

TROPICULTURA

2016 Vol. 34 N°2

Trimestriel (avril-mai-juin)
Driemaandelijks (april-mei-juni)
Trimestral (abril-mayor-junio)
Quarterly (April-May-June)



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

Crédit: Guy Mergéai

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/EDITORIAAL/EDITORIAL

What Solutions to the Challenge of Agricultural Mechanization in Sub-Saharan Africa?
 Quelles solutions au défi de la mécanisation agricole en Afrique subsaharienne?
 Welke oplossingen voor de uitdaging van de landbouwmechanisatie in Subsaharaans Afrika?
 Cuales soluciones al reto de la mecanización de la agricultura en África subsahariana?

G. Mergeai

111

ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

Fertilizer Use and Management Practices among Maize and Cowpea Smallholder Farmer in Ghana
 Utilisation et pratiques de gestion des engrais minéraux chez les petits producteurs de maïs et de niébé au Ghana
 Gebruik en beheer van minerale meststoffen door kleinschalige maïs en zwartogenboon telers in Ghana
 El uso y prácticas de gestión de fertilizantes minerales entre los pequeños productores de maíz y frijol en Ghana

C.B. Okebalama, E.Y. Safo, E. Yeboah, R.C. Abaidoo & V. Logaz

113

Pression anthropique et dynamique paysagère en zone rurale semi-aride: cas de la commune de Tibiri, région de Maradi (Niger)
 Antropogene druk en landschappelijke dynamiek in semi-aride landelijk gebied: geval van de gemeente van Tibiri, Maradi (Niger)
 La presión antropogénica y la dinámica del paisaje en zona rural semiárida: caso de la región de Tibiri, Maradi (Níger)

S.A. Sadda, A. Diouf, S. Lawali, M. Ouedraogo, J. Bogaert & A. Mahamane

127

Effet de l'albendazole sur les helminthes gastro-intestinaux et la productivité des jeunes bovins de l'Adamaoua-Cameroun
 Effect van Albendazol behandeling op de gastro-intestinale helminthen en op de productiviteit van jonge runderen in de Adamaoua- Kameroen
 Efecto de albendazol en helmintos gastrointestinales y la productividad del ganado joven Adamawa-Camerún

A. Mamoudou, D. Sakativa, N.J. Ebene, P.A. Zoli

140

Croissance des agneaux Djallonkes Nourris avec du lait de soja
 Groei van Djallonke lammeren gevoed met sojamelk
 Crecimiento de los corderos Djallonké nutridos con leche de soja

Y. Toukourou, M. Abdoulaye, Y.E. Attakpa & I.T. Alkoiret

150

Etude comparative de la digestibilité *in vivo* de l'herbe de guinée (*Panicum maximum* Jacq.) associée aux feuilles et tiges de patate douce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) (régime Panipo) ou à l'herbe de lait (*Euphorbia heterophylla* L.) (régime Paneuph) chez le lapin (*Oryctolagus cuniculus* L.) et le cobaye (*Cavia porcellus* L.)

Vergelijkende studie van de *in vivo* verteerbaarheid van *Panicum maximum* Jacq geassocieerd met bladeren en stengels van *Ipomoea batatas* (L.) Lam (Panipo) of met *Euphorbia heterophylla* (Paneuph) bij konijnen (*Oryctolagus cuniculus*) en cavia's (*Cavia porcellus* L.)

Estudio comparativo de la digestibilidad *in vivo* de pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) asociados con las hojas y tallos de camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) (régimen Panipo) o de la maleza de leche (*Euphorbia heterophylla* L.) (régimen Paneuph) en conejos (*Oryctolagus cuniculus* L.) y cobayas (*Cavia porcellus* L.)

N'G.D.V. Kouakou, M. Kouba & E. Thys

158

Impacts des activités d'extraction de gravier au Sud du Bénin et leur perception par la population locale Effecten van grindwinningsactiviteiten in zuid Benin en hun perceptie door de plaatselijke bevolkingen Impactos de las actividades de extracción de grava en el sur de Benin y su percepción de la población local	166
A.L. Aïtondji, M. Toyi, J. Bogaert & B. Sinsin	
Evaluation sensorielle du couscous de farine de manioc (<i>Manihot esculenta</i> , Crantz) substituée par celle de patate douce (<i>Ipomoea batatas</i> , Lam) Sensorische evaluatie van de koeskoes van maniokmeel (<i>Manihot esculenta</i> Crantz,) vervangen door zoete aardappel meel (<i>Ipomoea batatas</i> , Lam) Evaluación Sensorial de harina de yuca cuscús (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) sustituido por la batata (<i>Ipomoea batatas</i> Lam)	180
N.M. Amadou, N.C. Waingeh, M.S. Dung & H. Imele	
Contribution à l'économie locale des micro-entreprises de transformation des céréales dans la ville de Maroua Cameroun Bijdrage tot de lokale economie van graantransformatie micro-ondernemingen in de stad Maroua Kameroen Contribución a la economía local de micro-empresas de procesamiento de grano en la ciudad de Maroua Camerún	186
D.P. Folefack & S. Abou	
Pression anthropique et dynamique végétale dans la Forêt Classée de Tiogo au Burkina Faso: apport de la Télédétection Antropogene druk en vegetatiedynamiek in het geclassificeerd bos van Tiogo in Burkina Faso: bijdrage van teledetectie La presión antropogénica y la dinámica de la vegetación en el Bosque Clasificado de Tiogo en Burkina Faso: la contribución de la teledetección	193
B. Tankoano, M. Hien, N'Da H. Dibi, Z. Sanon, J.T. Yameogo & I. Somda	
Influence combinée des fumures organique et minérale sur la nutrition et le rendement du maïs (<i>Zea mays</i>): impact sur le diagnostic des carences du sol Invloed van combinatie van mest en kunstmest op de voeding en opbrengst van maïs (<i>Zea mays</i>): invloed op de diagnose van bodemcarencies Influencia combinada de fertilizantes orgánicos y minerales en la nutrición y el rendimiento del maíz (<i>Zea mays</i>): impacto en el diagnóstico de las deficiencias del suelo	208
K.P. Akanza, S. Sanogo & H.A. N'DA	
ANNONCES/ AANKONDIGINGEN/ ANUNCIOS	
ARSOM: Yearly Competitions	221
ARSOM: Young Researchers'Overseas Day	225
BIBLIOGRAPHIE/BOEKBESPREKING/BIBLIOGRAFIA	
228	

<p>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</p>
--

What Solutions to the Challenge of Agricultural Mechanization in Sub-Saharan Africa?

One of the reasons why agriculture is less profitable in Sub-Saharan Africa is that the vast majority of farmers do everything by hand, which results in low productivity. On average, a European farmer produces over one thousand times more cereal per year than his African counterpart. This low level of mechanisation in agriculture is one of the main reasons for this huge difference, which seems to be increasing as time passes. According to FAOSTAT, less than 2% of the 28 million tractors that exist in the world can be found in Africa.

Since the late 1990s, the subject of mechanisation has been widely neglected in agricultural policies, while most training and research programmes in this field have also come to an end. This can partly be explained by the fear of increasing the rural exodus, which is caused by the mechanisation of farming work and the reduced amount of time devoted to agricultural work. But the main cause of this situation is linked to the fact that the vast majority of farms are currently too small to be able to afford highly expensive machinery. The fact remains that, if solutions can be identified in order to overcome this constraint, mechanisation makes it possible to cope with busy periods, which create bottlenecks in the crop calendar and greatly affect the overall performance of farms. It also makes services necessary (assembly, repairs, maintenance, finance, etc.), which are a source of skilled jobs in areas, where such opportunities are generally rare. In addition, by making the work less physically demanding, mechanisation will enable to make the agricultural sector appear more attractive and especially for young people. The transition to mechanisation also calls for increased investment in equipment, infrastructures, training and research, in order to recruit skilled workers (agricultural machinery operators, mechanics, tradesmen, etc.) and purchase suitable equipment, together with replacement parts.

As shown by the results achieved in Benin over the last twenty or so years, the creation of agricultural cooperatives, based on a model that has existed in France since 1945, represents an attractive solution, as they enable growers to use agricultural machinery that they would not be able to purchase for themselves.

In France, like in Benin, agricultural cooperatives depend on voluntary contributions from small groups of farmers who join forces, in order to invest in equipment, organise their farms and form networks, so that they can share good practices. Being a member of an agricultural cooperative therefore means far more than simply sharing agricultural machinery. It also enables farmers to work together globally by promoting solidarity.

I would advise anyone who is interested in this question to look at the outcomes of the experiment in Benin, which can be accessed via the following link: <http://www.fondation-farm.org/spip.php?article961>. This article also highlights the many different aspects of these problems.

Guy Mergeai
Chief Editor

Quelles solutions au défi de la mécanisation agricole en Afrique subsaharienne?

Une des causes du manque de rentabilité de l'agriculture de l'Afrique sub-saharienne réside dans la faible productivité du travail manuel que pratique l'immense majorité des agriculteurs. Un paysan européen produit en moyenne plus de mille fois plus de céréales par an que son homologue africain. La faible mécanisation du travail est une des principales explications de cette différence qui a tendance à s'accroître au cours du temps. Selon FAO stat, moins de 2% des 28 millions de tracteurs qui existent dans le monde se trouvent en Afrique.

Depuis la fin des années 1990, la question de la mécanisation a été largement négligée dans les politiques agricoles et les programmes de formation et de recherche dans ce domaine ont été généralement arrêtés. Cela peut partiellement s'expliquer par le risque d'augmentation de l'exode rural que fait courir la mécanisation des activités de production à cause de la diminution du temps consacré aux travaux agricoles qu'elle induit. Mais la principale cause de cette situation est liée à la trop faible taille actuelle de l'immense majorité des exploitations pour rentabiliser l'achat de machines très coûteuses. Il n'en reste pas moins que, si des solutions sont trouvées pour lever cette dernière contrainte, la mécanisation permet de limiter les périodes de pointe de travail qui constituent des goulots d'étranglement dans le calendrier cultural et affectent fortement les performances globales des exploitations agricoles. Elle nécessite également la mise en place de services (assemblage, réparation, maintenance, financement) qui constituent des sources d'emploi qualifiés dans des zones où ils sont généralement rares. De plus, en rendant le travail moins astreignant, elle permet d'améliorer l'attractivité du secteur agricole, spécialement pour les jeunes. Le passage à la mécanisation nécessite également une augmentation des investissements en équipements, infrastructures, formation et recherche pour disposer d'un personnel qualifié (opérateurs de matériel agricole, mécaniciens, artisans, ...) et d'équipements adaptés avec leurs pièces de rechange.

Comme le prouve les résultats obtenus au Bénin depuis une vingtaine d'années, la mise en place de coopératives d'utilisation en commun de matériel agricole (CUMA) sur le modèle de ce qui existe en France depuis 1945 constitue une solution intéressante pour permettre aux producteurs d'utiliser des machines agricoles qu'ils ne pourraient acquérir individuellement.

En France comme au Bénin, la constitution d'une CUMA est basée sur la participation volontaire de petits groupes solidaires de producteurs qui investissent collectivement dans l'achat de matériels, qui organisent leurs exploitations et forment un réseau d'échange des meilleures pratiques. Etre membre d'une CUMA signifie donc beaucoup plus que simplement partager des machines agricoles. Il s'agit d'un moyen de travailler de manière globale en promouvant la solidarité entre les producteurs.

Je conseille à ceux que cette thématique intéresse de prendre connaissance des résultats de l'expérience béninoise qui sont accessibles grâce au lien suivant: <http://www.fondation-farm.org/spip.php?article961>. Ils pourront se rendre compte des multiples facettes de cette problématique.

Guy Mergeai
Rédacteur en chef

Fertilizer Use and Management Practices among Maize and Cowpea Smallholder Farmers in Ghana

C.B. Okebalama^{1, 2*}, E.Y. Safo², E. Yeboah³, R.C. Abaidoo^{4, 5} & V. Logah²

Keywords: Cowpea- Fertilizer- Maize- Technology- Smallholder farmers- Ghana

Summary

In most parts of West Africa, poverty contributes immensely to poor fertilizer adoption by smallholder farmers. Fertilizer adoption could be improved with micro-dosing technology. A socio-economic survey was conducted in the semi-deciduous forest zone of Ghana to assess the extent of fertilizer use and management among maize and cowpea smallholder farmers. Oral interview with structured questionnaire was used to interview one hundred farmers each at two locations. The results showed that farmers are aware of the use of fertilizer to increase crop yield. About 65% and 80% of maize and cowpea farmers respectively, identified high cost of fertilizer as a major constraint to fertilizer utilization. Consequently, only 32% maize farmers and 19% cowpea farmers were fertilizer users. In addition, the choice of fertilizer type to use was dependent on the type available on the market. As such, NPK 15:15:15 was mostly used for both maize and cowpea crops. Also, fertilizer application rate was mainly determined by the quantity farmer can purchase. On average, fertilizer application rate for maize and cowpea crops were 18.45 kg/ha and 9.05 kg/ha, respectively. The prevalent fertilizer application method on maize was mostly by point/side placement while ring application was largely used for cowpea. Awareness of fertilizer micro-dosing among the farmers was only 10%. Since the quantity of fertilizer used by the farmers as well as the fertilizer application methods were comparable to fertilizer micro-dosing, dissemination of micro-dosing technology to these farmers could promote fertilizer use and management among smallholder farmers, and ultimately sustain maize and cowpea production.

Résumé

Utilisation et pratiques de gestion des engrais minéraux chez les petits producteurs de maïs et de niébé au Ghana

Dans la plupart des régions d'Afrique de l'Ouest, la pauvreté contribue énormément à la mauvaise adoption de l'emploi d'engrais par les petits producteurs. Cette adoption pourrait être améliorée avec la technologie de micro- dosage d'engrais. Une enquête socio - économique a été réalisée dans la zone de forêt semi-décidue du Ghana pour évaluer l'étendue de l'utilisation et de la gestion des engrais chez les producteurs de maïs et de niébé. L'entretien par le biais d'un questionnaire structuré a été utilisé chez une centaine de paysans dans deux endroits différents. Les résultats ont montré que les agriculteurs sont conscients que l'usage des engrais permet d'augmenter le rendement des cultures. Environ 65% et 80% des producteurs de maïs et de niébé respectivement, identifient le coût élevé des engrais comme l'un des principaux obstacles à l'utilisation de ceux-ci. En conséquence, seulement 32% des producteurs de maïs et 19% des producteurs de niébé utilisent les engrais. En outre, le choix du type d'engrais dépend de sa disponibilité sur le marché. Le NPK 15:15:15 est utilisé principalement pour le maïs et le niébé. Le taux d'application des engrais a été principalement déterminé par la quantité que l'agriculteur peut acheter. Les taux d'application d'engrais étaient en moyenne, de 18,45 kg/ha et 9,05 kg/ha, respectivement pour le maïs et le niébé. La méthode courante d'application d'engrais sur le maïs est le placement en ligne à côté des plantes tandis que l'application en anneau autour de la plante est largement utilisée pour le niébé.

¹University of Nigeria, Department of Soil Sciences, Nsukka, Nigeria.

²Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Department of Crop and Soil Sciences, Kumasi, Ghana.

³CSIR – Soil Research Institute, Kwadaso, Kumasi, Ghana.

⁴Kwame Nkrumah University of Science and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, Kumasi, Ghana.

⁵International Institute of Tropical Agriculture, PMB 5320, Ibadan, Nigeria.

*Corresponding author: E mail: chinyere.okebalama@unn.edu.ng

Received on 17.04.14 and accepted for publication on 18.08.15

Dix pourcent des agriculteurs maîtrisent le micro-dosage d'engrais. Comme la quantité d'engrais utilisée par les agriculteurs et leurs méthodes d'application étaient comparables à celles du micro-dosage, la diffusion de la technologie de micro-dosage pourrait promouvoir l'utilisation et la gestion durable des engrais parmi les petits agriculteurs, et pourrait en conséquence améliorer la production du maïs et du niébé.

Introduction

Despite the poor inherent fertility and degrading nature of some soils, poor farming techniques and low fertilizer inputs still constitute a major challenge for many smallholder farmers. Though fertilizer has been identified as the main source of soil nutrients for agricultural production (24), its' use has not been widely adopted (1). Several factors have been reported to limit effective fertilizer utilization by farmers. Identified major constraint include: accessibility of fertilizer (22), availability of fertilizer (39), 'pan-territorial/blanket' recommendations that fail to take into account differences in resource endowment (6), high fertilizer cost, and high incidence of poverty in the farming communities. Among these factors, poverty seems to be the major constraint to effective fertilizer use. Compared to the developed countries, fertilizer costs in Africa are among the highest in the world. According to Bationo *et al.* (6), the cost of one metric ton of urea, for example is about US\$ 90 in Europe, US\$ 500 in Western Kenya and US\$ 700 in Malawi.

On the other hand, high rates of fertilizer input have been recommended to farmers to maximize yields. For instance, the currently used blanket recommendation of NPK 90:60:60 kg/ha (maize) for semi-deciduous forest zone soils (12), is huge and beyond the reach of most smallholder farmers. This establishes the need for alternative lower but more efficient and cost-effective technologies/fertilizer recommendation for smallholder farmers. Since late 1990's fertilizer micro-dosing has been promoted as an appropriate technology for smallholder farmers in the Sahelian region of Africa.

It was developed in an attempt to increase the affordability of mineral fertilizer while giving plants enough nutrients for optimal growth (19). Fertilizer micro-dosing refers to the application of relatively low quantities of fertilizer (2 to 6 g/hill) through point placement to increasing cereal production. More reports have revealed the benefits associated with micro-dosing which include: increased crop yields (43 to 120%), income (50 to 130%), harvest index and nutrient use efficiency, better crop performance and increased food security (34, 37, 40).

While micro-dosing has been adopted for the production of cereals such as millet and sorghum, food security crops like maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) however, have received little attention. Maize and cowpea constitute the predominant staple food crops that are mainly produced by smallholder farmers in Ghana. While cowpea is the major legume grown in the semi-deciduous forest zone of Ghana (16), this zone is also among the leading maize producing areas.

Nonetheless, their production without inorganic fertilizers is characterized by soil nutrient depletion and low crop yields. Since micro-dosing has successfully worked in northern Ghana (34), similar performance is anticipated in the semi-deciduous forest zone of Ghana. Hence, for the introduction and dissemination of micro-dosing to this agro-ecological zone, it is fundamental to first ascertain its adaptability to the farmers' existing farming practices. This is very important because insufficient adaptation of technologies to farmers' condition among others has been recognized as a major constraint to adoption (33).

Besides, ICRISAT identified some major constraints to the widespread adoption of micro-dose technology include access to fertilizer; access to credit; insufficient flows of information and training to farmers; and inappropriate policies (20).

Unlike other African countries such as Egypt, South Africa, Zimbabwe and Kenya with known average fertilizer utilization rate (21), there is difficulty in assessing the actual amount of fertilizer used by farmers in Ghana. It is often assumed that the quantity of imported fertilizers, less stock carryovers by dealers, is equivalent to fertilizer utilization rate (22). This makes it more difficult to ascertain the size of the contribution smallholder farmers make towards national food security through fertilizer use. Hence, there is limited information on the quantity of fertilizer input by smallholder farmers. The objectives of the study were: (a) to seek information on the fertilizer use and its management by smallholder maize and cowpea producers and (b) determine the farmers' practices likely to influence the adoption of fertilizer micro-dose technology in growing maize and cowpea crops.

Data on smallholder farmers' fertilizer use and management will help to prioritize the factors that constrain fertilizer adoption. This will inform researchers and agricultural extension workers on how to manage these factors and whether to demonstrate and disseminate fertilizer micro-dosing technology. It will also be useful for targeting better government policies that would benefit large percentage of smallholder farmers for better soil management and increased crop production.

Materials and methods

The study data were collected from Assin-Kushea, (6° 05' N and 1° 25' W) located in the Assin North Municipality of the Central region and from Twedie, (6° 39' N and 1° 44' W) situated in the Atwima-Kwanwoma District in Ashanti region of Ghana (Figure 1). The two locations fall within the Semi-deciduous forest zone of Ghana.

The study areas are characterized by bimodal rainfall pattern, with a mean annual rainfall of 1500 mm. The major season spans March to July and the minor, September to November with a short dry spell in August. The average monthly temperature ranges from 24 to 28 °C.

The study involved oral interview through the use of structured socio-economic questionnaire. Meetings were held with the extension officers and the 2011 best farmer Award winner of the areas, to inform and solicit their assistance in organizing the farmers for administering questionnaires. Only farmers growing maize and/or cowpea crops were interviewed. Accordingly, structured questionnaires which addressed the farmer's demography, farm size, cropping systems, fertilizer use/management practices and farmers' awareness of fertilizer micro-dose technology, were used to interview one hundred farmers at each location in 2012.

In addition, personal field observations and interviews with extension officers as key informants were conducted using a check list.

Soil samples for physical and chemical analysis were taken using soil auger at 0-20 cm soil depth from an uncultivated farmland at 7 spots along the Z-plane. The samples were bulked and a composite sample, representative of each location was used for laboratory analysis. The soil pH was determined in 1:2.5 soil and water suspension while soil texture was by the hydrometer method (15). Determination of soil organic carbon (SOC) was by modified Walkley and Black procedure (28), total nitrogen (N) by the Kjeldahl digestion and distillation procedure (7), and available phosphorus (P) was extracted with Bray's No. 1 solution (30). The exchangeable acidity (Al^{3+} , H^+), and exchangeable bases (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) were determined by McLean (25) and Thomas (38) methods, respectively. Effective cation exchange capacity (ECEC) and base saturation (BS) levels were calculated.

