidad de Lieja (Arlon - DSGE ULg), y la Academia Real de Ciencias de Ultramar (KAOW - ARSOM).

Campos científicos

Tropicultura publica artículos relacionados con el desarrollo rural y la gestión sostenible del medio ambiente en los países cálidos : producciones vegetales y animales, ciencias veterinarias, ciencias forestales, ciencias del suelo y de la tierra, ingeniería rural, ciencias del medio ambiente, pescas y piscicultura, bioindustrias, agroalimentaria, sociología y economía

Periodicidad

Tropicultura es una publicación trimestral que se edita en marzo, junio, septiembre y diciembre.

Publicación en Open Access

Desde su creación en 1983, todos los artículos de Tropicultura son publicados en acceso abierto. El texto íntegro y los resúmenes son gratuitos.

Los artículos son divulgados bajo la licencia Creative Commons (CC BY-NC 4.0 - <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/be/deed.fr>).

Indexación en las principales bases de datos

Tropicultura está indexada en las bases de datos SCOPUS, AGRICOLA, AGRIS, CABI, SESAME y DOAJ.

Factor de impacto

La obtención de un factor de impacto está en trámites.

Difusión de Tropicultura

Tropicultura se publicó en versión impresa de 1983 a 2012. La versión papel tenía una tirada de 2.650 ejemplares y se divulgaba en 110 países distintos).

Todos los artículos, desde el primer fascículo, son accesibles a texto completo en el sitio web (<http://www.tropicultura.org/content/>) y en el DOAJ (<https://doaj.org/toc/0771-3312>).

En 2014, Google analytics contabilizó 8.648 visitas procedentes de 141 países y regiones. En cuanto a la cifra de descargas ese mismo año, fue de 2.173 descargas procedentes de 101 países.

Tropicultura es asimismo accesible a través de los sitios EBSCO y Bielefeld (http://www.base-search.net/Search/Results?lookfor=dccoll%3Aftdoaj*+tropicultura.org&refid=dclink) y de google scholar (<https://scholar.google.be/scholar?q=Tropicultura>).

Informaciones complementarias

Comité de redacción

Presidente : Prof. Dr. J. Bogaert (GxABT/ULg)

Redactor jefe : Prof. Dr. Ir. G. Mergeai (GxABT/ULg)

Miembros : Prof. Dr. Ir. P. Bertin (UCL), Prof. Dr. Ir. E. Tollens (KULeuven), Prof. Dr. Ir. Ch. De Cannière (ULB), Prof. Dr. B. Losson (ULg), Prof. Dr. J.-C. Micha (FUNDP), Prof. Dr. Ir. B. Tychon (DSGE ULg), Prof. Dr. P. Dorny (IMTA), Prof. Dr. Ir. P. Van Damme (UGent), Prof. Dr. S. Geerts (KAOW - ARSOM), Dr. G. Akoda (EISMV), Dr. Ir. A. Dieng (ENSA), Prof. Dr. Ir. P. Mobambo (UNIKIN), Dr. C. Ly (ILRI) y Prof. Dr. J. Vercruysse (UGent).

Ayudantes del redactor jefe : Dr. Ir. Germain Harelimana, Sra. Caroline Louvet

Consejo de administración de Agri-Overseas

El consejo de administración está compuesto por: Prof. Dr. J. Bogaert (presidente), Prof. Dr. Ir. G. Mergeai (consejero delegado), Prof. Dr. B. Losson (tesorero), Dr. E. Thys (secretario), Prof. Dr. J. Vercruysse (miembro), Prof. Dr. S. Geerts (miembro); Invitados permanentes: el Secretario vitalicio de la ARSOM y el director de la ERAIFT.

Editor

Agri-Overseas

Avenue Louise, 231

B-1050 Bruxelles (Bélgica)

teléfono 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>

Guía de autores

Idiomas de publicación

Tropicultura publica artículos redactados en inglés, español, francés y neerlandés. Los resúmenes son publicados en inglés y francés (español o neerlandés si los manuscritos se presentan en estos idiomas).

Contenido de los manuscritos

Se favorecerán los artículos que presenten temas originales, con un alcance lo más amplio posible, es decir, cuyo contenido concierna sobretudo aspectos metodológicos transferibles a una amplia gama de medio ambientes y regiones del mundo.

Se hará especial hincapié igualmente en la fiabilidad de las informaciones publicadas; es decir, cuando se trate de resultados experimentales, sobre la cantidad de repeticiones de los ensayos, en el tiempo y el espacio, que hayan dado lugar a los datos obtenidos.

Los manuscritos habrán de ser inéditos y no haber sido sometidos para su publicación simultánea a ninguna otra revista científica.