All the data collected were analysed using SPSS descriptive statistical package. Standard error bars were used to show differences in responses of the interviewed farmers.

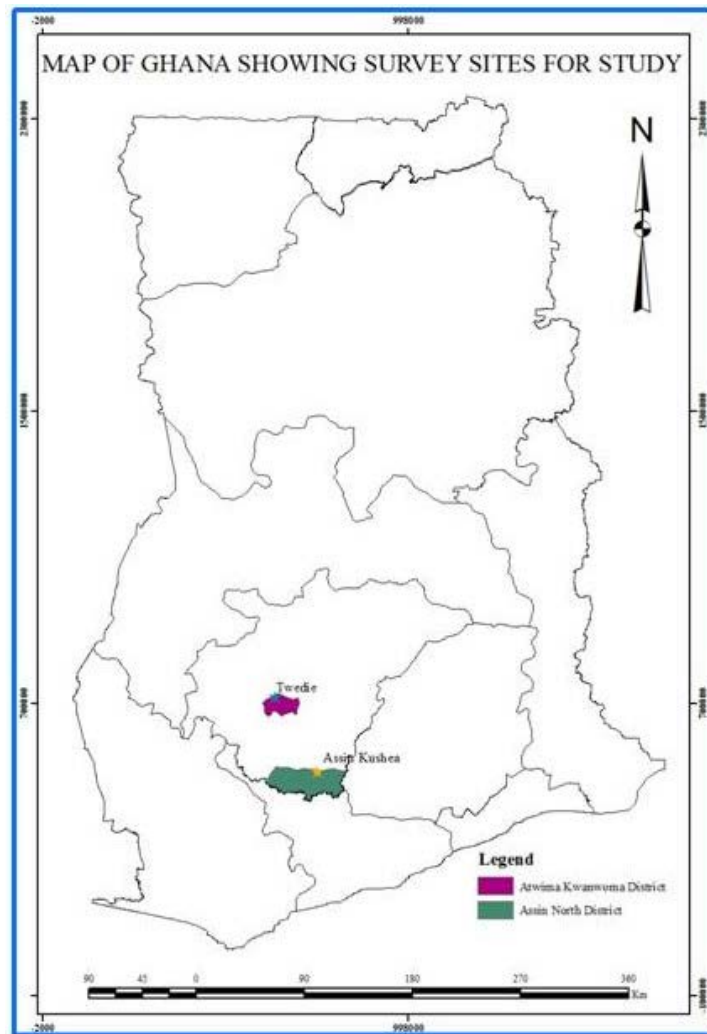


Figure 1: Map of Ghana showing Twedie and Assin-Kushea study locations.

Results

Soils of the study sites

The soils physico-chemical characteristics indicated higher sand proportion in Assin-Kushea (79%) than in Twedie (47%) soil. Hence, the soils were loam (Twedie) and loamy sand (Assin-Kushea). This confirms MoFA report (27) that Ghana soils have predominantly light textured surface horizons in which sandy loams and loams are common. The soil pH was moderately acid (5.90) to slightly acid (6.55). The SOC was moderately low (0.86 and 1.43 % for Assin-Kushea and Twedie, respectively) whilst low ECEC of 4.88 and 5.41 cmol/kg were determined for Assin-Kushea and Twedie, respectively. A medium BS level of 39.98 and 49.20 % were recorded at Assin-Kushea and Twedie, respectively.

Farmers' demographic characteristics

The basic demographic information of the survey respondents is shown in Table 1. Out of the 200 farmers interviewed; 45% were female, 72% were married farmers and only 9% were migrant settlers. The age of the farmers ranged from 18 to over 65 years, with 35% of them within the age bracket of 45-54 years. Most of the farmers attended Junior High school (40%), while 25% had no formal education. High proportions of the respondents had farming as their main occupation (89%), while 76% and 92% respondents cropped 0.2-1 ha maize and cowpea farm size, respectively. Among the interviewed farmers, 75% cultivated only maize while 21% cultivated both maize and cowpea with 4% engaging themselves in cowpea cultivation.

Table 1

Demographic characteristics of survey respondents at Assin-Kushea and Twedie.

Demography	Number of respondents	Male respondents (%)	Female respondents (%)
Gender	200	55	45
Age (years)			
18-24	3	67	33
25-34	24	71	29
35-44	42	45	55
45-54	70	50	50
55-64	41	63	37
Over 65	20	50	50
Marital status			
Single	8	100	-
Married	144	63	37
Separated	10	20	80
Divorced	17	35	65
Widowed	21	14	86
Level of education			
None	50	28	72
Primary	25	44	56
Junior High	80	61	39
Senior High	22	82	18
Apprenticeship/vocational training	20	75	25
Undergraduate	2	50	50
Postgraduate	1	100	-
Main occupation			
Farming	178	54	46
Trading	15	40	60
Formally employed	7	86	14
Residence status			
Native	183	55	45
Migrant	17	53	47
Farm size (ha)			
Maize			
0.2-1.0	144	53	47
1.1-2.0	41	51	49
2.1-3.0	2	50	50
3.1-6.0	2	-	100
Cowpea			
0.2-1.0	47	64	36
1.1-2.0	4	75	25
Crop cultivated			
Maize	150	53	47
Cowpea	8	75	25
Both maize and cowpea	42	55	45
Cropping system			
Continuous sole maize	39	77	23
Continuous sole cowpea	1	100	-
Maize/cowpea intercrop	3	-	100
Maize/cowpea rotation	9	67	33
Mixed cropping	135	47	53
Strip cropping	13	62	38

The semi-deciduous forest zone of Ghana which covers an area of 8,400 km² (27) is among the leading maize producing area. Under cropping system, less farmers were engaged in sole cowpea cropping (1%), cowpea intercropped with maize (2%) and in maize/cowpea rotation (5%).

Fertilizer use by the crops

The data in Tables 2 provides clear evidence of low smallholder fertilizer adoption for maize (32%) and cowpea (19%) crops. This implies that 68% and 81% maize and cowpea smallholder farmers, respectively, have been farming unsustainably, mining the soil nutrients without inorganic fertilizer replenishment. The data further indicated the low participation of females (33%) than males (67%) in fertilizer utilization for cropping maize. In contrast, more female used fertilizer for growing cowpea (62%) as compared to the males (38%). Unfortunately, not all fertilizer adopters could access subsidized fertilizer. Only 48% benefited from fertilizer subsidy while about half of the fertilizer adopters (49%) got fertilizer input (unsubsidized) from the open market.

Types of fertilizer applied to crops

Information on the different types of fertilizer the interviewed farmers applied indicated that majority of them used more than one type of fertilizer. Generally, NPK 15:15:15 was mostly used by 61% farmers while 35% used ammonium sulphate. Other fertilizer types as TSP, MOP and urea received low patronage by the maize smallholder farmers. Similarly, NPK 15:15:15 dominated cowpea farms with 5% users, followed by MOP with 25% users. Outstandingly, NPK 15:15:15, ammonium sulphate and urea which are among the subsidized fertilizer types could not be accessed by over 50% of targeted smallholder farmers for whom the subsidy programme was introduced. As such, the preference of a fertilizer type (Figure 2a) was mainly determined by fertilizer availability and fertilizer accessibility as reported by 33% and 28% farmers, respectively.

Quantity of fertilizer applied to crops

Table 2 compares the quantity of fertilizer applied to maize and cowpea crops. The fertilizer quantity reported here was calculated based on the commonly used type which is NPK 15:15:15. Generally, fertilizer application rate was within the range of 0.83 and 37.50 kg/ha. On the average, the smallholder farmers applied 18.45 kg/ha and 9.05 kg/ha of NPK 15:15:15 fertilizer for the cultivation of maize and cowpea, respectively. While 51% farmers used 25 kg/ha fertilizer, 19% farmers used about 8 kg/ha fertilizer for maize. The result also showed higher association of males to higher fertilizer utilization rate of 16.67 to 37.50 kg/ha, while more females were associated with the utilization of lower fertilizer rates (0.83 to 8.33 kg/ha). On the other hand, majority of the cowpea farmer respondents (57%) applied only 8 kg/ha fertilizer.

The differences in the choice of fertilizer quantity (Figure 2b) used by the smallholder farmers was mostly attributed to their purchasing power (40%) whereas 20% were guided by their personal decision. Strikingly were the 33% farmers who mentioned recommended rate as reason for choice of fertilizer quantity. However, available information (12) shows that the fertilizer quantity applied by the farmers is actually not the recommended fertilizer rate.

Methods of fertilizer application

The different methods of fertilizer application used by the farmers varied between the maize and cowpea crops (Figure 3). In general, prevalence of point/side fertilizer placement was significantly higher (79%) than band placement (3%), ring (9%), foliar (6%) and broadcast (3%) application methods for maize crop. For cowpea, the use of ring application method by 40% of the farmers was significantly higher than methods such as foliar, broadcast and point/side fertilizer placement (with 20% users each).

Table 2
Amount of fertilizer applied for maize and cowpea crops.

Fertilizer quantity (kg/ha)	Maize			Cowpea		
	Frequency	Male (%)	Female (%)	Frequency	Male (%)	Female (%)
0.83	3	33	67	1	-	100
4.17	1	-	100	1	-	100
8.33	12	33	67	4	50	50
12.5	4	100	-	-	-	-
16.67	9	78	22	-	-	-
25	32	75	25	1	-	100
37.5	1	100	-	-	-	-

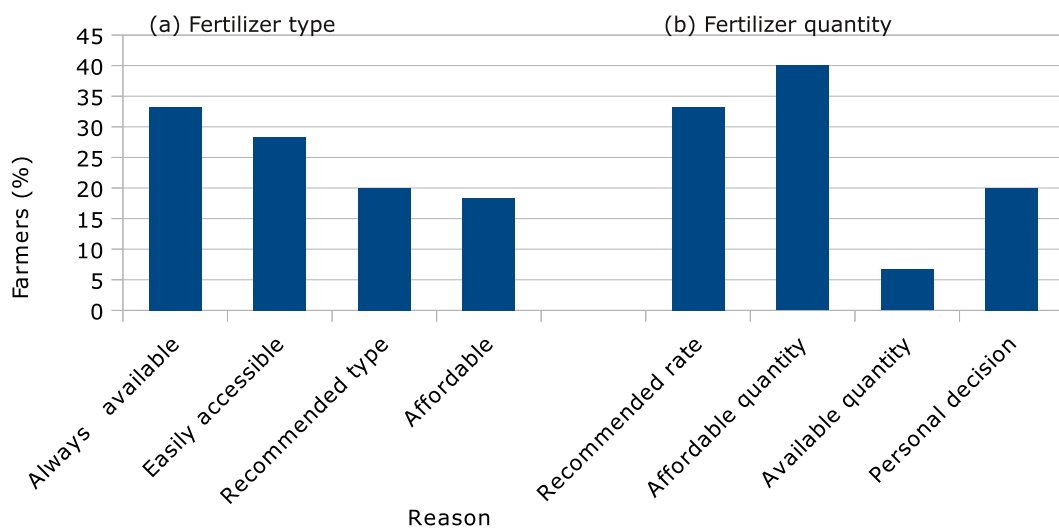


Figure 2: Reasons for choice of fertilizer type and fertilizer quantity.

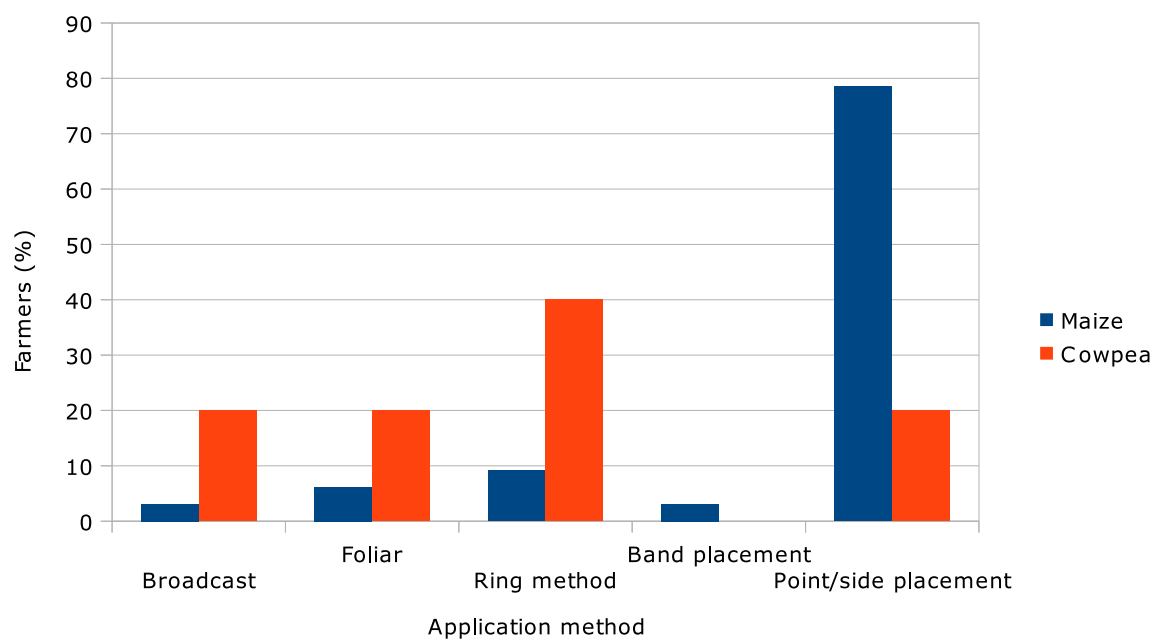


Figure 3: Method of fertilizer application on maize and cowpea crops.

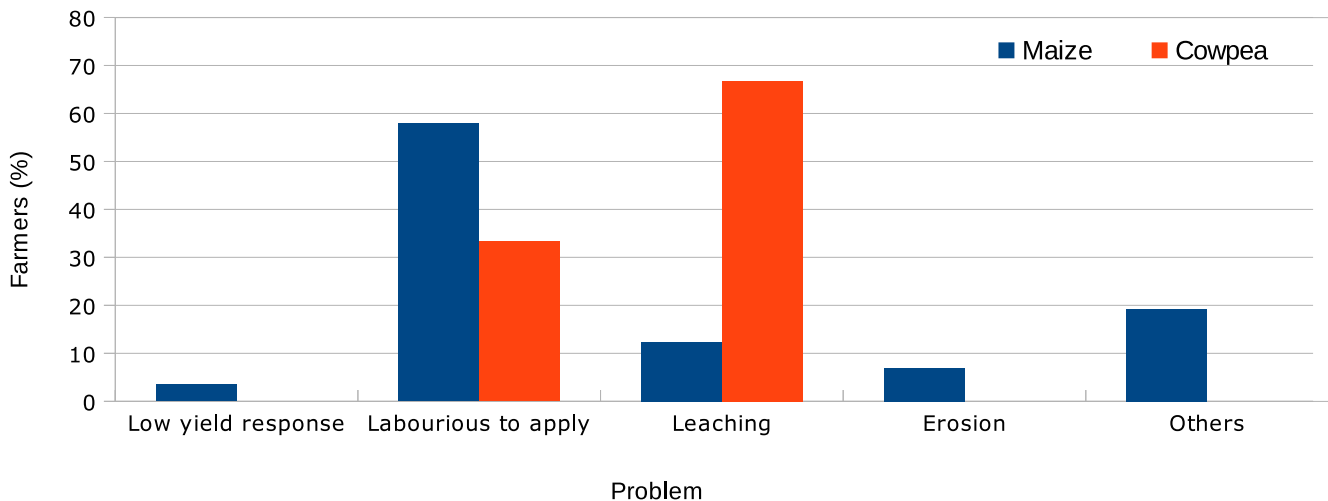


Figure 4: Problems encountered with fertilizer input on maize and cowpea field.

Table 3

Constraints to non-fertilizers input by smallholder farmers.

Issues raised	No of respondents	Percentage of respondents
High fertilizer cost	83	74.1
Unavailability of fertilizer to purchase	2	1.8
Inaccessibility of subsidized fertilizer	8	7.1
High recommended rate of application	2	1.8
Insufficient fertilizer recommendation	3	2.7
No knowledge about fertilizer	4	3.6
Labourious to apply	2	1.8
Others	8	7.1
% CV	15.57	
SD	2.18	

Time of fertilizer application

From the data obtained, fertilizer application time varied from 2 to 8 weeks after planting (WAP) for maize and from 1 to 4 WAP for cowpea crop. In general, fertilization at 2 WAP was commonly practiced as affirmed by 77% maize and 50% cowpea farmers. Higher percentage of farmers (82%) got information on fertilizer application time from the agricultural extension agents. Few farmers were informed from mass media (5%), 3% from other farmers/friends, and 10% were guided by their personal decision.

Some problems encountered with fertilizer use by the respondents are shown in Figure 4. The major problem encountered by the maize (58%) and cowpea (67%) smallholder farmers was associated with high labour demand.

Factors constraining fertilizer use

Table 3 shows that high fertilizer cost accounted for non-fertilizer utilization by 74% smallholder farmers, while few farmers attributed non-fertilizer utilization to the other issues listed in the table. It is noteworthy that only 4% of farmers claimed to have no knowledge about fertilizer. Other factors enumerated by the 7% interviewed non-fertilizer users included difficulty in accessing credit and low market price for surplus output.

Fertilizer micro-dosing

The data on micro-dosing awareness proved that out of the total respondents, only 8% was aware of the technology. The source of information was mainly from MoFA/extension officers (44%). Other information sources were gotten from researchers, mass media and friends/family/other farmers by 6%, 19% and 31% respondents, respectively. Remarkably, only one maize farmer had tested the performance of this technology with about 8 g of NPK 15:15:15 applied at one WAP. Though the trial was successful, the farmer however was not practicing it.

Discussion

The three major soil nutrients (NPK) at the study areas were generally low. Chemical limitations of soils in this agro-ecological zone as reported by Fosu and Tetteh (13) were P and K deficiencies, subsoil acidity, low OM, N and low CEC. In addition, the soils are known to be medium to high potentially productive. In this agro-ecological zone having a bi-modal rainfall pattern, farmers maximize their land resources by cultivating both during the major and minor rainy seasons. This suggests that intensive cropping without fertilizer input has contributed to the depletion of soil nutrients. With such critical soil fertility status, basal addition of NPK fertilizer should be targeted to synchronize with the crop needs. Also, split application of fertilizers such as urea with high N concentration will be ideal for sustained maize productivity. Alternatively, cowpea/maize rotation cropping would supply N need for the soil to attain its high productive potential.

Considering the farm size, the result indicated that the respondents are mostly smallholder maize and cowpea farmers. The area sown to maize and cowpea are generally small. Agriculture is predominantly on a smallholder basis in Ghana with about 90 % cultivating less than 2 ha of farm size (27).

Noteworthy among the data is the number of female respondents. The figure is relatively high, and suggests that the same number of women as men were maize/cowpea farmers. However, the relatively high proportion of women farmers probably stems

from the fact that these crops are short season crops which are used to meet the immediate needs of the family both for consumption and income generation. With high native residence status of the respondents, it is expected that the farmers would farm sustainably unlike migrant farmers who over work the land to deplete the soil nutrients and abandon it. As such, high adoption of fertilizer micro-dosing is anticipated. More so, the educational level of the farmers will facilitate easy training and enhance the understanding and applicability of micro-dosing technology when disseminated. Nonetheless, the age characteristics of the farmers indicated that those who are actively involved in crop production are advanced. It thus implies that more youth are involved in other jobs than agriculture. Therefore, government policies on youth in agriculture should be promoted and extended across Ghana.

The survey results demonstrated that maize is an important crop for the majority of smallholder farmers in the surveyed area. Though cowpea constitutes the major legume grown in the semi-deciduous forest zone (16), it is mainly grown in the savanna and forest-savanna transitional agro-ecological zones of Ghana (11). Even in the surveyed communities, cowpea is cultivated mostly in the minor season in rotation with maize grown in the major cropping season. Mixed cropping involving cassava, maize, okra, garden egg, and cowpea crops predominates among the respondents. This result affirms the report of Fosu and Tetteh (13) that mixed cropping is typical to farmers in the semi-deciduous forest zone of Ghana. Moreover, maize and cowpea are important components of mixed cropping systems in many countries (29).

Low fertilizer use in Ghana has been a general problem over the years. The low adoption of mineral fertilizer contributes to the large difference between farmer's yields and potential yield (6).

Considering the poor nutrient status of the soils and the mixed cropping system that predominate the surveyed locations, the soil may become impoverished and unable to sustain crop production if farming without amendment is not halted and reversed.

The result findings agree with GOG study that reported even lower level of fertilizer adoption (10%) by smallholders with less than 1.0 ha of farm land (18). Also, Quinones and Diao reported of 15% fertilizer users in the forest agro-ecological zone of Ghana (31). The data raise the question as why the rate of fertilizer adoption by smallholder maize and cowpea farmers has been low even with the introduction of fertilizer subsidy. Of all the inputs used in crop production, none has received government intervention as fertilizer input that is clearly highlighted in national development plans. If farmers can access subsidized fertilizer and use it appropriately, it will ameliorate soil nutrient deficiencies while having a positive effect on crop productivity.

The low fertilizer use for cowpea could also be attributed to farmers' common knowledge that cowpea improves soil fertility. However, Chiezey reported that cowpea scarcely satisfies its N requirements in poor soils, and that the crop performance is improved with fertilizer addition (9). Also, Azarpour has shown the significance of applied fertilizer N to growth and yield of cowpea. Urea however was not used for growing cowpea (3). The use of correct type of fertilizer is of paramount importance as nutrients supplied through fertilizer must match crop needs for their efficient utilization (33). Inclusion of P fertilizer is needed for adequate growth of both maize and cowpea crops. In addition, knowledge of soil characteristics in relation to nutrient availability to crops is essential to raise production per unit of applied fertilizer nutrient. Considering the soil structure of the study sites, application of NPK fertilizer to maize would have greater chance of being utilized by the crops as compared to ammonium sulphate fertilizer which is extremely soluble in water and more prone to leaching losses due to high rainfall regime of the area. In addition, it contributes low N content per kg relative to NPK fertilizers, hence it is not economical.

Available data on average fertilizer import and sales in Ghana depict an increasing trend from 1999 to 2007 (12). Inadequate access to subsidized fertilizer such as NPK 15:15:15, ammonium sulphate and urea by smallholder farmers thus become a problem.

Even though NPK 15:15:15 is the most widely used fertilizer in Ghana (4), the prevailing fertilizer supply chain and its distribution become doubtful as whether large percentage of smallholder farmers does benefit from subsidized fertilizer. Hence, the preference of a fertilizer type by the farmers was highly dependent on its availability and accessibility. These two reasons though important are quite different from using the recommended fertilizer type which is by far more imperative to augmenting the nutrient needs of crop for increased productivity. Fertilizer affordability did not inform the choice of fertilizer type; rather it informed the choice of fertilizer quantity used by majority of the respondents. This attributes fertilizer cost (affordability) as the major constraint to fertilizer quantity used by smallholder farmers while fertilizer type is dependent on availability and accessibility. Among the recommended basic fertilizer types (NPK 15:15:15, ammonium sulphate and urea) (17), NPK 15:15:15 proved to be always available and accessible for use by over 50% of both maize and cowpea farmers. Therefore, the effectiveness and efficiency of fertilizer distribution to peasant farmers needs to be addressed. This will give an insight as to rate and time of fertilizer delivery to local agro-dealers for easy accessibility by smallholder farmers.

In Ghana, fertilizer consumption rate of about 7.2 kg/ha has been reported (22). Compared to other African countries, fertilizer application rates were 22 and 32 kg/ha in Malawi and Kenya, respectively (14). The low fertilizer application rates for maize and cowpea crops suggests that Ghana is still far from attaining to the targeted 50 kg/ha average fertilizer consumption by 2015 (2). Though the results showed that the choice of fertilizer quantity applied by the farmers was due to their purchasing power; women's poorer access to fertilizer, capital and credit may have contributed to the lower fertilizer utilization quantity for maize in particular. The predominance of farmers practicing point/side placement and ring methods could be attributed to the economics of the smallholder farmers and for efficient utilization of applied fertilizer. These methods involve the application of relatively small but equal amount of fertilizer to each individual crop.

Fertilizer precision placement is often exercised in order to reduce input cost, while enhancing nutrient use efficiency. These two methods are part of the strategic fertilizer application methods which are also similar to fertilizer micro-dosing technology (35). Also, fertilizer application at 2 WAP as practiced by majority of the maize and cowpea farmers is viewed as appropriate and in accordance with GAL recommendations (17). On the contrary, "basal dressing" at planting and "top dressing" at 4 to 6 WAP are recommended fertilizer application times across Ghana. However, depending on fertilizer type, sub-surface application is recommended for cowpea at 2 WAP. This will facilitate nutrient up take efficiency and hence enhance the nutrient use efficiency. Be that as it may, information on fertilizer application time was mostly disseminated to the farmers by agricultural extension agents. This finding affirms the indispensable role extension officers play in the dissemination of agricultural innovations to smallholder farmers as well as bridging the link between researchers and farmers. This implies that the dissemination of fertilizer micro-dosing in the study area would be more effective with the intervention of agricultural extension agents and other advisory service providers.

The labour intensive problem which ranked most highly among other problems was commonly associated with point/side placement and ring application methods. Nevertheless, efforts are being made at packaging the correct dose of fertilizer as a tablet that aids in application (20). Although fertilizer use is generally profitable, there are several constraints that limit its usage by most smallholder farmers. Our finding agrees with Sanchez who reported that the use of external inputs by resource-poor farmers is constrained by high costs (32).

Other reported major problems for effective utilization of fertilizers are availability of fertilizer (39), inappropriate fertilizer recommendations (6), and the distance from the farm to the nearest agro-dealer selling fertilizer (22). Generally, farm-level fertilizer prices in Africa are among the highest in the world. Although the NPK 15:15:15 fertilizer commonly used by smallholder farmers is

subsidized, the cost of procuring it from the sales outlet to the farm will in the long run increase its total cost. Hence, forming co-operative group among smallholder farmers could help in bulk fertilizer purchase and transport in order to minimize cost. Again, warrantage or inventory credit has helped to resolve the farmers' capital constraint (6). The claimed of having no knowledge about fertilizer by very few farmers implies that majority of the smallholder farmers are well aware of the use of fertilizer to boost crop yield. Nonetheless, effort in helping smallholder farmers to understand the economics of fertilizer use through micro-dosing technology is vital for promoting fertilizer utilization. Moreover, adoption of micro-dosing techniques that utilizes small quantity of fertilizer entails minimizing the cost of fertilizer input needed to enhance crop yield.

Our findings suggest that majority of the farmers are not aware of fertilizer micro-dosing technology. For this reason, awareness creation of fertilizer micro-dosing is needed in the study areas. As majority of the farmers received information on fertilizer application time from the agricultural extension agents, it does imply that the effective dissemination of fertilizer micro-dosing technology to farmers in the two surveyed communities by both agricultural extension agents and MoFA field workers will facilitate its adoption. It is also promising to note that majority of the interviewed fertilizer users practiced similar fertilizer application method as micro-dosing. More so, the quantity of fertilizer utilized by the respondent farmers is comparable to micro-dose rate. Since, there will be no fundamental change in the farming system of the respondents; high adoption of micro-dosing technology is anticipated when demonstrated to the farmers in the study communities.

It must however be emphatically stated that understanding the techniques and profitability associated with micro-dosing is required to accentuate its adoption. With reference to the identified major constraint to fertilizer use (high cost), smallholder farmers will be much inclined to adopt micro-dosing since it involves using lower rates of fertilizer in more efficient ways that deliver high economic returns.

Conclusions and recommendations

Fertilizer usage by maize and cowpea smallholder farmers at the study areas is low, and is mainly because of high fertilizer cost. The quantity of fertilizer used by the smallholder farmers and the fertilizer application methods were comparable to fertilizer micro-dosing. Considering the little prevailing fertilizer micro-dosing awareness, and the poor soil nutrient status, the survey results suggest that awareness creation and dissemination of fertilizer micro-dose technology are needed to minimize fertilizer input costs and to sustain the soils chemical characteristics for efficient crop production. Moreover, introduction of the technology will not require any fundamental change in the farming system at the study areas.

In view of the significant contribution of extension agents/MoFA field workers in effective dissemination of information, it is recommended that agricultural extension agents and advisory service providers are actively engaged in the education of micro-dosing technology to smallholder farmers at Twedie and Assin-Kushea communities. This will facilitate adoption rate and hence, promote fertilizer use among smallholder farmers for sustained maize and cowpea production.

Acknowledgements

Authors acknowledge the Alliance for a Green Revolution in Africa (AGRA) for scholarship support to the first author and institutional support to KNUST and CSIR-SRI.

Literature

1. Abu S.T. & Malgwi W.B., 2011, Effects of deficit irrigation regime and interval on chemical properties and paddy rice yield in sudan savanna of Nigeria, *J. Agron.*, **10**, 48-55.
2. African Fertilizer Summit, 2006, *African Fertilizer Summit Proceedings*. IFDC, Muscle Shoals, 182.
3. Azarpour E., Danesh R.K., Mohammadi S., Bozorgi H.R. & Moraditochae M., 2011, Effects of Nitrogen fertilizer under foliage spraying of humic acid on yield and yield components of cowpea (*Vigna unguiculata*). *World Appl. Sci. J.*, **13**, 1445-1449.
4. Banful A.B., 2009, *Operational details of the 2008 fertilizer subsidy in Ghana* - preliminary report. Ghana Strategy Support Program (GSSP) Background Paper 18, IFPRI-Accra.
5. Bationo A. & Buerkert A., 2001, Soil organic carbon management for sustainable land use in Sudano-Sahelian West Africa, *Nutr. Cycling Agroecosyst.*, **61**, 131-142.
6. Bationo A., Hartemink A., Lungu O., Naimi M., Okoth P.F., Smaling E. & Thiombiano L., 2006, *African Soils: their productivity and profitability of fertilizer use: in African Fertilizer Summit*, Abuja, Nigeria, 9-13th June 2006.
7. Bremner J.M. & Mulvaney C.S., 1982, Nitrogen-total, *In: C.A Black (Editor.), Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties*. Madison (WI), *Soil Sci. Soc. Am.*, 595-624.
8. Bumb B.L., Teboh J.F., Atta J.K. & Asenso-Okyere W.K., 1994, *Ghana: policy environment and fertilizer sector development*. Technical bulletin T-41. International Fertilizer Development Center (IFDC), Muscle Shoals, AL.
9. Chiezey U.F, Katung P.D & Yayock J.Y., 1990, Response of cowpea (*V. unguiculata* (L.) Walp.), var.sampea-7 to nitrogen and phosphorus following a maize crop, *Samaru J. Agric. Educ.*, **4**, 161-168.
10. Christensen E. & Awadzi T.W., 2000, Water balance in a moist semi-deciduous forest of Ghana. *West Afr. J. Appl. Ecol.*, **1**, 11-22.
11. CRI, 2006, *Crop Research Institute (CRI) of Ghana Annual Report*, 2006.
12. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2005, *Fertilizer use by crop in Ghana*. Rome, 39.
13. Fosu M. & Tetteh F., 2008, *Ghana Soil Health Program (SHP) country report*, Alliance for a Green Revolution in Africa (AGRA) SHP Business Planning Process.

14. Fuentes P., Bumb B. & Johnson M. 2012, *Improving fertilizer markets in West Africa: the fertilizer supply chain in Ghana*, International Fertilizer Development Center (IFDC) and IFPRI, Muscle Shoals, Alabama.
15. Gee G.W. & Bauder J.W., 1986, *Particle-size analysis*, In: A. Klute (Editor.), *Methods of Soil Analysis*, Part 1, Am. Soc. Agron., Madison, Wisc., 91-100.
16. Gerken A., Suglo J.V. & Braun M., 2001, *Crop protection policy in Ghana*. Ministry of Food and Agriculture, Accra.
17. GAL (Ghartey Associates Limited), 2009, Assessing the Effectiveness and Efficiency of the Coupon System of Distribution of Fertilizer to Peasant Farmers. Tema, Ghana.
18. GOG (Government of Ghana), 2010, "Medium Term Agriculture Sector Investment Plan (METASIP) 2011-2015," MOFA.
19. Hayashi T., Abdoulaye T., Gerard B. & Bationo A., 2008, Evaluation of application timing in fertilizer micro-dosing technology on millet production in Niger, West Africa, *Nutr. Cycling Agroecosyst.*, **80**, 257-265.
20. ICRISAT, 2009, *International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics*. In: *Fertilizer Micro-dosing Boosting Production in Unproductive Lands*. www.icrisat.org
21. IFDC (International Fertilizer Development Centre), 1996, *Africa Fertilizer Situation, November 1996*.
22. IFDC (International Fertilizer Development Centre), 2012, *Ghana Fertilizer Assessment*. Muscle Shoals, Alabama U.S.A. www.ifdc.org
23. INERA (Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles), 2010, *AGORA: Helping Burkina Faso's researchers develop innovative agricultural solutions*. In: *Applying Micro-Dose Technology in Burkina Faso to Boost Smallholder Farmers' Livelihoods and Improve Food Security*.
24. Manyong V.M., Makinde K.O., Sanginga N., Vanlauwe B. & Diels J., 2001, Fertilizer use and definition of farmer domain for impact oriented research in the Northern Guinea savanna of Nigeria, *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, **59**, 129-141.
25. McLean E.O., 1982, *Soil pH and lime requirement*, in: A.L. Page, R.H. Miller & D.R. Keeney (Editors) *Methods of Soil Analysis*; Part 2, Am. Soc. Agron., Madison, WI, 199-224.
26. MoFA (Ministry of Food and Agriculture), 2007, n:I *Food and agricultural sector development policy (FASDEP II)*, 56.
27. MoFA (Ministry of Food and Agriculture), 2011, *Ministry of Food and Agriculture: Statistics, Research and Information Directorate (SRID)*. in: *Agriculture in Ghana: Facts and Figures (2010)*, <http://mofa.gov.gh/>
28. Nelson D.W. & Sommers L.E., 1982, *Total carbon, organic carbon and organic matter*. In: A.L. Page (Editor) *Methods of Soil Analysis*; Part 2, Am. Soc. Agron. Soil Sci. Soc. Am., Madison Wisconsin, 539-579.
29. Okigbo B.N., 1982, *Farming system research: an overview of its definitions, concepts and scope*. Paper presented at the training workshop on farming system research NIFOR, Benin.
30. Olsen S.R. & Sommers L.E., 1982, *Phosphorus*, in: A.L. Page, R.H. Miller & D.R. Keeney (Editors) *Methods of soil analysis*. Part 2. Chemical and microbiological properties. Second edition. Am. Soc. Agron. Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin USA, 403-430.
31. Quinones E.J. & Diao X., 2011, *Assessing Crop Production and Input Use Patterns in Ghana – What Can We Learn From the Ghana Living Standards Survey (GLSS5)?, Development, Strategy and Governance Division, IFPRI, Ghana Strategy Support Program (GSSP) Working Paper No. 0024*.
32. Sanchez P.A., 2002, Soil fertility and hunger in Africa, *Sci.*, **295**, 2019-2020.
33. Sanginga N. & Woome P.L., (Editors) 2009, *Integrated Soil Fertility Management in Africa: Principles, Practices and Developmental Process*. Tropical Soil Biology and Fertility Institute of the International Centre for Tropical Agriculture. Nairobi, 79.
34. Sawadogo-Kaboré S., Fosu,M., Tabo R., Kanton R., Buah S., Bationo A., Ouédraogo S., Pale S., Bonzi M., Ouattara K., Hassane O., Fatondji D., Sigue, H. & Abdou A., 2008, *Improving crop productivity and farmer income using fertilizer micro-dosing and the warrantage system in the Volta Basin*, 135-139. In: *Fighting poverty through sustainable water use: Volumes I, II, III and IV*. Proceedings of the CGIAR Challenge Program on Water and Food 2nd International Forum on Water and Food.

35. Tabo R., Bationo A., Diallo K.M., Hassane O. & Koala S., 2006, *Fertiliser micro-dosing for the prosperity of small-scale farmers in the Sahel*. Final report. Agroecosystems Report No. 23, ICRISAT, Niamey (Niger), 28.
36. Tabo R., Bationo A., Gerald B., Ndjeunga J., Marchal D., Amadou B., Annou M.G., Sogodogo D., Taonda J.B.S., Hassane O., Diallo M.K. & Koala S., 2007, *Improving cereal productivity and farmers' income using a strategic application of fertilizers in West Africa*, In: A Bationo, B.S. Waswa, J. Kihara and J. Kimetu (Editors). *Advances in Integrated Soil Fertility Management in sub-Saharan Africa: Challenges and Opportunities*. Springer, Netherlands. 201-208.
37. Tabo R., Bationo A., Hassane O., Amadou B., Fosu M., Sawadogo-Kabore S., Fatondji D., Korodjouma O., Abdou A. & Koala S., 2008, *Fertilizer micro-dosing for the prosperity of resource poor farmers: a success story*. Proceedings of the Workshop on Increasing the Productivity and Sustainability of Rainfed Cropping Systems of Poor, Smallholder Farmers, Tamale, Ghana, 22-25 September 2008.
38. Thomas G.W., 1982, *Exchangeable cations*, in: A.L. Page (Editor) *Methods of Soil Analysis*, Part 2. Am. Soc. Agron. Soil Sci. Soc. Am., Madison Wisconsin, 159-165.
39. Thomas R.J., El-Dessougi H. & Tubeileh A., 2004, *Soil fertility and management under arid and semi-arid conditions*, In: N. Uppoff (Editor) *Biological Approaches for Sustainable Soil Systems (in press)*. New York: Marcel Dekker. Pp 41-55.
40. Twomlow S., Rohrbach D., Dimes J., Rusike J., Mupangwa W., Ncube B., Hove L., Moyo M., Mashingaidze N. & Mahposa P., 2010, Micro-dosing as a pathway to Africa's Green Revolution: evidence from broad-scale on-farm trials, *Nutr. Cycling Agroecosyst.*, **88**, 3-15.

C.B. Okebalama, Nigerian, PhD, Soil Scientist, University of Nigeria, Department of Soil Sciences, Nsukka; Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Department of Crop and Soil Sciences, Kumasi, Ghana.
E.Y. Safo, Ghanaian, PhD, Professor, Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Department of Crop and Soil Sciences, Kumasi, Ghana.

E. Yeboah, Ghanaian, PhD, Senior Scientist, CSIR – Soil Research Institute, Kwadaso, Kumasi Ghana.

R.C. Abaidoo, Ghanaian, PhD, Professor, College of Agriculture and Natural Resources, Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Kumasi, Ghana.

V. Logah, Ghanaian, PhD, Soil Scientist, Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Department of Crop and Soil Sciences, Kumasi, Ghana.

Pression anthropique et dynamique paysagère en zone rurale semi-aride: cas de la commune de Tibiri, région de Maradi (Niger)

A-S. Satta^{1*}, A. Diouf¹, S. Lawali¹, M. Ouedraogo², J. Bogaert³ & A. Mahamane^{4,5}

Keywords: Landscape- Anthropisation- Landscape metrics- Remote sensing/GIS- Semi-arid- Niger

Résumé

Au Sahel (Afrique de l'Ouest), les contraintes climatiques et socio-économiques sont les causes principales de la structure actuelle du paysage. Dans ce contexte, la présente étude visait à déterminer l'influence des actions anthropiques sur la dynamique du paysage dans un environnement climatique semi-aride à travers une analyse des tendances évolutives de l'occupation du sol de la commune de Tibiri à diverses échelles spatio-temporelles, et l'identification des processus qui sous-tendent cette dynamique paysagère. L'approche cartographique, couplée à l'application des principes de l'écologie du paysage, a permis de révéler une transformation continue, entre 1972 et 2010, du paysage de la commune de Tibiri à travers des processus de transformation dont les plus dominants sont la fragmentation et la suppression. Ces derniers sont fortement liés à l'intensification des activités agricoles (cultures pluviale et irriguée) et au phénomène de l'urbanisation qui impactent les formations naturelles (savanes arbustives dense et claire) et les zones de pâturage (mosaïque jachère/pâturage). Cette tendance à la saturation foncière devrait mener à long terme à une anthropisation complète du paysage.

Summary

Anthropogenic Pressure and Landscape Dynamics in Semi-arid Rural Areas: the Case of Tibiri Commune, Maradi (Niger)

In the Sahel (West Africa), climatic and socio-economic factors are the main causes of the current landscape structure. In this context, this study aimed to determine the influence of human activities on the dynamics of a semi-arid landscape by analyzing land use in the Tibiri Commune. To do this, we analyzed the changing trends at various spatial and temporal scales as well as the processes behind this landscape dynamics. The mapping approach and the application of landscape ecology principles between 1972 and 2010 revealed a continuous transformation of Tibiri commune landscape through different processes. The most dominant transformations are fragmentation and suppression. These are highly related to the agriculture (rainfed and irrigated crops) intensification and the urbanization which impact natural formations (savannas) and grazing areas (fallow/pasture mosaic). This land tendency to land saturation should lead in long run to full landscape anthropisation.

¹Université Dan Dicko Dan Koulodo de Maradi, Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement, Maradi, Niger

²Institut de l'Environnement et de Recherche Agricole (INERA), Ouagadougou, Burkina Faso.

³Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité Biodiversité et Paysage, Gembloux, Belgique.

⁴Université de Diffa, Diffa, Niger.

⁵Université Abdou Moumouni, Faculté des Sciences et Techniques, Niamey, Niger.

*Auteur correspondant: E mail: a.soufianou@yahoo.fr

Reçu le 18.03.15 et accepté pour publication le 26.08.15

Introduction

Depuis quelques décennies, les contraintes climatique et socio-économique auxquelles est soumis le Sahel (Afrique de l'Ouest), demeurent l'une des causes principales de la structure actuelle du paysage. En effet, la forte récurrence des sécheresses dans cette zone climatique aride à semi aride induit une forte dégradation des ressources naturelles (forêts, sols et eaux) (15). Cette dégradation se reflète à travers une réduction du couvert végétal, autrement dit, une diminution de la production fourragère (18), une exposition des sols à l'érosion éolienne et hydrique (26) et une vulnérabilité des ménages à l'insécurité alimentaire chronique (17). Or, les populations sahéennes, à majorité rurales, sont tributaires des services écosystémiques dont elles tirent la majeure partie de leurs ressources de subsistance (12).