Derechos de reproducción

Al someter el artículo, los diferentes autores asociados conceden a Tropicultura autorización, no exclusiva, de difusión en acceso libre. El autor conserva sus derechos de autor.

Certificado de publicación

Con el fin de garantizar la originalidad del manuscrito y la aceptación de su publicación por parte de los organismos de tutela de los autores, el autor principal deberá firmar una declaración por su honor.

Contribución a los gastos de publicación

El importe de la contribución de los autores a los gastos de publicación del artículo asciende a 200 euros. En el momento de su presentación, el autor correspondiente deberá aceptar dichos gastos. La contribución a los gastos es pagadera en cuanto quede aprobada la publicación del manuscrito.

Detector de plagio

Todos los manuscritos serán sometidos a una verificación de plagio antes de ser transmitidos a los lectores.

Comité de lectura

El comité de lectura de Tropicultura está compuesto por lectores voluntarios pertenecientes a la comunidad científica internacional, especializados en los campos relativos al desarrollo rural y la gestión sostenible del medio ambiente en los países de ultramar.

Los autores deberán proponer tres lectores de renombre internacional, cuando presenten sus obras.

Los artículos serán sometidos a uno o varios lectores seleccionados por el comité de redacción.

Estos lectores son anónimos para los autores y viceversa.

El comité de redacción se reserva el derecho de rechazar cualquier artículo no conforme con las prescripciones de la revista.

La tasa de aceptación de los artículos sometidos a Tropicultura entre 2010 y 2015 fue del 32%.

Ayudas a la redacción

La Secretaría de redacción puede dar a los autores consejos para la mejora de sus manuscritos. Asimismo, puede poner en contacto a los lectores que lo deseen con los autores del manuscrito que están evaluando.

TROPICULTURA

2016 Vol. 34 N°4

Four issues a year (October-November-December)

EDITORIAL

Irrigation and Malaria - a Terrible Combination? (*Text in English and French*)

G. Mergeai 333

ORIGINAL ARTICLES

Impact of Soil Fertility Management Practices and Cropping systems on Nitrogen Nutrition and Yields of Millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.) in Niger (*Text in French*)

Z. Hamidou, S. Mahamane, W.A. Payne, M. Sedogo, F. Lompo & H.B. Nacro 335

Mode of Operation and Sustainability of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) and *Gymnarchus niloticus* (Cuvier, 1829) Fisheries in the Sourou Dam Lake (Burkina Faso) (*Text in French*)

Z. Dialla, M. Tassembedo & J.C. Micha 350

Dynamics of Infestation in the Sanaïmbo Protected Forest by Weeds from Surrounding Agro-ecosystems (*Text in French*)

A. Touré, L.M.D. Adou, K.F. Kouamé & J. Ipou Ipou 361

Parasitic Prevalence and Efficacy of Three Treatments on the Growth of Cat Fish *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacépède 1803) Reared in Fish Ponds in the South of Ivory Coast (*Text in French*)

K. Affourmou, N.C.S. Koko & L.A. Yao 375

Influence of Farming System and Grazing Time on Milk Production of Borgou Cows in Benin (*Text in French*)

S.K. Kassa, C.F.A. Salifou, G.K. Dayo, S. Ahounou, I.D. Ogoudanan, T.M. Issifou, B. Kountinhoun, A.G. Mensah, V. Yapi-Gnaoré & A.K.I. Youssao 385

Determinants of Crop Residue Use Along an Intensification Gradient in West Africa's Savannah Zones

A.A. Akinola, Tahirou Abdoulaye, D. Valbuena, O. Erenstein, A. Haileslasie, I. Germaine, M. Shehu & B. Ayedu 396

Adoption of Mechanized Postharvest Cassava Processing Technologies, and the Determinants of High Quality Cassava Flour (HQCF) Processing in Tanzania

P. S. Amaza, A. B. Abass, B. Bachwenkizi & E.E. Towo 411

Adoption of Innovation Factors of Agriculture and Breeding Integration: Case of *Mucuna pruriens* in Western Cotton Zone of Burkina Faso (*Text in French*)

M. Koutou, M. Havard, D. Ouédraogo, M. Sangaré, A. Toillier, T. Thombiano & D.S. Vodouhe 424

BIBLIOGRAPHY

La conservation des grains après récolte

Cruz J.-F. & Hounhouigan Djidjoho 440

ANNOUNCEMENTS

ARSOM: Yearly competitions 441

7th International Seminar on Tropical Swine Production 2017 on the Occasion of the 45th Anniversary of Cuba's Swine Research Institute 445

TROPICULTURA IS A PEER-REVIEWED JOURNAL INDEXED BY SCOPUS, AGRIS, CABI, SESAME AND DOAJ