Le Niger, pays à économie fondée sur l'agro-sylvo-pastoralisme (18), se caractérise par une forte croissance démographique (3,3%) et plus particulièrement dans la commune de Tibiri (3,7%) de la région de Maradi (centre-sud du Niger), zone d'intérêt de la présente étude. Un tel phénomène fortifie la pression anthropique sur les ressources naturelles et crée des bouleversements socio-économiques tels que la saturation de l'espace et les conflits entre acteurs ruraux.

Pour mieux s'adapter à un tel contexte de dégradation des ressources naturelles et de pouvoir continuer à satisfaire ses besoins quotidiens, l'homme, à travers ses activités de nature et régime divers, procède constamment à des changements de modes d'occupation et d'utilisation des terres. Ainsi, l'homme est considéré comme un acteur clé dans les changements environnementaux et globaux eu égard à l'influence significative de ses activités sur la structure et le fonctionnement des systèmes écologiques (7).

Les changements de l'occupation du sol induits par l'homme s'opèrent à diverses échelles spatio-temporelles. Leur étude nécessite donc un outil capable de cerner les processus écologiques à différentes échelles. Ainsi, parmi les outils d'étude de la dynamique des phénomènes spatio-temporels,

la télédétection, couplée aux opérations SIG (Système d'Information Géographique), est reconnue comme la mieux adaptée (4, 20).

L'application des principes de l'écologie du paysage en complément, permet de mieux appréhender les processus écologiques qui sous-tendent la dynamique d'un paysage et contribue à l'élaboration d'outils efficaces d'aménagement du territoire et de gestion rationnelle des ressources naturelles pour un développement durable.

La présente étude vise à déterminer, les interactions entre les actions anthropiques et la structure des paysages dans un contexte climatique semi-aride. Pour atteindre cet objectif, nous avons émis l'hypothèse selon laquelle, la dynamique paysagère (changement de la structure spatiale) observée dans la commune de Tibiri est la conséquence des activités anthropiques (agricultures, exploitation du bois, urbanisation). La vérification de cette hypothèse reposera sur l'analyse des tendances évolutives de la dynamique paysagère dans la commune de Tibiri et l'identification des facteurs écologiques déterminants cette dynamique.

Matériels et méthodes

Zone d'étude

L'étude a été menée dans la commune de Tibiri (région de Maradi), située au centre-sud de la république du Niger entre 13°30' et 13°34' de latitude Nord et, 7°1' et 7°3' de longitude Est, et couvrant une superficie d'environ 1.200 km² (Figure 1). Le climat est de type sahélo-soudanien avec deux saisons contrastées: une longue saison sèche (8 à 9 mois) et une courte saison humide (3 à 4 mois) (19). Il est caractérisé par une pluviométrie moyenne annuelle calculée sur 30 ans de 477 mm, et une température moyenne annuelle relativement élevée (28 °C).

En termes de ressources en eau, la zone d'étude dispose d'un cours d'eau semi permanent, le «Goulbin Maradi», qui arrose sa partie Est sur environ 15 km (Figure 1), et quelques mares temporaires. Quant à la population humaine, estimée à 124.849 habitants en 2013, elle est essentiellement composée d'agriculteurs et éleveurs (90%).

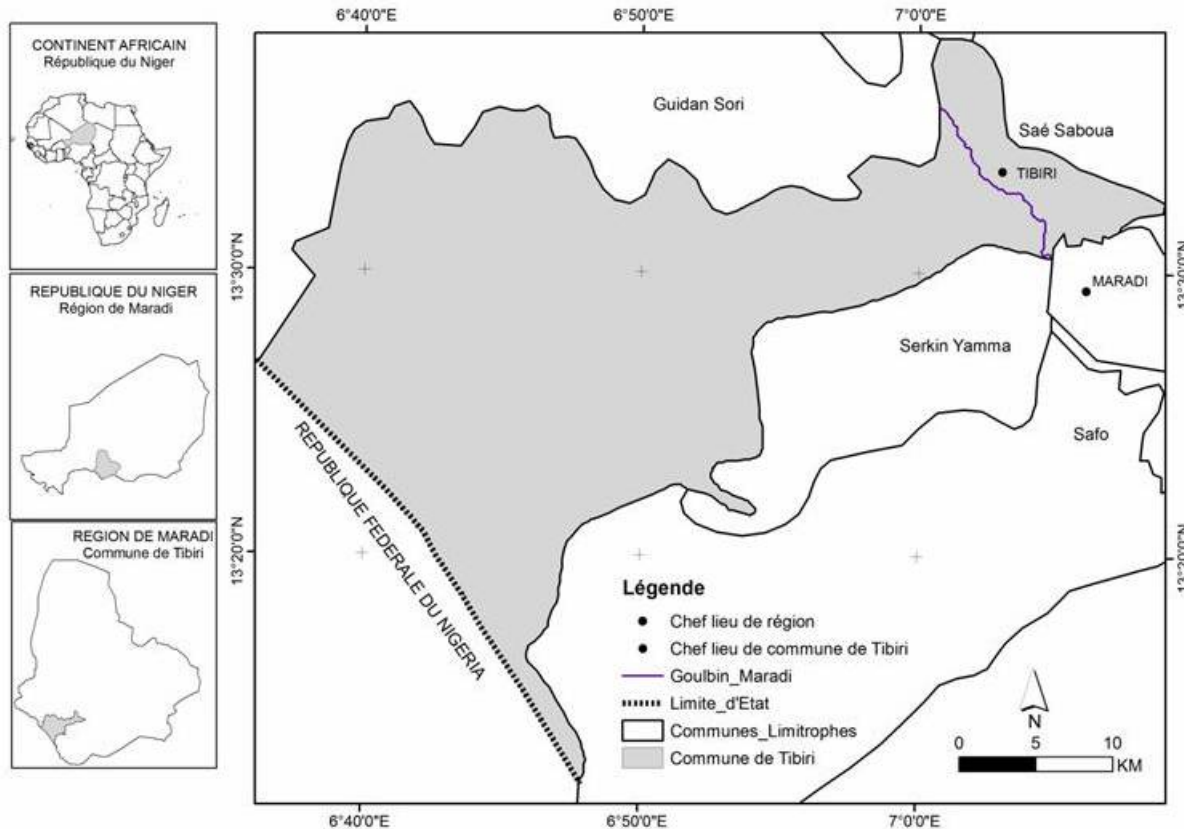


Figure 1: Localisation de la zone d'étude en Afrique et au Niger.

Le paysage est constitué de trois unités géodynamiques principales (13). L'unité «plateau», à une altitude moyenne relativement élevée (340 m), est de type dunaire entaillé par la vallée du Goulbi et s'étalant sur plusieurs kilomètres avec une forme générale subplane, interrompue par endroits par des édifices éoliens. Il est surtout marqué par une dynamique érosive très vive caractérisée par la déflation éolienne (griffes d'érosion) et le ravinement. Les sols sont de type essentiellement sableux (ou "Gigawa" en langue locale), et supportent une végétation ligneuse basse à faible couverture. Quant à l'unité «vallée» (ou bas-fond), elle est composée d'alluvions à texture argilo-limoneuse et/ou limono-argilo-sableuse.

La végétation de la vallée est relativement dense du fait de la faible profondeur de la nappe phréatique, et se caractérise par une prédominance des espèces ligneuses telles que *Tamarindus indica* L., *Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill. & Perr., *Ziziphus mauritiana* L. et *Acacia senegalensis* (L.) Willd.

Quelques parcs agroforestiers à peuplement ligneux monospécifique à *Acacia nilotica* (L.) Willd. ex Del., *Hyphaene thebaica* (L.) Mart., *Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill. & Perr. ou *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., sont également présents. Enfin l'unité «glacis» correspond à des épandages de sable alluvial et/ou dunaire à pente forte à moyenne. Les sols se caractérisent par leur faible fertilité, et supportent une végétation de type savane arbustive claire, dominée par *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst, *Tamarindus indica* L., *Annona senegalensis* Pers., *Ziziphus mauritiana* L., ou *Guiera senegalensis* J.F. Gmel.

Choix et traitement des données images

Le choix des images satellitaires LANDSAT, utilisées dans le cadre de cette étude, est basé sur la disponibilité et gratuité d'une série temporelle conséquente, la qualité visuelle (absence de nuages) et leurs bonnes résolutions spectrale (7 bandes) et spatiale (30 à 60 m) qui permettent de caractériser des éléments paysagers au sol d'une taille minimale de 900 à 1200 m² (23).

Selon la codification WRS2 (Worldwide Reference System) des scènes LANDSAT, la zone d'étude est couverte entièrement par la scène (path190, row50). Ainsi, quatre scènes prises sur la période 1972-2010 à quatre dates différentes et avec un pas de temps d'au moins 10 ans, ont été retenues et téléchargées gratuitement à partir des archives de l'USGS (United States Geological Survey: <http://www.glovis.usgs.gov.com>, consulté le 12 /03/2014). Ces scènes sont issues de capteurs multi spectraux Multi Spectral Scanner (MSS du 07/11/1972), Thematic Mapper (TM du 28/09/1986) et Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+ du 16/01/2001 et du 25/09/2010).

L'harmonisation des caractéristiques radiométrique et spatiale de ces images multi capteurs a consisté à effectuer diverses opérations de prétraitement afin d'améliorer la qualité des images pour une interprétation visuelle aisée.

Ainsi un géoreférencement selon le système de projection UTM (Universal Transverse Mercator), Zone 32N correspondant à la commune de Tibiri, avec l'ellipsoïde de référence (World Geodesic System: WGS84), suivi d'un rééchantillonnage des pixels de résolution 60 m à 30 m (image MSS) à l'aide de l'algorithme du plus proche voisin (Nearest Neighbor), reconnu pour sa capacité de conserver les valeurs radiométriques originales de l'image (3). Une composition RVB (Rouge-Vert-Bleu) en fausses couleurs a ensuite été réalisée à partir de trois bandes spectrales dans l'ordre 4-3-2 (bande 4 ou Proche Infra Rouge dans le canal rouge, bande 3 ou Rouge dans le canal vert et bande 2 ou Verte dans le canal bleu) pour chacune des quatre dates de référence, suivie d'un rehaussement linéaire du contraste à 2%, à l'aide du logiciel ENVI 4.7 © software (14). Ces bandes sont les plus utilisées en télédétection pour discriminer les classes de végétation (9).

Pour l'identification des différentes classes d'occupation du sol, une classification supervisée largement éprouvée pour sa robustesse et son aspect beaucoup plus pratique a été adoptée (2). Ainsi, des échantillons homogènes, sous forme de polygones, représentatifs des différents types d'occupation du sol identifiés visuellement, ont été sélectionnés sur la composition colorée (5).

Ces polygones ou zones d'apprentissage sont utilisés pour définir les classes spectrales (ou classes d'occupation du sol) grâce à l'algorithme du «Maximum de vraisemblance» (23). Cet algorithme repose sur les caractéristiques statistiques des zones d'apprentissage qui deviennent également des centres dans l'espace multi spectral (22). Il calcule ainsi la probabilité d'appartenance d'un pixel à une classe donnée et affecte ce pixel à la classe qui offre la probabilité maximale (2).

Afin de valider la classification, des points de contrôle au sol préalablement choisis et supposés représentatifs de chacune des classes d'occupation du sol de l'image classifiée ont été prospectés. Ainsi, un minimum de 30 points de contrôle a été retenu pour chacune des classes d'occupation du sol pour cette opération dite vérité terrain (13). La matrice de confusion ou tableau de contingence qui a été calculé à partir des données collectées aux points de contrôle, a servi à déterminer la fiabilité et la qualité de la classification à travers des indicateurs de précision tels que la précision globale, le coefficient Kappa, les erreurs d'excédent et de déficit, la précision de l'utilisateur et la précision du réalisateur (1, 25).

Analyse des cartes

Les différentes cartes d'occupation du sol ont été élaborées suite à des opérations SIG, sous le logiciel ArcGIS 9.3 © software (10). Il s'agissait de la vectorisation des images classées, de l'extraction de la portion correspondant aux limites de la zone d'étude et de la mise en page.

Pour caractériser la structure du paysage (composition et configuration spatiale) de la commune de Tibiri, trois indices de l'écologie du paysage (ou *landscape metrics*) parmi la multitude existant (4, 20), ont été calculés. Il s'agit: du nombre total de taches (n_j) d'une classe d'occupation du sol donnée j ; le changement de cet indice renseigne sur le niveau de fragmentation d'une classe donnée entre deux périodes (4, 5); de l'aire totale des taches (at_j) (en ha) d'une classe d'occupation du sol quelconque notée j qui correspond à la surface totale couverte par l'ensemble des taches composant cette classe; elle a été calculée selon la formule I:

$$a_{tj} = \sum_{i=1}^{n_i} a_{tj} \quad \text{I}$$

où a_{tj} représente la surface de la j -ième tache de la classe j du périmètre total (p) (en ha) de chaque classe où la somme des périmètres des taches (p_j) d'une même classe; il s'obtient selon la formule II:

$$p = \sum_{i=1}^n p_i \quad \text{II}$$

Ces indices concourent à évaluer le phénomène de fragmentation du paysage et constituent un indicateur fiable permettant de mettre en évidence l'impact humain sur la structure du paysage (5). Par ailleurs, les changements spatio-temporels du paysage ont été quantifiés à l'aide de la matrice de transition (4), tandis que les processus écologiques qui les sous-tendent ont été déterminés à l'aide de l'«arbre de décision» à 10 classes proposé par Bogaert *et al.* (6). Les données d'entrée (input) pour l'arbre de décision sont le nombre de taches (n_j), l'aire totale (a_{tj}) et le périmètre (p_j) d'une classe j considérée, aux temps t_0 et t_1 . En effet, la variation de chacun de ces trois indices permettra d'identifier un processus représentatif de la transformation paysagère observée. Ainsi, selon ce modèle dichotomique, l'augmentation du nombre de taches d'une classe ($n_1 > n_0$) permet d'identifier les processus de création, de dissection et de fragmentation, tandis qu'une diminution de la valeur de cet indice ($n_1 < n_0$) correspond aux processus d'agrégation et de suppression. Quant à la variation de l'aire des taches d'une classe, elle est liée aux processus de création, d'agrégation et d'agrandissement ($a_1 > a_0$) d'une part, et d'autre part à la fragmentation, la dissection et la suppression ($a_1 < a_0$).

Le processus de déplacement correspond à une stabilité de la valeur du périmètre des taches d'une classe ($p_1 = p_0$). Par contre, une variation de cet

indice ($p_1 \neq p_0$) se réfère à un processus de déformation qui peut être soit la perforation en cas d'augmentation de cet indice ($p_1 > p_0$), ou le rétrécissement en cas de diminution ($p_1 < p_0$). Par ailleurs, le calcul du taux de perte d'aire ($t = a_{t1}/a_{t0}$) et la fixation d'une valeur seuil de 0,5 telle que suggérée par plusieurs auteurs (5, 8); a permis de mieux différencier le processus de fragmentation ($t = 0,5$) de celui de dissection ($t < 0,5$).

Résultats

Cartographie de l'occupation du sol

Plusieurs classes d'occupation du sol ont été identifiées suite à la classification supervisée des images satellitaires, et seules sept ont été retenues, relativement aux objectifs de la présente étude. Il s'agit des classes relatives aux formations naturelles («savane arbustive dense», «savane arbustive claire»), aux activités anthropiques («culture sous parc arboré» ou culture sous couvert ligneux plus ou moins dense; «culture pluviale continue» ou culture sur sols sableux à limoneux nus et à couvert ligneux faible; «mosaïque maraichage/plantation» ou arboriculture et maraichage; «mosaïque jachère/pâturage» ou aires de pâturage; et «habitation») (Figure 2).

La discrimination entre ces différentes classes d'occupation des sols est statistiquement fiable avec une valeur de séparabilité proche de 2.

Quant à la précision globale des quatre classifications effectuées, ses valeurs varient de 77% à 91%; et l'indice de Kappa de 67% à 82% (Tableau 1).

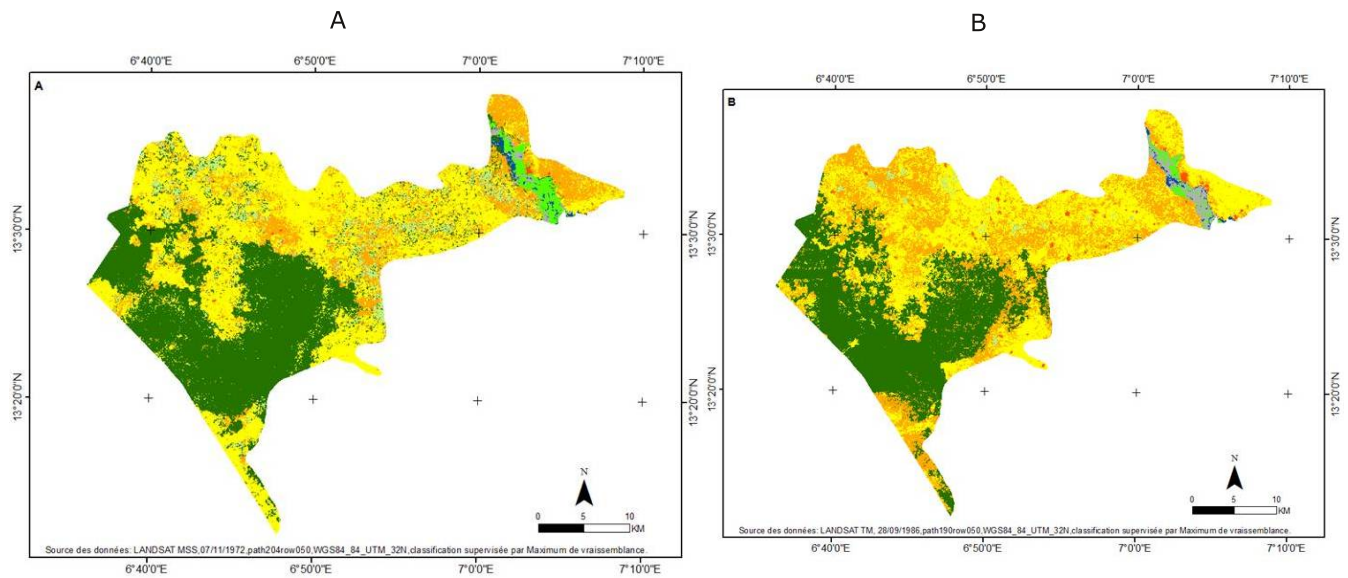
De manière globale, chacune de ces sept classes d'occupation du sol retenues, présente en termes d'extension spatiale au cours du temps soit une tendance régressive (perte de superficie au profit d'un autre type d'occupation du sol) ou progressive (gain au détriment d'un autre type d'occupation du sol), soit une stabilité c'est-à-dire une aire inchangée entre les deux dates considérées.

Tableau 1

Précision de la classification des images de 1972, 1986 et 2010.

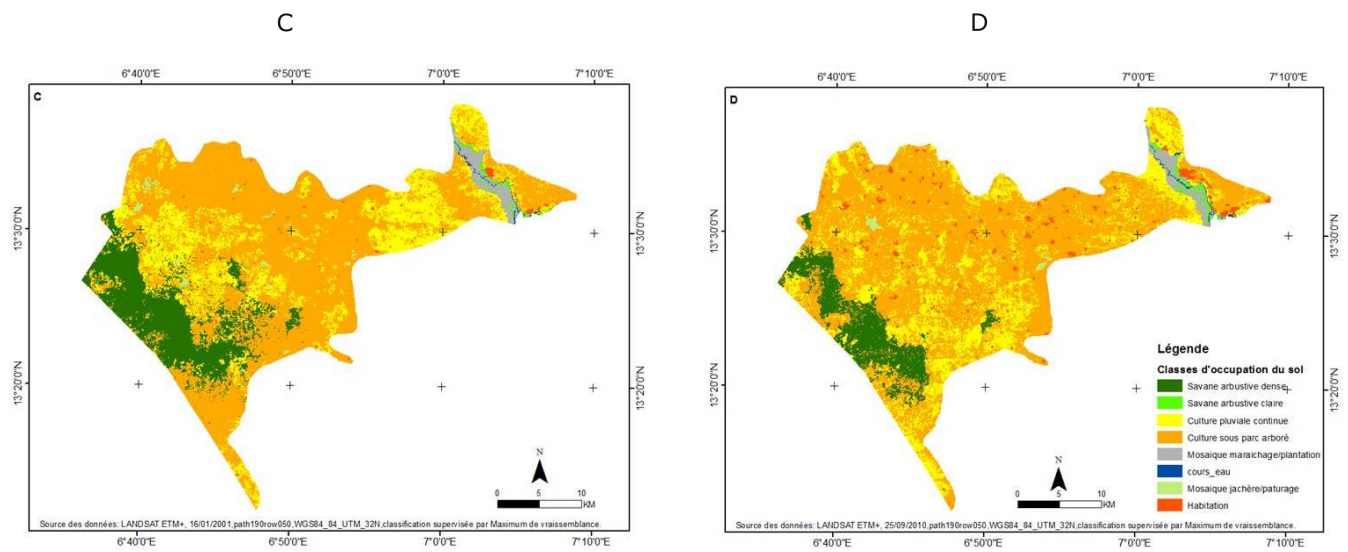
	1972	1986	2001	2010
Précision Globale (%)	77	81	88	91
Kappa (%)	67	71	78	82

P.G= précision globale de la classification, K= Coefficient de Kappa.



Source de données: LANDSAT
MSS.07/11/1972.path204row050.WGS84_84_UTM_32N.classification supervisée par Maximum de vraisemblance

Source de données: LANDSAT
TM.28/09/1986.path190row050.WGS84_84_UTM_32N.classification supervisée par Maximum de vraisemblance



Source de données: LANDSAT
ETM+,16/01/2001.path190row050.WGS84_84_UTM_32N.classification supervisée par Maximum de vraisemblance

Source de données : LANDSAT
ETM+,26/09/2010.path190row050.WGS84_84_UTM_32N.classification supervisée par Maximum de vraisemblance

Figure 2: Carte d'occupation du sol dans la commune de Tibiri A) en 1972; B) en 1986; C) en 2001 et D) en 2010.

Dynamique de la composition du paysage

L'analyse de la dynamique de la composition du paysage fait ressortir à l'échelle temporelle globale considérée dans cette étude (1972-2010) un taux d'occupation de la «savane arbustive dense» en nette régression (Figure 3A).

Cette régression spatiale s'est faite au profit de toutes les autres classes sauf la classe «savane arbustive claire» (Tableau 3) qui présente également une tendance générale régressive par rapport à la superficie initiale.

L'expansion spatiale la plus remarquable a été observée au niveau de la classe «culture pluviale continue» dont le taux de stabilité est le plus élevé (Tableau 3), au détriment de toutes les classes sauf les classes «savane arbustive claire» et «mosaïque maraichage/plantation». Toutefois, cette classe qui constitue la matrice du paysage a, au cours de la période 1972-1986, connu une légère diminution de son taux d'occupation dans le paysage (Figure 3A) au profit de «mosaïque maraichage/plantation» et «habitation» (Tableau 3). Quant à la «culture sous parc arboré», son taux d'occupation a augmenté (Figure 3A) au détriment des classes «savane arbustive dense» «mosaïques jachères/pâturage» et «culture pluviale continue». Mais elle a connu une réduction de superficie entre 1986 et 2001 (Figure 3A) au profit des classes «culture pluviale continue» et «habitation» (Tableau 3).

La classe «mosaïque maraichage/plantation» a subi une augmentation de sa superficie (Figure 3B) au détriment des classes «savane arbustive dense», «savane arbustive claire» et «culture sous parc arboré»; tandis que la «mosaïque jachère/pâturage» (Figure 3C) a presque disparu du paysage au profit des cultures «sous parc arboré», «pluviale continue» et «habitation» (Tableau 3). Quant à la classe «habitation» (Figure 3C), l'augmentation de son taux d'occupation s'est faite au détriment de toutes les autres classes sauf la «mosaïque maraichage/plantation» (Tableau 3).

Dynamique de la structure spatiale du paysage

Les différents indices de structure spatiale calculés pour chacune des sept classes d'occupation du sol retenues en 1972, 1986, 2001 et en 2010 (Tableau 2) ont permis de déterminer avec précision les

processus de transformation ayant influencé la dynamique spatio-temporelle du paysage de la commune de Tibiri.

En considérant l'échelle globale temporelle (1972-2010) le nombre et l'aire totale de taches de la classe « habitation» ont augmenté; suggérant ainsi un processus de création de taches. Par contre, pour les classes «mosaïque maraichage/plantation» et «mosaïque jachère/pâturage», le processus à la base de leur transformation au cours du temps est la suppression de taches avec une diminution des valeurs du nombre et de l'aire totale de taches. Quant au processus de rétrécissement qui se manifeste par une réduction des valeurs du périmètre des taches, il est observé dans les classes «savane arbustive dense», «culture sous parc arboré» et «mosaïque jachère/pâturage».

Le processus de perforation qui se manifeste par une augmentation de la valeur du périmètre des taches d'une classe, a été observé au niveau des classes «culture pluviale continue», «mosaïque maraichage/plantation» et «habitation» et au sein de la classe «savane arbustive claire». Pour la période intermédiaire (1972-1986), le processus de fragmentation caractérisé par un accroissement du nombre de taches (morcellement des taches initiales) et une réduction de l'aire totale; a surtout concerné des classes « savane arbustive claire», «culture pluviale continue» et «mosaïque jachère/pâturage»; et entre 1986 et 2001 la classe «savane arbustive dense». Quant au processus de suppression associé à la diminution du nombre et de l'aire totale des taches, il a été observé entre 1972-1986 au sein des classes «savane arbustive dense», «culture pluviale continue» et «mosaïque jachère/pâturage»; tandis que la dynamique de la classe «culture pluviale continue» est guidée par un processus de dissection des taches ($t > 0,5$). La période (1986-2001) est caractérisée par une dynamique paysagère régie par d'une part, un processus de fragmentation au niveau de la classe «mosaïque jachère/pâturage» et, d'autre part, d'un processus de création, matérialisé par une augmentation du nombre et de l'aire totale des taches, au niveau des classes «mosaïque maraichage/plantation» et «habitation».

Tableau 2

Nombre, surface et périmètre des différentes classes d'occupation du sol en 1972, 1986, 2001 et 2010 dans la commune de Tibiri.

	SAD	SAC	CPA	CPC	M/P	J/P	H
1972							
n_j	2675	13	5280	3448	112	1786	72
at_j (ha)	33767,4	1657,3	15898,1	35736,4	456,2	5490,1	183,5
p (ha)	249,8	14,3	585,2	456,8	11	148,1	5,1
1986							
n_j	525	130	4361	2892	99	35	84
at_j (ha)	30602,8	740,3	25850,9	33473,7	1283,2	773,2	553,8
p (ha)	182,1	16,8	439,8	445,9	15,3	15,3	12,1
2001							
n_j	1086	203	3677	2409	64	21	131
at_j (ha)	14086,8	463,3	18944,2	57051,6	1744,9	612	522,5
p (ha)	130	14,8	428,2	514,8	18	12,2	12,3
2010							
n_j	186	149	2010	1818	36	13	734
at_j (ha)	8480,3	555,8	21119,6	58916,6	1549,4	347,4	2426,6
p (ha)	75	14,6	354,3	538,2	23,1	3,9	58,2

n = nombre de tache; at_j (ha)= aire en hectare; p (ha)= périmètre en hectare; SAD= savane arbustive dense; SAC= savane arbustive claire; CPA= culture sous parc arboré; CPC= culture pluviale continue; M/P= mosaïque maraichage/plantation; J/P= mosaïque jachère/pâturage; H= habitation.

Tableau 3

Matrices de transition de l'occupation du sol (en %) dans la commune de Tibiri.

	1986	SAD	SAC	CSA	CPC	M/P	J/P	H	Total
1972									
SAD		24,8	0	5,7	4,3	0,1	0,1	0	35
SAC		0	0,7	0,2	0,1	0,9	0	0	1,9
CSA		2	0	6,4	8,3	0	0,1	0,2	17
CPC		4,2	0	12,2	20,5	0	0,4	0,3	37,6
M/P		0	0,1	0,2	0	0,2	0	0	0,5
J/P		0,7	0	3	2	0	2,1	0	7,8
H		0	0	0	0,1	0	0	0,1	0,2
Total		31,7	0,8	27,7	35,3	1,2	2,7	2	100
2001									
1986									
SAD		12	0	5,3	14,2	0	0,2	0	31,7
SAC		0	0,2	0	0	0,6	0	0	0,8
CSA		0,8	0,1	5,9	20,4	0	0,2	0,2	27,7
CPC		1,2	0	8,9	25,4	0	0,2	0,1	35,3
M/P		0	0,2	0	0	1,1	0	0	1,2
J/P		0	0	0	0,8	0	0,2	0	2,7
H		0	0	0	0,2	0	0,1	0,5	0,6
Total		14	0,5	20,1	61	1,7	0,9	0,8	100
2010									
2001									
SAD		6,8	0	1,8	5,3	0	0	0,1	14
SAC		0	0,2	0	0	0,2	0	0,1	0,5
CSA		0,2	0	5,7	13,5	0	0,2	0,5	20,1
CPC		1	0	14,7	43,7	0	0,1	1,5	61
M/P		0	0,3	0,1	0	1,4	0	0	1,8
J/P		0	0	0,1	0,5	0	0,1	0	0,7
H		0	0,1	0,1	0	0,3	0	0,4	0,9
Total		8	0,6	22,5	63	1,9	0,4	2,6	100
2010									
1972									
SAD		6,3	0	8,8	18,2	0,1	0,2	0,4	35
SAC		0	0,4	0,2	0,2	1	0	0,1	1,9
CSA		0,2	0	3,7	13	0	0,1	0	17
CPC		1,4	0	8,8	26	0	0,1	1,3	37,6
M/P		0,1	0,2	0,1	0	0,1	0	0	0,5
J/P		0	0	0,9	5,6	0,6	0	0,7	7,8
H		0	0	0	0	0,1	0	0,1	0,2
Total		8	0,6	22,5	63	1,9	0,4	2,6	100

Classes d'occupation du sol : SAD= savane arbustive dense; SAC= savane arbustive claire; CSA= culture sous parc arboré; CPC= culture pluviale continue; M/P= mosaïque maraichage/ plantation; J/P= mosaïque jachère/pâturage; H= habitation (1972-1986; 1986-2001; 2001- 2010 et 1972-2010)

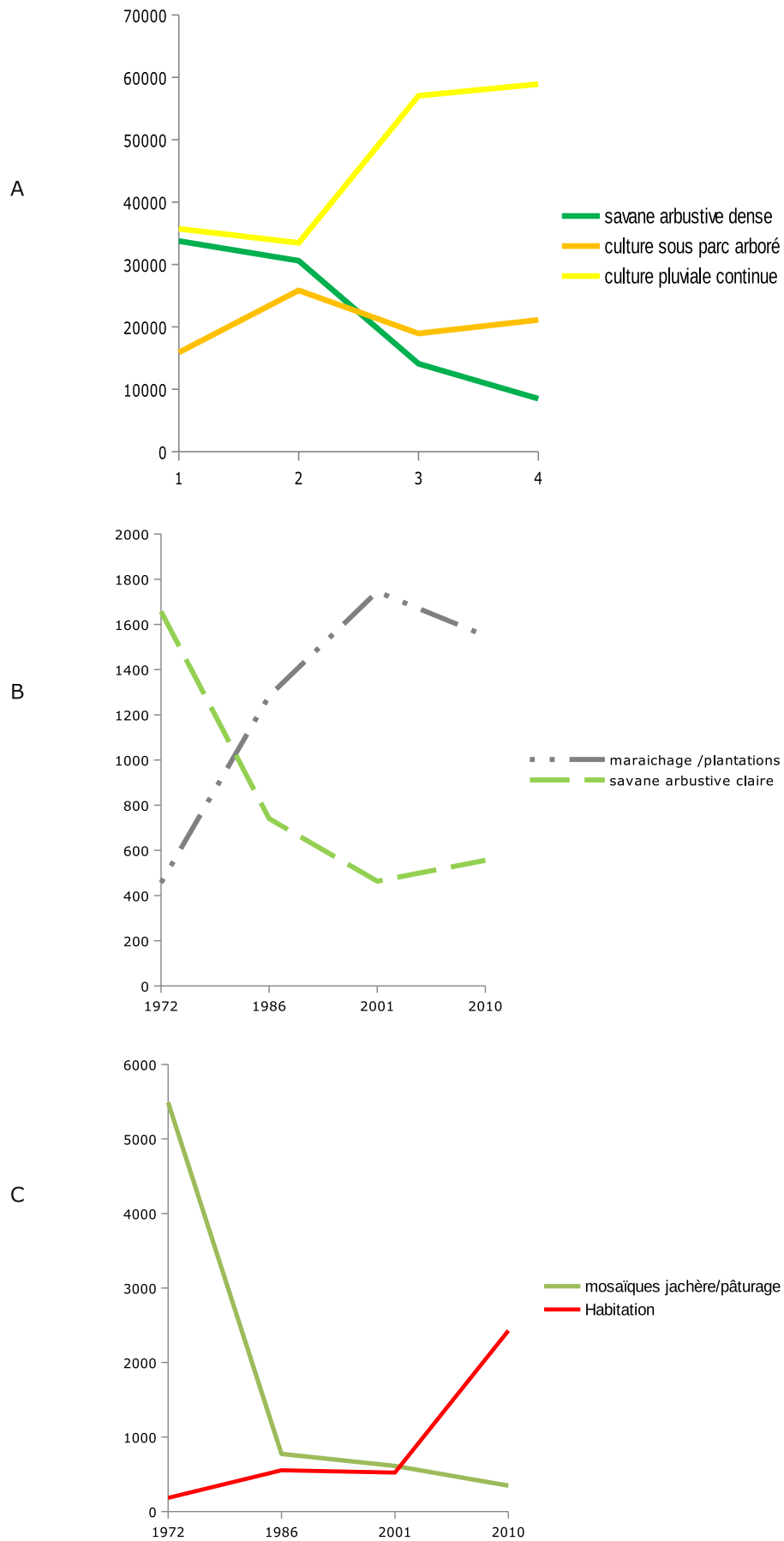


Figure 3: Variation de la proportion de l'aire de classes d'occupation du sol entre 1972 et 2010 en hectare.

Discussion

Approche méthodologique

La classification supervisée des images satellitaires Landsat, selon la méthode du «maximum de vraisemblance», présente un bon niveau. En effet, avec une précision globale de plus de 77%, les images classifiées sont acceptables (16). D'ailleurs les valeurs de l'indice de Kappa, supérieures à 50%, corroborent cette fiabilité des classifications (24). Quant à l'usage de l'arbre de décision (6) dans cette étude, il mérite quelques réflexions. En effet, l'identification des processus de transformation paysagère sur la base uniquement de trois indices de description de la structure paysagère (aire, périmètre et nombre de taches), est fortement influencée par la résolution spatiale des données images utilisées (11). Par exemple, l'usage d'autres données satellitaires à résolution spatiale plus ou moins faible donnerait sans doute des valeurs d'indices différentes pour la même zone d'étude, eu égard à la différence de taille de la plus petite tache liée au pixel (4, 23).

Impacts des activités anthropiques sur la dynamique du paysage

L'un des faits marquants de la dynamique paysagère dans la commune de Tibiri est la dégradation de la végétation naturelle à travers une fragmentation des savanes arbustives «dense et claire». Cette transformation est la résultante des actions humaines telles que les activités agro-pastorales, et le déboisement. Les sécheresses des années 1970 et 1980 ont amplifié cette situation de dégradation des formations naturelles et d'insécurité alimentaire chronique à travers une forte baisse des productions agricoles (17). Assurer la sécurité alimentaire des populations locales dans un tel contexte est donc une question de survie dont la réponse serait l'extension des classes relatives aux cultures par la création de nouvelles taches.

Ainsi, l'extension de la superficie occupée par la matrice paysagère c'est-à-dire la classe «culture pluviale continue», s'explique non seulement par la très forte croissance démographique que connaît la commune de Tibiri, mais aussi du fait que l'agriculture demeure la principale activité économique.

Les grandes orientations politiques en matière de développement agricole, reposant sur l'accroissement des cultures d'exportation (arachide et coton) y ont également beaucoup contribué. Toutefois, la légère diminution de la superficie de cette classe pendant la période (1972-1986) est la résultante de la mise en œuvre de politiques rigoureuses de protection de l'environnement telles que le reboisement des zones dégradées et la régénération naturelle assistée. Quant à la diminution de la superficie de la classe «culture sous parc arboré» entre 1986 et 2001, elle s'explique par l'intensification de l'abattage des arbres dans les champs depuis l'avènement du processus de démocratisation politique au Niger (début des années 90).

L'augmentation de la superficie de la classe «mosaïque maraichage/plantation» est liée à la mise en œuvre d'une politique nationale de développement des cultures irriguées et/ou de contre saison dans les zones où les potentialités en eau existent afin de combler le déficit céréalier et atteindre l'autosuffisance alimentaire.

Un autre fait majeur de la dynamique paysagère dans la commune de Tibiri est le phénomène d'urbanisation rapide. Ce phénomène caractérisé par une importante expansion spatiale, s'effectue de manière spontanée et au-delà de toute forme de contrôle par les pouvoirs publics.

Du coup, les villes africaines, à l'image de ce qui s'observe dans la commune de Tibiri, dépassent leurs propres limites administratives et empiètent sur les zones rurales en absorbant dans ce processus les villages périphériques situés dans leur trajectoire de croissance (2).

Conclusion

La présente étude constitue une contribution à la compréhension de la dynamique paysagère dans la commune de Tibiri (région de Maradi) de 1972 à 2010 par approche cartographique. De façon générale, les résultats de cette étude révèlent une tendance à la transformation continue du paysage de la commune de Tibiri en 39 ans (1972-2010). Cette transformation se traduit à travers plusieurs processus dont les plus dominants sont la fragmentation et la suppression.

Ces derniers sont fortement liés à l'intensification des activités agricoles (cultures pluviale et irriguée) et au phénomène de l'urbanisation qui impactent sur les formations naturelles (savanes arbustives dense et claire) et les zones de pâturage (mosaïque jachère/pâturage).

Ces résultats confirment donc l'hypothèse selon laquelle, la dynamique paysagère (changement de la structure spatiale) observée dans la commune de Tibiri est la conséquence des activités anthropiques (agricultures, exploitation du bois, urbanisation). Face à cette situation des mesures appropriées et durables doivent être prises en matière de protection de l'environnement, de la préservation et restauration de la biodiversité.

Références bibliographiques

1. Abdel-Kawy O.R., Rod J.K., Ismail H.A. & Suliman A.S., 2011, Land use and land cover change detection in the western Nile delta of Egypt using remote sensing data, *Appl. Geogr.*, **31**, 483-494.
2. Abdourahmane I.S., Diouf A., Boubacar M.M., Sada A.S., Mahamane A. & Saâdou M., 2015, Dynamics of a third world city: Case of Niamey, Niger, *J. Geogr. Reg. Plann.*, **6**, 2070-1845.
3. Agrawal R. & Srikant R., 1994, Fast algorithms for mining association rules in large data bases, *J. Comput. Sci. Technol.*, **15**, 6, 487-499.
4. Bamba I., Mama A., Neuba D.F.R., Koffi K.J., Traore D., Visser M., Sinsin B., Lejoly J. & Bogaert J., 2008, Influence des actions anthropiques sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la province du Bas Congo (République Démocratique du Congo), *Sci. Nat.*, **5**, 49-60.
5. Barima Y.S.S., Barbier N., Dossahoua T., Lejoly J. & Bogaert J., 2009, Dynamique paysagère en milieu de transition forêt-savane ivoirienne, *Bois. For. Trop.*, **1**, 15-25.
6. Bogaert J., Ceulmans R., & Salvador-Van E.D., 2004, Decision tree algorithm for detection of spatial processes in landscape, *Environ. Manage.*, **33**, 62-73.
7. Bouzou M.I., Faran M.O., Karimou A.J.M., Sarr B., Descroix L., Moustapha A.M., 2009, Les conséquences géomorphologiques de l'occupation des sols et des changements climatiques dans un bassin versant rural sahélien, *Sécheresse*, **20**, 1, 1-8.
8. Diallo H., Bamba I., Barima Y.S.S., Visser M., Ballo A., Mama A., Vranken I., Maiga M. & Bogaert J., 2011, Effets combinés du climat et des pressions anthropiques sur la dynamique évolutive de la dégradation d'une aire protégée du Mali (la Réserve de Fina, Boucle du Baoulé), *Sécheresse*, **22**, 97-107.
9. Diouf A., Barbier N., Lykke A.M., Couteron P., Deblauwe V., Mahamane A., Saâdou M. & Bogaert J., 2012, Relationships between fire history, edaphic factor and woody vegetation structure and composition in a semi-arid savanna landscape (Niger, West Africa), *Appl. Veg. Sci.*, **15**, 488-500.
10. ESRI, 2006, Corporation ARC GIS 9.3 software, 380 New York St., Redlands, CA 92373-8100 USA.
11. Giles R.H.J. & Trani M.K., 1999, Hey elements of landscape pattern measures, *Environ. Manage.*, **23**, 477-481.

12. Grouzis et Akpo E., 1996, Influence du couvert sur la régénération de quelques espèces ligneuses sahéniennes Nord (Sénégal, Afrique occidentale), *Webbia*, **50**, 2, 247-263.
13. Issaharou M I., Yamba B. & Yansheng G., 2012, Land-Use and Land-Cover Change in Semi- Arid Zone: The Case of Waro-Souloulou Area in Goulbi Maradi Watershed in the Republic of Niger, *Environ. Nat. Resour. Res.*, **2**, 1, 47-62.
14. ITT., 2009, *ITT Corporation ENVI 4.7 Software*, 1133 Westchester Avenue, White Plains, NY 10604, USA.
15. Karambiri H., Galiano S.G.G., Giraldo J.D., Yacouba H., Ibrahim B., Barbier B. & Polcher J., 2011. Assessing the impact of climate variability and climate change on runoff in West Africa: the case of Senegal and Nakambe River basins, *Atmos Sci. Lett.*, **12**, 1, 109-115.
16. Landis J.R., Koch G.G., 1977, The measurement of observer agreement for categorical data, *Biometry*, **33**, 159-74.
17. Lawali S. & Yamba B., 2012, Insécurité foncière, une menace pour l'agriculture familiale dans la région de Maradi, *J. Sci. Environ.*, **1**, 1, 35-42.
18. Mahamane A., Saâdou M., Yacoubou B., Issaka A, Ichaou A. & Saley K., 2007, Analyse diachronique de l'occupation des terres et caractéristiques de la végétation dans la Commune de Gabi (Région de Maradi / Niger), *Sécheresse*, **18**, 4, 296-304.
19. Mahamane A., Saâdou M. & Lejoly J., 2007, Phénologie de quelques espèces ligneuses du parc national du W (Niger), *Secheresse*, **18**, 354-358.
20. Mama A., Sinsin B., De Cannière C. & Bogaert J., 2013, Anthropisation et dynamique des paysages en zone soudanienne au nord du Bénin, *Tropicultura*, **31**, 1, 78-88.
21. Martin M.E., Newman S.D., Aber J.D., & Congalton R.G., 1998, Determining Forest Species Composition Using High Spectral Resolution Remote Sensing Data, *Remote Sens. Environ.*, **65**, 249-254.
22. Mas J.F., 2000, Une revue des méthodes et des techniques de télédétection du changement, *Can. J. Remote Sens.*, **26**, 349-362.
23. Oszwald J., Lefebvre A., Arnault de Sartre X., Thales M., Gond V., 2010, Analyse des directions de changement des états de surface végétaux pour renseigner la dynamique du front pionnier de maçaranduba (para, Brésil) entre 1997 et 2006, *Télédétection*, **9**, 2, 97-111.
24. Pontius R.G.Jr., 2000, Quantification error versus location in comparison of categorical maps, *Photogramm. Eng. Rem. S.*, **66**, 8, 1011-1016.
25. Story M. & Congalton R.G., 1986, Accuracy Assessment: A User's Perspective. *Photogramm, Eng. Rem. S.*, **52**, 3, 397-399.
26. Sultan B., Janicot S., 2004, La variabilité climatique en Afrique de l'Ouest aux échelles saisonnière et intra-saisonnière: mise en place de la mousson et variabilité intra-saisonnière de la convection, *Sécheresse*, **15**,4, 1-10.

A-S. Satta, Nigérien, Doctorant, Université Dan Dicko Dan Koulodo de Maradi, Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'environnement, Maradi, Niger.

A. Diouf, Nigérien, Ph D, Maître Assistant, Université Dan Dicko Dan Koulodo de Maradi, Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement, Maradi, Niger.

S. Lawali, Nigérien, Ph D, Maître Assistant, Université Dan Dicko Dan Koulodo de Maradi, Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement, Maradi, Niger.

M. Ouedrago, Burkinabé, Ph D, Chargé de recherche, Institut de l'Environnement et de Recherche Agricole (INERA), Ouagadougou, Burkina Faso.

J. Bogaert, Belge, Ph D, Professeur ordinaire, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité Biodiversité et Paysage, Gembloux, Belgique.

A. Mahamane, Nigérien, Professeur titulaire, Recteur de l'Université de Diffa, Diffa, Niger; Enseignant chercheur, Université Abdou Moumouni Niamey, Faculté des sciences et Techniques, Niamey, Niger.

Effet de l'albendazole sur les helminthes gastro-intestinaux et la productivité des jeunes bovins de l'Adamaoua-Cameroun

A. Mamoudou^{1*}, D. Sakativa¹, N.J. Ebene² & P.A. Zoli¹

Keywords: Gastro-intestinal helminthosis-EPG- FECRT- Weight- Weaned cattle- Cameroon

Résumé

Cette étude a été réalisée dans le but d'évaluer l'effet de l'albendazole sur les helminthes gastro-intestinaux et la productivité de jeunes bovins (9-21 mois) des élevages semi-intensifs de l'Adamaoua-Cameroun. Deux troupeaux de bovins de sexe mâle et pâturent dans la zone de Mbaoré ont été choisis à l'issue d'une enquête coprologique réalisée en fin de saison des pluies sur 355 individus. Dans chacun des 2 troupeaux un lot de 30 animaux fut constitué de façon aléatoire pour servir de lot expérimental (LE) et témoin (LT). Les animaux du LE furent traités à l'albendazole 10% (7,5 mg/kg per os) au jour 0 (J0). Les matières fécales (MF) étaient collectées et examinées selon la technique de McMaster aux jours J0 et J12 pour évaluer l'efficacité du traitement. Ensuite, un suivi coprologique a été réalisé toutes les 3 semaines, de novembre 2013 à avril 2014 (saison sèche). Le poids des animaux était estimé à chaque prélèvement des fèces au moyen d'un ruban barymétrique. L'enquête coprologique a montré que les strongyloses, la toxocarose et la trichurose sont les principales helminthoses gastro-intestinales chez les jeunes bovins avec pour prévalences respectives 69,57%; 13,64%; 12,14%. Les résultats du test de réduction de l'excrétion fécale des œufs (FECRT) indiquaient une bonne efficacité du vermifuge utilisé (FECRT>90%). La vermifugation en début de saison sèche a permis de maintenir le niveau d'excrétion des œufs d'helminthes constamment bas pendant toute la saison sèche. Le traitement a entraîné une réduction de la valeur des OPG (œufs par gramme de fèces) -strongles de l'ordre de 50,99% dans le LE comparé au LT (en fin de saison). Un ralentissement de la perte de poids (13,22%) a été observée dans le LE. Mais, la différence de poids entre les 2 lots n'a pas été significative ($P>0,05$).

Summary

The effect of Albendazole Treatment on Gastrointestinal Helminthes and Productivity of Weaned Cattle in the Adamaoua-Cameroon

A study was conducted to evaluate the effect of Albendazole treatment on gastrointestinal helminthes and productivity of weaned cattle (9-21 months) belonging to the semi-intensive livestock production system in the Adamaoua-Cameroon. Two herds of male cattle grazing in the locality of Mbaoré were chosen after a coprological survey achieved at the end of the rainy season on 355 individuals. In each herd, 30 animals were randomly selected to constitute the experimental group (EG) and the control group (CG). EG cattle were treated with 10% albendazole (7.5 mg/kg BW) at D0. Fecal samples were collected and examined by the McMaster technique at D0 and D12 to assess the efficacy of the treatment. Thereafter, a coprological monitoring was conducted every 3 weeks from November 2013 to April 2014. A weight measuring tape was used to estimate the weight of the cattle at every faecal sampling day. Coprological examinations revealed that strongylosis, toxocarosis and trichurosis are the main gastro-intestinal helminthosis of young bovine with prevalences of 69.57%; 13.64%; 12.14% respectively. Results of the fecal egg count reduction test (FECRT) indicate a good efficacy of the anthelmintic used (FECRT>90%). Albendazole treatment at the beginning of the dry season has maintained the level of faecal egg output low throughout the dry season. The treatment with albendazole reduced the level of faecal egg gram (EPG) output to 50.99% in the EG compared to the CG (at the end of the season). A reduction of the seasonal weight loss (13.22%) was observed in the EG. However, there was no significant difference ($P>0.05$) of weight between the two groups.

¹Université de Ngaoundéré, Ecole des Sciences et de Médecine Vétérinaire, Département de Parasitologie et de Pathologies Parasitaires, Ngaoundéré, Cameroun.

²Institut de Recherche Agricole pour le Développement, Station de Wakwa, Laboratoire de parasitologie, Ngaoundéré, Cameroun.

*Auteur correspondant: Email: mamoudou.abdoulmoumini@yahoo.fr

Introduction

Les helminthoses gastro-intestinales des bovins restent aujourd'hui une contrainte sanitaire non négligeable à l'amélioration de la productivité des élevages de par le monde (21, 25, 29). En effet, ce sont des affections endémiques dont l'impact économique est accentué (5), en zone tropicale, par leur association à la sous-alimentation du bétail pendant la saison sèche (22), l'utilisation anarchique d'anthelminthiques de qualité parfois douteuse, le recul du nomadisme et de la transhumance et la réduction des aires de pâturages entraînant le surpâturage dans certaines zones (22, 26). Les pertes dues aux infections parasitaires sont en premier lieu causées par les effets sub-cliniques surtout chez les jeunes animaux par un retard de croissance (6, 10). C'est pourquoi, le contrôle de ces affections en vue d'améliorer la productivité individuelle des bouvillons est une nécessité, surtout en Afrique, dans un contexte marqué par l'accroissement rapide de la population et l'augmentation croissante de la demande en protéines d'origine animale. L'usage des anthelminthiques est la principale méthode de lutte contre les helminthes (18, 23). Le but de cette étude était d'évaluer un traitement à l'albendazole sur les helminthes gastro-intestinaux et sur le poids des jeunes bovins des élevages semi-intensifs du département de la Vina-Région de l'Adamaoua au Cameroun en saison sèche.

Matériel et méthodes

Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans la région de l'Adamaoua, département de la Vina et plus précisément, dans les localités de Baledjam, Tello, Mbaoré et Bantay (Figure 1) pendant la saison sèche. Dans cette région, le climat est de type soudano-guinéen avec une longue saison de pluie allant d'avril à novembre et une saison sèche qui va de décembre à mars. Les précipitations moyennes annuelles sont comprises entre 900 mm à 1500 mm de pluies. La végétation est celle des hautes savanes guinéennes (8).

Animaux

Les animaux de l'étude étaient âgés 9-21 mois et appartenaient à des élevages semi-intensifs. Ils étaient inégalement répartis dans 4 zones de pâturages (Baledjam, Tello, Mbaoré et Bantay), entourées chacune d'une clôture en fils de fer barbelé. La zone de Mbaoré avait le plus grand nombre de bovins. Les bouvillons appartenaient majoritairement à la race Goudali (70%); le reste étant constitué de croisés Goudali-Charolais. Ces animaux étaient nourris sur pâturages naturels et n'avaient pas été vermifugés depuis plus de 3 mois. Ils s'abreuvaient dans des cours d'eaux (rivières) et des retenues d'eaux pérennes. A partir du mois de janvier, les animaux recevaient régulièrement du tourteau de coton (Alibet®) jusqu'en mars (fin de saison sèche). Tous étaient vaccinés contre les grandes épizooties: pasteurellose, charbon symptomatique et charbon bactérien et péripneumonie contagieuse des bovidés. Ils étaient traités une fois par mois contre les tiques par passage au bain détiqueur.

Méthode parasitologique

Au début de l'étude, une enquête coprologique a été réalisée en fin de saison des pluies dans le but de déterminer la prévalence des principales helminthoses gastro-intestinales des jeunes bovins choisis de façon aléatoire dans les troupeaux de sevrés.

Les matières fécales (20-30 g) ont été récoltées au niveau du rectum chez 355 bovins à l'aide de sachets plastiques. Les échantillons ainsi prélevés étaient conservés au réfrigérateur et les analyses coprologiques étaient effectuées au laboratoire de parasitologie à l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), station de Wakwa Ngaoundéré 24 à 48 heures plus tard. L'âge de l'animal, sa zone de pâturage et son sexe ont été enregistrés à chaque prélèvement. La méthode coprologique utilisée était celle de McMaster telle que décrite par Kaufmann (10) avec la solution saturée de NaCl comme liquide de flottaison pour les strongles et la sédimentation simple Soulsby (20) pour les *Paramphistomum* spp.

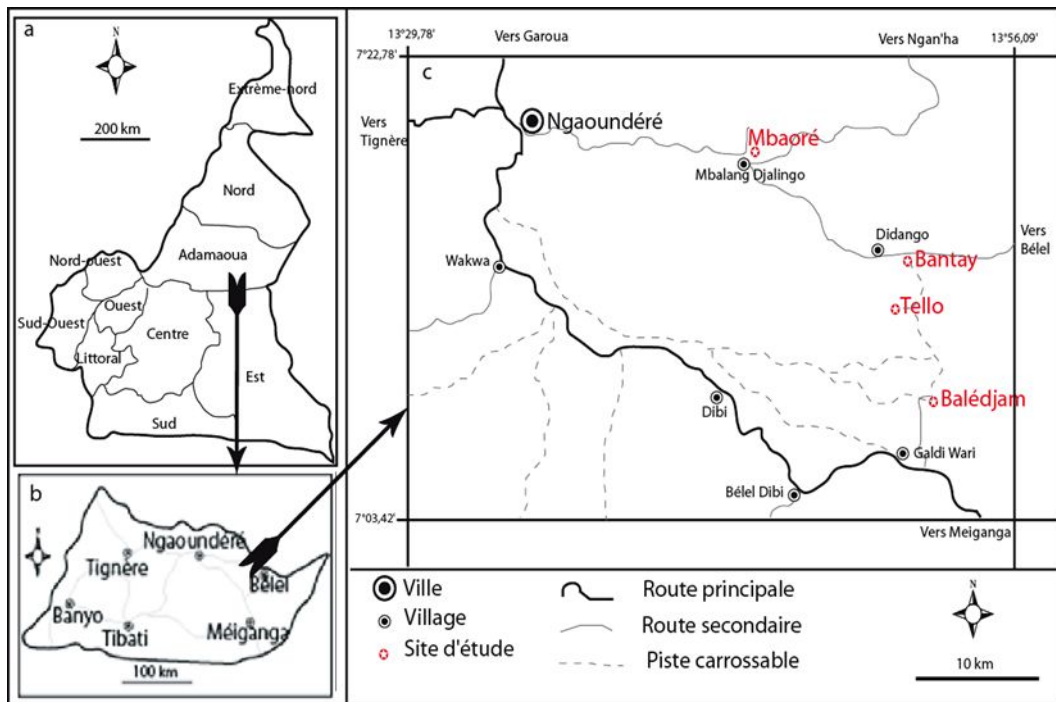


Figure 1: Localisation de la zone d'étude (Cartes du Cameroun (a), de la région de l'Adamaoua (b) et de la zone d'étude (c)).

Evaluation du traitement à l'albendazole

Les résultats de l'enquête coprologique ont permis de choisir pour l'expérimentation, 2 troupeaux de sevrés, de sexe mâle et fortement infestés par les helminthes gastro-intestinaux dans la zone de Mbaoré. Les animaux de l'étude paissaient dans la même zone de pâturage et bénéficiaient des conditions similaires d'élevage durant toute la durée de l'étude. Tous les bovins des 2 troupeaux choisis furent traités à l'oxytétracycline 20% (Wolicyclin® 20% LA) à la dose de 20 mg/kg (en IM) et à l'acéturate de Diminazène (Veriben® B12) à la dose de 3,5 mg/kg (en IM) deux semaines avant le début de l'étude afin d'éliminer l'influence des autres pathologies (trypanosomoses, infections transmises par les tiques) sur le niveau d'excrétion des œufs d'helminthes et le poids des animaux.

Par la suite, un lot de 30 animaux fut constitué de façon aléatoire dans chacun des 2 troupeaux choisis et ont servi l'un de lot expérimental (LE) et l'autre de lot témoin (LT). Le même jour, les bouvillons du lot expérimental reçurent par voie orale et sans diète préalable, l'albendazole 10% (Kela, Lot N°:19643.12) à la dose de 7,5 mg/kg. Les matières fécales furent récoltées et examinées le jour du traitement à l'anthelminthique ou (J0) et à (J12)

pour examen coproscopique afin d'évaluer l'efficacité de l'albendazole grâce au test de réduction de l'excrétion fécale des œufs (*FECRT*) (22). Ensuite, un suivi coprologique fut réalisé toutes les 3 semaines, de novembre 2013 à avril 2014. Le poids des animaux fut estimé à chaque prélèvement des fèces au moyen d'un ruban barymétrique.

Méthodes statistiques

Tous les animaux ayant, pour un parasite donné, une valeur de l'OPG ≥ 50 étaient considérés comme positifs. Pour les animaux parasités par les strongles, les charges parasitaires ont été catégorisées en faible ($OPG < 200$), modérée ($200 \leq OPG \leq 700$) et élevée ($OPG > 700$) (6, 21). Deux classes d'âges à savoir les bovins âgés de 9 à 15 mois ([9 ; 15]) et ceux 16 à 21 mois ([16 ; 21]) et 4 zones de pâturages ont été définies Baledjam, Telo, Mbaoré et Bantay. Pour chaque parasite, la comparaison des OPG moyens en fonction de la classe d'âge et de la zone de pâturage des animaux a été effectuée en utilisant des tests non-paramétriques (test de Mann-Whitney *U* et test de Kruskal-Wallis). Le logiciel SPSS (Statistical Package for Social Science) version 20 a été utilisé.

L'efficacité de l'albendazole a été évaluée à l'aide du test de réduction de l'excrétion fécale des œufs (FECRT).

Deux formules ont été utilisées (Formules I et II):

$$FECRT_1 = \frac{(T_1 - T_2)}{T_1} \times 100 \quad (11) \quad I$$

$$FECRT_2 = \frac{(C_2 - T_2)}{C_2} \times 100 \quad (24) \quad II$$

Où:

T_1 = OPG avant le traitement dans le lot traité (à J₀)

T_2 = OPG après le traitement dans le lot traité (à J₁₂)

C_2 = OPG dans le lot témoin à J₁₂

Le traitement à l'albendazole a été considéré comme efficace pour les taux de réduction de l'OPG > 90% (27).

Les valeurs des périmètres thoraciques (PTHO) obtenues ont été converties en poids (kg) en utilisant la formule III proposée par Njoya *et al.* (16):

$$\text{Poids (kg)} = 100,264 - 2,641 \times PTHO + 0,0251 \times PTHO^2 \quad III$$

($R^2 = 0,96$)

Le test de Mann-Whitney *U* a permis de comparer les OPG des différents lots et le test ANOVA a été utilisé pour comparer les poids moyens des animaux dans les deux lots.

Résultats

Prévalence des helminthoses gastro-intestinales des jeunes bovins

L'enquête coprologique a montré que les strongyloses, la toxocarose et la trichurose sont les principales helminthoses gastro-intestinales des jeunes bovins du département de la Vina en début de saison sèche avec pour prévalences respectives 69,57%; 13,84% et 12,14% (Tableau 1). Les œufs de *Strongyloides* spp., *Moniezia* spp. et *Paramphistomum* spp. n'ont été observés que dans un petit nombre de cas.

La majorité des animaux examinés (76,9%) étaient porteurs d'au moins un type d'helminthes. Les infestations mixtes représentaient 23,1% du nombre total des animaux.

Les strongyloses étaient particulièrement fréquentes chez les bouvillons de la zone de Mbaoré (74,74%). Les infestations légères (51,41%) et modérées (46,55%) étaient prédominantes (Tableau 2).

Pour la majorité des helminthes détectés, la zone de pâturage avait une influence sur le taux d'infestations (Tableau 3). En général, les jeunes animaux excrétaient plus d'œufs d'helminthes que les plus âgés bien qu'il n'existait pas de différence significative entre les valeurs moyennes des OPG en fonction des classes d'âges.

Effet du traitement à l'albendazole en début de saison sèche, Test de réduction de l'excrétion fécale des œufs (FECRT)

En raison du faible taux d'infestation par *Strongyloides* spp., *Toxocara* spp., *Trichuris* spp., et *Moniezia* spp. (moins de 10 animaux avec un OPG > 100), les taux de réduction de l'excrétion fécale des œufs des parasites n'ont été calculés que pour les strongles gastro-intestinaux 12 jours après le traitement à l'albendazole.

Les valeurs du FECRT₁ sont présentées dans le tableau 4.

La formule du FECRT₂ donne un taux de réduction de l'OPG égale à 93,69%. De façon générale, les taux de réduction obtenus sont supérieurs à 90% sauf chez deux animaux du lot expérimental (bovins N° 23 et 25).

Evolution de l'excrétion fécale des œufs pendant la saison sèche

Dans les lots expérimentaux et témoin, l'infestation par les strongles gastro-intestinaux a persisté durant les 20 semaines du suivi coprologique (Tableau 5).

Le niveau d'excrétion des œufs d'helminthes est resté constant pendant toute la saison sèche. Le traitement a entraîné une réduction de la valeur des OPG-strongles de l'ordre de 50,99% dans le LE comparé au LT (en fin de saison).

Les animaux ont gardé des œufs de *Strongyloides* spp., *Toxocara vitulorum*, *Trichuris* spp. et *Moniezia* spp. pendant quasiment toute la saison sèche (novembre-avril).

Tableau 1

Prévalences globales et les valeurs moyennes des OPG chez les jeunes bovins du Département de la Vina.

Parasites	Prévalences (%)	OPG moyens*/bovins examinés	OPG moyens*/bovins parasités
Strongles	69,57	150,70 ± 186,76	216,60 ± 189,37
<i>Strongyloides</i> spp.	4,24	2,68 ± 14,05	63,33 ± 29,68
<i>Toxocara</i> spp.	13,84	8,24 ± 22,63	60,41 ± 26,36
<i>Trichuris</i> spp.	12,14	8,47 ± 28,60	69,76 ± 50,16
<i>Moniezia</i> spp.	4,22	3,80 ± 27,48	90 ± 103,85
<i>Paramphistomum</i> spp.	1,13	0,84 ± 8,36	75 ± 28,86

*OPG moyen= moyenne ± écart-type

Tableau 2

Intensité de l'infestation par les strongles chez les animaux parasités.

Degrés d'infestation	Faible (50 ≤ OPG < 200)	Modérée (200 ≤ OPG < 700)	Elevée (OPG ≥ 700)	Total animaux parasités
Effectifs	127	115	5	247
Pourcentages	51,41%	46,55%	2,02%	100%

Tableau 3

Prévalences et OPG moyens des helminthes en fonction des localités et des classes d'âges des jeunes bovins du Département de la Vina en début de saison sèche.

Parasites		Zone de pâturage				Valeur de p*	Classes d'âge		Valeur de p*
		Baledjam	Tello	Mbaoré	Bantay		[9-16 mois]	[16-21 mois]	
Strongles	Prévalences (%)	73,52	60,29	74,74	38,09		70,19	65,12	
	OPG	206±	146,34±	247,30±	75±	0,001	220,09±	189,28±	0,446
	Moyens	160,24 ^{bcd}	112,58 ^{bc}	210,90 ^{bd}	37,79 ^a		195,61	130,07	
<i>Strongyloides</i> spp.	Prévalences (%)	5,88	4,41	3,53	4,76		4,8	–	
	OPG	50±	116,67±	50±	50 00	0,869	63,33±	–	0,142
	Moyens	0	28,86	0			29,68	–	
<i>Toxocara vitulorum</i>	Prévalences (%)	10,29	5,88	13,64	47,62		13,78	11,63	
	OPG	50±	40±	61,11±	70±	0,001	60,46±	50±	0,705
	Moyens	00 ^b	22,36 ^b	25,32 ^{ab}	34,96 ^a		25,72	31,62	
<i>Trichuris</i> spp.	Prévalences (%)	13,23	10,29	12,62	9,52		11,54	16,28	
	OPG	55,55±	114,28±	64±	50±	0,94	66,67±	85,71±	0,382
	Moyens	16,67	98,8	33,91	0		37,79	94,49	
<i>Moniezia</i> spp.	Prévalences (%)	5,88	1,47	3,03	19,04		4,49	2,32	
	OPG	50±	50±	58,33±	187,50±	0,002	92,85±	50±	0,504
	Moyens	00 ^b	00 ^b	20,41 ^b	179,69 ^a		107,16	0	

*Différence significative entre les OPG moyens à p < 0,05.

OPG moyen = moyenne ± écart-type

Tableau 4

Variation de la valeur de OPG pour les strongles avant et après le traitement à l'albendazole.

Lot expérimental			Lot témoin			FECRT ₁ (%)
N° de l'animal	OPG à J ₀ (T ₀)	OPG à J ₁₂ (T ₁₂)	N° de l'animal	OPG à J ₀ (C ₀)	OPG à J ₁₂ (C ₁₂)	
3	550	0	1	200	100	100
7	200	0	2	600	350	100
8	300	0	3	350	200	100
10	250	0	5	300	250	100
11	250	0	6	700	100	100
13	250	0	10	150	350	100
14	600	50	11	200	150	91,67
16	600	0	12	200	300	100
19	150	0	17	150	200	100
20	300	0	20	300	400	100
23	450	50	22	250	250	88,89
25	800	100	24	150	0	87,5
26	300	0	29	150	100	100
29	350	0				100
30	300	0				100
Taux de réduction de l'excrétion fécale des œufs ₁ (FECRT ₁)						97,87%

Tableau 5

Variation de l'infestation par les strongles dans le lot expérimental et le lot témoin au cours du suivi coprologique.

Semaines	Lot expérimental			Lot témoin		
	T (n ₀ /N)	OPG Moyen	OPG Max	T (n ₀ /N)	OPG Moyen	OPG Max
S ₀	43/47	309,57 ± 297,75	1200	21/44	136,11 ± 129,49	600
S ₃ **	28/30	248,33 ± 212,73	800	17/30	130 ± 178,88	700
S ₅	5/28	10,71 ± 24,21	100	23/30	160 ± 139,21	550
S ₈	4/29	8,62 ± 23,41	100	24/29	136,20 ± 102,55	350
S ₁₁	9/26	25 ± 43,01	150	22/29	136,20 ± 125,28	400
S ₁₄	19/30	30,35 ± 72,44	350	21/30	100 ± 115,22	400
S ₁₇	19/30	73,33 ± 95,35	450	25/30	156,67 ± 144,87	650
S ₂₀	15/25	76 ± 98,02	400	21/26	138 ± 117,51	400

T (taux d'infestation)=nombre d'animaux positifs (n₀)/nombre total de bovins examinés (N).

OPG moyen= moyenne± écart-type; OPG Max= Valeur maximale du nombre d'œufs par gramme de fèces par lot.

*Différence significative entre les OPG des 2 lots à p<0,05; **Période du traitement anthelminthique dans le LE.

Tableau 6

Comparaison des poids moyens des animaux en fonction du lot et de la période du suivi.

Poids et semaine du suivi	Poids moyens (kg)/ lot*		Valeur de p**
	LE	LT	
Poids ₁ (Semaine ₃)	198,72 ± 33,34	196,92 ± 32,65	0,837
Poids ₂ (Semaine ₅)	183,42 ± 32,18	180,11 ± 25,53	0,681
Poids ₃ (Semaine ₈)	188,94 ± 29,49	177,40 ± 28,21	0,133
Poids ₄ (Semaine ₁₁)	181,25 ± 23,21	175,52 ± 24,38	0,388
Poids ₅ (Semaine ₁₄)	174,88 ± 23,21	173,44 ± 24,83	0,823
Poids ₆ (Semaine ₁₇)	172,14 ± 20,84	170,51 ± 23,15	0,782
Poids ₇ (Semaine ₂₀)	174,27 ± 19,45	173,88 ± 26,40	0,954
	-22,91 ± 29,81	-26,40 ± 17,67	
Pertes moyennes de poids (kg)	(11,58%)^a	(13,47%)^a	0,614

*Poids moyen: moyenne ± écart-type.

**Différence significative entre les poids moyens à p<0,05.

a: réduction du poids vif en pourcentage.

Effet sur le poids des bouvillons pendant la saison sèche

Dans les 2 lots (expérimental et témoin), le poids des animaux baisse graduellement du début à la fin de la saison sèche. Une diminution de la perte de poids saisonnière (13,22%) a été observée dans le LE comparativement au LT. Mais, la différence de poids entre les 2 lots n'a pas été significative (Tableau 6).

Discussion

L'enquête coprologique réalisée sur 355 bouvillons appartenant à des élevages semi-intensifs montre que la majorité des animaux (76,9%) portent dans leur tube digestif au moins une espèce de ver. Les mêmes groupes d'helminthes ont été signalées chez les bovins de certaines zones du Cameroun (3, 4, 15, 17) avec de légères différences au niveau des prévalences du fait de l'âge des animaux, du système d'élevage et de la période d'étude. De façon générale, les bovins de 9 à 16 mois excrètent plus d'œufs de parasites que ceux âgés de 16 à 21 mois. L'influence de l'âge sur la sensibilité des bovins face aux helminthes gastro-intestinaux est un phénomène bien connu (2, 10, 22).

Zinsstag (30) a montré que chez les bovins N'dama, la valeur des OPG diminuait progressivement entre un et quatre ans et restait constant à un niveau bas par la suite.

Mungube (12) a également observé au Mali, que les animaux âgés de plus de 24 mois avaient le niveau d'excrétion fécale des œufs d'helminthes le plus bas.

L'analyse de l'infestation en fonction de la zone de pâturage a montré que les animaux de la zone de Mbaoré étaient les plus parasités par les helminthes gastro-intestinaux. Cela s'expliquerait par la forte concentration de veaux sevrés dans cette zone (4 troupeaux sur 7). En effet, chez les veaux, du fait de l'absence d'une immunité protectrice contre les helminthes, l'excrétion fécale des œufs est plus importante que chez les adultes (6).

Ceci accroît la contamination des pâturages exclusivement réservés aux jeunes bovins (18). Les résultats des tests de réduction de l'excrétion fécale des œufs ont montré une bonne efficacité de l'albendazole 10% (Kela) sur les strongles.

En effet, quelle que soit la méthode de calcul utilisée (*FECRT1* et *FECRT2*), le taux de réduction de l'excrétion des œufs obtenu est supérieur à 90%. Ceci prouverait que la résistance aux anthelminthiques est peu fréquente en Afrique tropicale en général et au Cameroun en particulier du fait de l'utilisation limitée des vermifuges dans les élevages (22).

Cependant, ces résultats diffèrent de ceux obtenus par Mungube (12) qui a trouvé, avec le même anthelminthique (albendazole 10%), une valeur du *FERCT* égale à 79,3% pour les strongles.

La différence observée entre la valeur du *FECRT1* et celle du *FECRT2* s'explique par la variation de l'excrétion fécale des œufs dans le LT. La réduction de l'*OPG* dans le LT pouvant être attribué au changement de saison (début de saison sèche). Le suivi coprologique a permis de mettre en évidence la persistance d'une infestation (faible ou modérée) par les helminthes gastro-intestinaux dans le lot témoin pendant toute la saison sèche. Les niveaux d'infestations observés au cours du suivi traduisent l'influence de la saison sur la transmission des helminthoses. En effet, les cas de ré-infestations par les strongles sont rares en saison sèche (1, 13). Santos *et al.* (19) ont montré que, dans les zones tropicales, les larves d'*Haemonchus* spp., peuvent se développer et survivre lorsque l'humidité relative est supérieure à 68%.

L'absence de détection des œufs de *Strongyloides* spp., *Toxocara vitulorum*, *Trichuris* spp. et *Moniezia* spp. à certaines semaines du suivi coprologique s'expliqueraient par la faible sensibilité de la méthode coprologique utilisée et l'intensité de l'infestation (faible) à cette période de l'année. La variation des *OPG* dans le LE semble être due à une possible ré-infestation pendant la saison sèche chez les animaux traités au début de cette saison. Bien que la faible sensibilité de la méthode de McMaster utilisée ($OPG \geq 50$) puisse entraîner une sous-estimation de la prévalence réelle des helminthoses étudiées lorsque l'*OPG* est inférieur à 50 (27), l'augmentation progressive de la prévalence dans le LE après le traitement semble indiquer l'existence de nouvelles infestations au cours du suivi.

La possibilité de ré-infestation autour des cours d'eaux principalement, s'explique par le mode d'élevage (absence des abreuvoirs, abreuvement et pâture des animaux autour des rivières et dans les zones marécageuses) et l'utilisation d'un pâturage commun aux animaux traités et non traités.

Le traitement en début de saison sèche a permis de maintenir constamment bas, pendant toute la saison, le niveau d'infestation dans le LE. Le taux de réduction de l'excrétion des œufs de strongles observé (50,99%) en fin de saison sèche dans le LE est supérieur à celui obtenu par Zinsstag *et al.* (31) (31%) chez les bovins (de 0 à 4 ans) élevés dans les conditions climatiques (Gambie) pratiquement similaires à celles de l'Adamaoua camerounais. L'âge moyen des animaux utilisés dans cette étude pourrait expliquer la différence observée au niveau des taux de réduction des *OPG*.

La réduction rapide de l'*OPG* en début de saison sèche dans les deux lots et l'augmentation brusque de l'excrétion fécale des œufs dans le LE avant le début des pluies pourrait suggérer une possibilité d'hypobiose. Mais l'observation des larves hypobiotiques suite à un examen nécropsique serait nécessaire pour confirmer cette hypothèse.

Les réductions de poids observées dans les lots expérimental et témoin, 11,58% et 13,47% respectivement, sont inférieures à celles signalées chez les zébus de l'Adamaoua pendant la saison sèche (18%) (30) du fait de la complémentation alimentaire des bovins de l'échantillon à base du tourteau de coton. La réduction du poids des bouvillons dans les 2 lots semble indiquer que le parasitisme gastro-intestinal n'est pas le seul facteur intervenant dans la variation du poids des animaux pendant la saison sèche.

Dans le LT; 13,22% de baisse de poids pourraient être attribués à l'absence du traitement anthelminthique. Ndao *et al.* (14) ont trouvé, dans une étude similaire, une différence de poids significative entre les bovins vermifugés et les animaux témoins.

Zinsstag *et al.* (28), a obtenu, chez des bovins âgés de 1 à 4 ans, une amélioration de la croissance d'environ 8 à 17% grâce à une vermifugation biannuelle (juillet et septembre) avec le fenbendazole.

La méthode d'estimation du poids des animaux (mesures baryométriques) pourrait en partie expliquer cette faible différence de poids entre les bovins du LE et ceux du LT.

Le fait que la baisse de poids soit plus accentuée dans le LT (-26,40±17,67 kg) par rapport au LE (-22,91±29,81 kg) démontre l'effet négatif de l'association sous-alimentation-parasitisme gastro-intestinal sur le poids des jeunes bovins pendant la saison sèche.

L'absence de différence significative entre le poids moyen des bovins traités et celui des animaux non traités confirme la grande variabilité de la réponse zootechnique chez les bovins vermifugés (22, 30). Certains auteurs pensent que l'identification des animaux pour qui un traitement thérapeutique pourrait avoir un effet positif sur les productions est particulièrement difficile (7, 25).

Itty *et al.* (9) ont trouvé, pour les traitements anthelmintiques biannuels au fenbendazole, une rentabilité de 1,14 chez les bovins Ndama de Gambie.

Troncy et Chartier (22) pensent qu'en élevage traditionnel, l'amélioration des productions suite à la vermifugation peut être négligeable en raison de la faible maîtrise des autres facteurs de productions (alimentation, logement, suivi sanitaire).

Conclusion

Cette étude montre que l'effet de la vermifugation sur la productivité ne peut être prédit à partir de la réduction de l'excrétion fécale des œufs (OPG) d'helminthes. Un faible effet de la vermifugation a été observé chez les bovins traités en début de saison sèche. Des études plus approfondies demeurent nécessaire pour comprendre les causes de la faible influence du traitement anthelmintique sur le gain de poids des bouvillons pendant la saison sèche.

Références bibliographiques

1. Ankers P., Zinsstag J. & Pfister K., 1994, Quasi-absence de réinfestation par les strongles du bétail gambien en saison sèche, *Revue Elev. Méd. Vét. Pays. Trop.*, **47**, 201-205.
2. Ballweber L.R., 2001, *Veterinary parasitology (Practical veterinarian)*. Butterworth-Heinemann 225 Wildwood Avenue Woburn, 319.
3. Chollet J.Y., Jacquiet P., Cardinale E., Ndamkou-Ndamkou C., Diop C., Thiam A., & Dorchies P., 1988, *Cooperia pectinata* and *C. punctata*, parasites of the abomasum of cattle in northern Cameroon (Central Africa), *Vet. Parasitol.*, **88**, 1-2, 135-138.
4. Chollet J.Y., Martrenchar A., Bouchel D. & Njoya A., 1994, Epidémiologie des parasitoses digestives des jeunes bovins dans le Nord-Cameroun, *Revue Elev. Méd. Vét. Pays.Trop.*, **47**, 4, 365-374.
5. Fikru R., Teshale S., Reta Dhuguma & Yosef Kiros., 2006, Epidemiology of Gastrointestinal Parasites of Ruminants in Western Oromia, Ethiopia, *Intern. J. Appl. Res. Vet. Med.*, **4**, 1.
6. Hansen J. & Perry B., 1994, *The epidemiology, diagnosis and control of helminth parasites of ruminants, a handbook*. ILRAD, Nairobi, Kenya, 171p.
7. Hoglund J., Morrison, D.A., Charlier J., Dimander, S.O. & Larsson A., 2009, Assessing the feasibility of targeted selective treatments for gastrointestinal nematodes in first-season grazing cattle based on mid-season daily weight gains, *Vet. Parasitol.*, **164**, 80-88.
8. Institut Nationale de la Statistique (INS), 2010, *Rapport régional de progrès des objectifs du millénaire pour le développement: région de l'Adamaoua*, 31.
9. Itty P., Zinsstag J., Ankers P., Njie M. & Pfister K., 1997, Returns from strategic anthelmintic treatments in village cattle in the Gambia, *Prev. Vet. Med.*, **32**, 3-4, 299-310.
10. Kaufmann J., 1996, *Parasitic Infections of Domestic Animals: A Diagnostic Manual*. Birkhäuser Verlag, 423.
11. Kochapakdee S., Pandey V.S., Pralomkarm W., Choldumrongkul S., Ngampongsai W., Lawpetchara A., 1995, Anthelmintic resistance in goat in southern Thailand, *Vet. Rec.*, **137**, 124-125.
12. Mungube E. O., 2010, *Management of trypanocidal drug resistance in cattle in identified chemoresistance hot spots in the administrative District of Sikasso, South- East Mali*. Veterinary Medicine Thesis, Freie Universität Berlin. 213.

13. Ndamukong K. J. & Ngone M.M., 1996, Development and survival of *Haemonchus contortus* and *Trichostrongylus* sp. on pasture in Cameroon. *Trop. Anim. Health Prod.*, **28**,3, 193-198.
14. Ndao M., Pandey V.S., Zinsstag J. & Pfister K., 1995, Effect of a single dry season anthelmintic treatment of N'Dama cattle on communal pastures in The Gambia, *Veterinary Res. Commun.*, **19**,3, 205-13.
15. Ngole I.U., Ndamukong K.J.N. & Mbuh J.V., 2003, Internal parasites and heamatological values in cattle slaughtered in Buea subdivision of Cameroon, *Trop. Anim. Health Prod.*, **35**, 5, 409-413.
16. Njoya A., Bouchel D., Ngo Tama A.C., Moussa C., Martrenchar A. & Leteneur L., 1997. Systèmes d'élevage et productivité des bovins en milieu paysan au Nord-Cameroun, *World Anim. Rev.*, **89**, 12-23.
17. Ntonifor H.N., Shei S.J., Ndaleh N.W. & Mbunkur G.N., 2013, Epidemiological studies of gastrointestinal parasitic infections in ruminants in Jakiri, Bui Division, North West Region of Cameroon, *J. Vet. Med. Anim. Health.*, **5**, 12, 344-352.
18. Radostits O.M., Gay C.C., Hinchcliff K.W. & Constable P.D., 2006, *Veterinary medicine: A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats*. 10th Edition, New York, USA. 1541-1584.
19. Santos M. C., Silva B. F. & Amarante A.F.T., 2012, Environmental factors influencing the transmission of *Haemonchus contortus*, *Vet. Parasitol.*, **188**, 277-284.
20. Soulsby E.J.L., 1982, *Helminthes, Arthropod and protozoa of Domestic Animals* 7th Ed. Baillere Tindall, London, UK. 40-52.
21. Tisdell C.A., Harrison S.R. & Ramsay G.C., 1999, Impact économique des enzooties et des programmes de prophylaxie, *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, **18**, 2, 380-398.
22. Troncy P.M. & Chartier C., 2000, *Helminthoses et coccidioses du bétail et des oiseaux de la basse-cour en Afrique tropicale*. In: Chartier C., Itard J., Morel P.C., Troncy P.M., édés, *Précis de parasitologie vétérinaire tropicale*. Paris, France, Tec & Doc, 773.
23. Vercruysse J. & Dorny P., 1999, Integrated control of nematode infections in cattle: A reality? A need? A future, *Int. J. Parasitol.*, **29**, 165-175.
24. Vercruysse J., Holdsworth P., Letonja T., Barth D., Conder G., Hamamoto K. & Okano K., 2001. International harmonisation of Anthelmintic Efficacy Guidelines, *Vet. Parasitol.*, **96**, 171-193.
25. Vercruysse J., Charlier J., Dorny P. & Claerebout E., 2006, *Diagnosis of helminth infections in cattle: were we wrong in the past?* Proceedings of World Buiatrics Congress-Nice, 1-7.
26. Waller P.J., 1997, Sustainable helminth control of ruminants in developing countries, *Vet. Parasitol.*, **71**, 195-207.
27. Zajac A.M. & Conboy G.A., 2012. *Veterinary Clinical Parasitology*. 8th Edition, John Wiley & Sons, Inc. Iowa 50014-8300, USA, 368p.
28. Zinsstag J., Ankers P., Dempfle L., Njie M., Kaufmann J., Itty P., Pfister K. & Pandey V.S., 1997, Effect of strategic gastrointestinal nematode control on growth of N'Dama cattle in Gambia, *Vet. Parasitol.*, **68**, 143-153.
29. Zinsstag J., Ankers P., N'dao M., Bonfoh B. & Pfister K., 1998, Multiparasitism, Production and economics in domestics animals in subsaharian west Africa. *Parasitol.Today*, **14**, 46-49.
30. Zinsstag J., 2000a, *Nématodes gastro-intestinaux du bétail bovin N'Dama en Gambie: effets sur la productivité et options pour la lutte*. Thèse PhD N° 11, 2000 Institut de Médecine Tropicale Prince Leopold, Antwerpen, Belgique.
31. Zinsstag J., Ankers P., Njie M., Itty P., Monsan V., Kaufmann J., Smith T., Pandey V.S. & Pfister K., 2000b. Effect of strategic gastrointestinal nematode control on faecal egg count in traditional West African cattle, *Vet. Res.*, **31**, 259-266.

A. Mamoudou, Camerounais, PhD, Enseignant, Université de Ngaoundéré, Ecole des Sciences et de Médecine Vétérinaire, Département de Parasitologie et de Pathologies Parasitaires, Ngaoundéré, Cameroun.

D. Sakativa, DVM, Camerounais, Stagiaire, Université de Ngaoundéré, Ecole des Sciences et de Médecine Vétérinaire, Département de Parasitologie et de Pathologies Parasitaires, Ngaoundéré, Cameroun.

J.N. Ebene, Camerounais, MSc, Chercheur, Institut de Recherche Agricole pour le Développement, Laboratoire de parasitologie, Ngaoundéré, Cameroun.

A.P. Zoli, Camerounais, PhD, Agrégé de médecine vétérinaire, Enseignant, Université de Ngaoundéré, Ecole des Sciences et de Médecine Vétérinaire, Ngaoundéré, Cameroun.

Croissance des agneaux Djallonkés nourris avec du lait de soja

Y. Toukourou^{1*}, M. Abdoulaye¹, Y.E. Attakpa¹ & I.T. Alkoiret¹

Keywords: Growth - Soy Milk - Food - Djallonke Lambs - Benin

Résumé

Du lait de soja a été administré à des agneaux Djallonkés en pré sevrage. Trois lots de 20 animaux, tous issus d'un élevage traditionnel extensif, ont été constitués. Le lot 1 (témoin) était privé de lait de soja. Les lots 2 et 3 ont reçu respectivement par tête 50 et 100 ml de lait de soja. La complémentation alimentaire avec le lait de soja a débuté une semaine après la naissance des agneaux. Le lait de soja était administré tous les matins à la même heure en un seul repas à l'aide des bouteilles de biberon, avant le départ au pâturage. Les résultats ont montré que les agneaux du lot témoin ont accusé un retard de croissance significatif comparés à leurs homologues des lots 2 et 3. La différence de poids vif entre les agneaux du lot témoin et ceux des lots 2 et 3 était en moyenne respectivement de 0,32 et 0,42 kg à la fin de la 2^{ème} semaine. Cette différence était de 2,55 et 3,22 kg à la fin de la 12^{ème} semaine. Aucune différence significative n'a été enregistrée entre les poids vifs moyens des lots 2 et 3 tout au long de l'expérimentation.

Summary

Growth of Djallonke Lambs Fed with Soy Milk

Soy milk was administered to Djallonke Lambs in pre weaning. Three groups of 20 animals, all from a traditional extensive farming, were performed. Group 1 (control) was deprived of soy milk. In the 2nd and 3rd group lambs received 50 and 100 ml soy milk respectively per head. Food supplementation with soy milk began a week after the lambs' birth. Soy milk was administered daily at the same time in one meal using a bottle before leaving to the pasture. The results showed a significant delay of growth of the control group compared to the other groups. At the end of the 2nd week, the body weight difference was in average 0.32 and 0.42 kg respectively for the control and the two other groups. At the end of the 12th week this difference became 2.55 and 3.22 kg respectively for the control and the two other groups. No significant differences were observed between the live weights' mean in the 2nd and 3rd group.

Introduction

L'importance nutritionnelle des protéines animales dans l'alimentation n'est plus à démontrer. Cependant, il devient de plus en plus difficile de mettre cette denrée en quantité suffisante à la disposition des populations surtout dans les pays en voie de développement. Ces pays disposent pourtant des ressources locales pouvant être mieux valorisées pour répondre aux exigences alimentaires et nutritionnelles de leurs populations.

La transformation, par les animaux, des ressources primaires végétales en protéine animale de haute valeur nutritive pour l'homme demeure toujours le moyen le plus efficace pour assurer aux populations une alimentation saine et équilibrée. À cet effet, les petits ruminants ovins et caprins représentent pour les populations rurales pauvres une réelle opportunité pour améliorer la disponibilité en ressources alimentaires d'origine animale.

En effet, ces espèces animales sont relativement faciles à élever et s'adaptent donc aisément aux conditions socio-économiques des ménages ruraux.

¹Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Département de Production Animale, Parakou, Benin.

*Auteur correspondant: E mail: yyoukourou@gmail.com

Malgré ces qualités d'adaptation et une forte aptitude à la reproduction (puberté précoce, bonne prolificité, cycle sexuel non saisonnier) (8), le rendement laitier des races locales des petits ruminants et en particulier celui des ovins au Bénin demeure faible. Cette performance laitière, à l'évidence ne permet pas de couvrir convenablement les besoins nutritionnels de deux, parfois trois agneaux par naissance, pendant la période d'allaitement. Du fait du mauvais rendement laitier des femelles, les jeunes animaux en phase d'allaitement ne parviennent pas à exprimer pleinement leur potentiel de croissance (12). Il en résulte une sous-alimentation parfois chronique se traduisant par des difficultés de croissance des jeunes animaux et une prédisposition aux maladies. La mortalité des agneaux constitue ainsi le principal facteur de baisse de productivité, et varie selon les auteurs: 20 à 48% (3, 10, 11) et diminue (5 à 20%) après sevrage et chez les animaux adultes (6).

Pour obtenir une meilleure performance de croissance des jeunes agneaux pendant la période d'allaitement, il est indispensable que le besoin nutritionnel à cette étape de la vie soit suffisamment couvert. Le lait et les produits laitiers demeurent pour cela une source alimentaire capitale. Cependant, il se révèle difficile, voire impossible de répondre à cette exigence, car cette denrée alimentaire est prioritairement réservée à l'alimentation humaine. Le lait de soja peut constituer à cet effet une alternative pour remédier au déficit nutritionnel des jeunes animaux pendant la phase lactogène et contribuer par la même occasion à libérer une partie du lait trait pour la consommation humaine. La question de recherche qui se dégage de cette réflexion est de savoir, si le lait de soja peut permettre aux agneaux Djallonké de combler le déficit alimentaire et nutritionnel causé par la faible production laitière des brebis pendant la période d'allaitement.

Matériel et méthodes

Milieu d'étude

Le matériel animal, objet de la présente étude, est localisé à Tourou, un quartier de ville de la commune de Parakou située au centre du Bénin entre 19°21' de latitude Nord et 2°36' de longitude Est.

Avec une altitude moyenne de 350 m, elle s'étend sur une superficie de 441 km² dont environ 30 km² sont urbanisés. Il y règne un climat de type soudano-guinéen avec une pluviométrie moyenne annuelle qui varie entre 1000 mm et 1500 mm et deux saisons qui s'alternent comme suit: une saison pluvieuse qui s'étend de mi-avril à mi-octobre, et une saison sèche de mi-octobre à mi-avril. Les températures dans cette partie du Bénin oscillent entre 28 et 35 °C. Le couvert végétal observé à Parakou est dominé par la savane arborée et herbeuse. La végétation est abondante pendant la saison pluvieuse et les ressources fourragères de bonne qualité sont ainsi disponibles pour l'alimentation des animaux.

Période et durée de l'essai

L'essai a été conduit pendant la saison des pluies sur une durée de 3 mois allant du 22 juillet au 24 octobre 2010. Le couvert végétal à cette époque était luxuriant et offrait aux ruminants une disponibilité fourragère abondante.

Préparation et administration du lait de soja

La préparation du lait de soja administré aux agneaux a été réalisée à partir des graines cultivées et commercialisées à Ouaké, une localité du Bénin située à environ 172 km au nord du lieu d'étude. Le lait de soja utilisé a été obtenu en mélangeant 1 kg de grains entiers de soja (prix d'achat: 275 FCFA le kg) avec 8 litres d'eau. Après 24 heures de trempage, les graines une fois rincées, sont versées dans deux litres d'eau puis mixées à l'aide d'un Moulinex de cuisine. La mixture obtenue a été mélangée avec six litres d'eau puis portée à ébullition pendant 30 minutes. Après la cuisson, la bouillie obtenue a été filtrée à l'aide d'un passoir à mailles très fines afin de séparer le lait de soja de la masse résiduelle entrant dans la consommation des populations comme fromage de soja.

Le lait de soja a été administré aux agneaux à une température de 38 °C à l'aide de bouteilles de biberon tous les matins à la même heure en un seul repas.

Matériel animal

Le matériel animal utilisé dans la présente étude est constitué de 60 agneaux (27 mâles et 33 femelles) de race Djallonké issus de 47 brebis pour la plupart des multipares. Les animaux, dont 34 sont issus d'une naissance simple et 26 d'une naissance double provenaient des brebis en élevages traditionnels extensifs. Les animaux sont laissés en divagation au cours de la journée et sont attachés à des piquets le soir à leur retour du pâturage. À l'âge de 1 mois tous les agneaux avaient bénéficié d'un traitement prophylactique à base de l'Oxyclyne 20%, d'un traitement anti diarrhéique et d'un complexe vitaminique en injection intramusculaire.

Mesure et collecte de données

Les données collectées, enregistrées et analysées au cours de la présente étude se sont portées essentiellement sur la qualité nutritionnelle du lait de soja, la quantité du lait de soja servi, refusé et consommé, ainsi que sur les poids vifs des agneaux. Un échantillon de 500 g de lait de soja a été prélevé toutes les quatre semaines et analysé (Tableau 1). Les analyses bromatologiques ont été effectuées au laboratoire du Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey (CRA-Agonkanmey), laboratoire affilié à l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB). Ces analyses ont permis de déterminer la composition chimique du lait de soja selon les méthodes officielles approuvées par l'AOAC (1).

La mesure de la quantité totale de glucides a été estimée par la soustraction des différents nutriments: eau, matières azotées totales, matière grasse et les cendres brutes de la substance originale.

L'estimation de l'énergie brute du lait de soja a été réalisée en considérant que 1 g de glucide et de protide libère respectivement 4,1 kcal et que 1 g de lipide libère 9,1 kcal (1). Le lait de soja a été administré individuellement tous les matins à la même heure entre 8 et 10 h avant le départ au pâturage. De même, des pesées individuelles sont effectuées hebdomadairement à jeun sur les agneaux et les poids correspondants sont enregistrés sur des fiches individuelles de suivi. Toutes ces données sont ensuite saisies et traitées à l'aide du logiciel tableur Excel version 2007.

Analyse des données

L'analyse statistique des données collectées a été réalisée à l'aide du logiciel SAS version 9.2 (Statistical Analysis System, 9.2). Les variables dépendantes qui ont été prises en considération étaient entre autres: le poids vif hebdomadaire et le Gain Moyen Quotidien (GMQ) des agneaux. Ces variables ont été préalablement soumises au test de distribution normale, afin de s'assurer de leur conformité à une analyse de variance qui a été effectuée à l'aide de la procédure Proc GLM (General Linear Model). Le modèle statistique qui a été utilisé pour l'analyse des variances est donné dans la formule I:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + D_l + AB_{ij} + AC_{ik} + e_{ijkl} \quad I$$

Où:

Y_{ijkl} = Valeur observée de la variable dépendante étudiée Y;

μ = Moyenne générale de la variable dépendante étudiée Y;

A_i = Effet fixe du niveau de consommation du lait de soja (lot) ($i = 1, 2, 3$);

B_j = Effet fixe du sexe ($j = 1, 2$);

C_k = Effet fixe du mode de naissance ($k = 1, 2$);

D_l = Effet fixe du poids de naissance;

AB_{ij} = Effet d'interaction entre le niveau de consommation du lait de soja et le sexe;

BC_{ik} = Effet d'interaction entre le sexe et le mode de naissance;

e_{ijkl} = résidu de variance.

Résultats

Composition chimique et valeur nutritionnelle du lait de soja

Les valeurs nutritionnelles du lait de soja, comparées à celle du lait de brebis sont reportées dans le tableau 1. Ces valeurs montrent que le procédé de fabrication du lait de soja est resté globalement inchangé tous le long de l'essai.

Il ressort néanmoins de cette comparaison que le lait de soja utilisé dans la présente étude présentait une teneur en extrait sec, en matière grasse et en cendres brutes nettement moins élevée que le lait entier de brebis. La matière azotée totale était légèrement plus élevée dans le lait de soja que dans le lait entier de brebis.

De ce fait, le lait de soja avec une énergie brute comprise entre 45,86 kcal et 50,48 kcal pour 100 g de produit s'est révélé largement moins énergétique que le lait entier de brebis estimé à 108 kcal (Tableau 1).

Croissance pondérale des agneaux

Les poids vifs des agneaux au cours de la période d'essai sont représentés dans le tableau 2. À l'issue de la première semaine d'essai, les agneaux ont affiché un poids vif moyen de 2,34 kg, 2,40 kg et 2,36 kg respectivement pour les lots 1, 2 et 3. À la deuxième semaine, les agneaux du lot témoin ont affiché un poids vif moyen de 0,32 et 0,42 kg significativement ($p < 0,001$) inférieur à ceux des lots 2 et 3 respectivement. La différence de poids vif entre les lots d'agneaux 2 et 3 s'était révélée non significative ($p > 0,05$). Cet écart de croissance entre le lot des animaux témoins et les deux autres s'était significativement ($p < 0,001$) accentué et se situait à 1,28 kg et 1,65 kg respectivement pour les lots 2 et 3 d'animaux à la 6^{ème} semaine.

À la fin de l'expérimentation, à treize semaines d'âge, soit douze semaines de traitement au lait de soja, les animaux affichaient en moyenne un poids vif de 6,01 kg; 8,56 kg et 9,23 kg respectivement pour les lots 1, 2 et 3 avec une différence significative ($p < 0,001$) entre le lot 1 et les autres. Aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a pu être notée entre les lots 2 et 3 tout au long de l'expérimentation.

En dehors du niveau de consommation du lait de soja, d'autres variables impliquées dans le model d'analyse statistique ont eu une influence plus ou moins significative sur la croissance pondérale des agneaux au cours de la présente étude. Ainsi, le sexe a significativement ($p < 0,001$) influencé le poids vif moyen des agneaux tout au début de l'expérimentation. Son influence s'est traduite par des poids plus élevés chez les mâles que chez les femelles après une semaine d'essai. C'est ainsi que pour l'ensemble des agneaux, le poids vif moyen à une semaine d'essai a été de 2,46 kg pour les mâles et 2,27 kg pour les femelles.

Le mode de naissance ainsi que le poids à la naissance ont également eu une influence significative ($p < 0,05$) sur le développement pondéral des animaux. Tandis que l'influence significative ($p < 0,001$) du poids à la naissance se manifestait déjà depuis le début de l'expérimentation, celle du mode de naissance débutait un peu plus tard à la deuxième semaine, notamment chez les agneaux issus d'une naissance simple, et persistait jusqu'à la fin de l'expérimentation.

Tableau 1

Valeur nutritionnelle du lait de soja au cours de la période d'essai comparée au lait entier de brebis.

Nutriments	Lait de soja au cours de la période d'essai			Lait de brebis ¹
	1 ^{er} mois	2 ^{ème} mois	3 ^{ème} mois	
Matière sèche (%)	9,19±1,11	9,02±1,26	9,43±1,09	16,47
Matières Azotées Totales (%)	5,93±1,16	5,90±1,39	5,88±1,06	5,37
Matières Grasses (%)	2,38±0,77	2,16±0,32	2,70±0,62	6,02
Cendres brutes (%)	0,38±0,07	0,47±0,10	0,41±0,10	0,77
Glucide (%)	0,50±0,02	0,49±0,01	0,44±0,01	--
Energie brute (kcal/100 g)	48,02±6,13	45,86±6,47	50,48±6,66	108

¹ Source (2)

Tableau 2

Poids vifs des agneaux Djallonké complémentés avec du lait de soja au cours de la période d'allaitement.

Période d'essai (semaines)	Traitements								
	Lot 1 (témoins : 0 ml)			Lot 2 (50 ml)			Lot 3 (100 ml)		
	N	μ (kg)	SE	N	μ (kg)	SE	N	μ (kg)	SE
1	20	2,34 ^a	0,04	20	2,40 ^a	0,04	20	2,36 ^a	0,04
2	20	2,78 ^a	0,1	20	3,10 ^b	0,1	20	3,20 ^b	0,09
3	20	3,14 ^a	0,11	20	3,74 ^b	0,12	20	3,84 ^b	0,11
4	20	3,42 ^a	0,14	20	4,28 ^b	0,15	20	4,40 ^b	0,14
5	20	3,67 ^a	0,17	20	3,80 ^b	0,18	20	5,03 ^b	0,16
6	20	4,02 ^a	0,18	20	5,30 ^b	0,19	20	5,67 ^b	0,18
7	20	4,31 ^a	0,21	20	5,78 ^b	0,22	20	6,16 ^b	0,2
8	20	4,61 ^a	0,22	20	6,26 ^b	0,23	20	6,74 ^b	0,21
9	20	4,95 ^a	0,23	20	6,77 ^b	0,24	20	7,34 ^b	0,22
10	20	5,29 ^a	0,24	20	7,33 ^b	0,24	20	7,97 ^b	0,23
11	20	5,61 ^a	0,25	20	7,93 ^b	0,26	20	8,55 ^b	0,24
12	20	6,01 ^a	0,26	20	8,56 ^b	0,27	20	9,23 ^b	0,25

Les chiffres portant les mêmes lettres en exposant sur la même ligne ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

Tableau 3

Poids vifs des agneaux Djallonké complémentés avec du lait de soja au cours de la période d'allaitement selon le mode de naissance.

Période d'essai (semaines)	Traitements											
	Lot 1 (témoins : 0 ml)				Lot 2 (50 ml)				Lot 3 (100 ml)			
	Naissance simple		Naissance double		Naissance simple		Naissance double		Naissance simple		Naissance double	
	μ (kg)	SE	μ (kg)	SE	μ (kg)	SE	μ (kg)	SE	μ (kg)	SE	μ (kg)	SE
1	2,35 ^a	0,05	2,33 ^a	0,07	2,42 ^a	0,05	2,37 ^a	0,07	2,44 ^a	0,07	2,28 ^a	0,05
2	2,71 ^a	0,11	2,84 ^a	0,15	3,19 ^b	0,12	3,01 ^a	0,16	3,38 ^b	0,15	3,01 ^a	0,12
3	3,20 ^a	0,14	3,09 ^a	0,18	3,87 ^b	0,14	3,61 ^a	0,2	4,12 ^b	0,18	3,55 ^a	0,14
4	3,54 ^a	0,17	3,29 ^a	0,22	4,43 ^{bc}	0,17	4,13 ^{bc}	0,24	4,71 ^b	0,22	4,09 ^c	0,17
5	3,76 ^a	0,2	3,58 ^a	0,27	5,10 ^b	0,2	4,51 ^b	0,29	5,44 ^d	0,26	4,61 ^{bc}	0,21
6	4,06 ^a	0,22	3,97 ^a	0,29	5,74 ^b	0,22	4,86 ^c	0,31	6,28 ^d	0,29	5,06 ^c	0,23
7	4,34 ^a	0,25	4,28 ^a	0,33	6,20 ^b	0,25	5,35 ^b	0,36	6,76 ^c	0,33	5,56 ^b	0,26
8	4,66 ^a	0,26	4,57 ^a	0,35	6,70 ^b	0,27	5,83 ^b	0,38	7,40 ^c	0,34	6,08 ^b	0,27
9	5,01 ^a	0,27	4,90 ^a	0,36	7,12 ^b	0,28	6,43 ^b	0,39	8,02 ^c	0,36	6,67 ^b	0,28
10	5,40 ^a	0,29	5,18 ^a	0,39	7,64 ^b	0,29	7,01 ^b	0,41	8,65 ^c	0,38	7,28 ^b	0,3
11	5,77 ^a	0,3	5,45 ^a	0,4	8,28 ^b	0,31	7,57 ^b	0,43	9,27 ^c	0,39	7,84 ^b	0,31
12	6,16 ^a	0,31	5,86 ^a	0,42	8,85 ^b	0,32	8,26 ^b	0,45	9,94 ^c	0,41	8,52 ^b	0,32

Les chiffres portant les mêmes lettres en exposant sur la même ligne ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

Complémentation ou non du lait de soja

Les résultats obtenus et présentés dans le tableau 3 ont montré qu'à l'issue de la première semaine d'essai, la complémentation ou non du lait de soja n'a eu aucun effet significatif ($p > 0,05$) sur les poids vifs des agneaux quelque soit le mode de naissance. L'effet significatif de la complémentation du lait de soja s'est manifesté à partir de la deuxième semaine d'essai. A ce moment, les agneaux témoins nés simples, avec un poids vif moyen de 2,71 kg, ont accusé en moyenne un retard de croissance significatif ($p < 0,001$) de 0,48 et 0,67 kg respectivement vis-à-vis des agneaux nés simples des lots 2 et 3.

Ce retard de croissance n'était que de 0,17 kg entre les agneaux témoins gémeaux et ceux des deux autres lots issus du même mode de naissance au cours de la même période. Après quatre semaines d'essai, le retard pondéral accusé par les agneaux témoins nés simples était respectivement de 0,89 kg et 1,17 kg comparé aux agneaux nés simples des lots 2 et 3. Au sein des agneaux gémeaux, ce retard du lot témoin, quoique significatif était moins prononcé et s'élevait respectivement à 0,84 kg et 0,80 kg vis-à-vis des lots 2 et 3. A la fin de l'expérimentation à douze semaines d'essai, cette différence de poids vif s'élevait respectivement à 2,69 kg et 3,78 kg pour le mode de naissance simple et à 2,4 kg et 2,66 kg pour le mode de naissance double.

Gain moyen quotidien des agneaux

Les résultats des gains moyens quotidiens sont représentés dans le tableau 4. Globalement, la consommation du lait de soja a entraîné chez les agneaux des gains moyens quotidiens (GMQ) directement proportionnels au niveau de consommation du lait de soja.

Après 4 semaines d'essai les animaux ont affiché des GMQ de 59,76 g, 90,84 g et 95,25 g respectivement pour les lots 1, 2 et 3. Les agneaux du lot témoin ont eu une croissance moyenne journalière significativement inférieure ($p < 0,001$) à ceux des lots 2 et 3. Une complémentation de 100 ml du lait de soja chez les agneaux du lot 3 n'a pas induit un rythme de croissance significativement ($p > 0,05$) plus accéléré comparé à leurs congénères du lot 2 qui en ont reçu 50 ml. Au sevrage à 3 mois, le GMQ des agneaux était de 50 g, 83 g et 89 g respectivement pour les lots 1, 2 et 3. La différence de GMQ entre le lot témoin, n'ayant pas reçu du lait de soja, et les autres lots était toujours significative ($P < 0,05$).

Mortalité des agneaux

Aucun cas de mortalité n'a été enregistré, ni parmi les agneaux témoins, ni parmi ceux ayant bénéficié d'une complémentation alimentaire à base du lait de soja, tout au long de l'essai. Les dispositions sanitaires prises au début de l'expérimentation, à savoir un traitement prophylactique à base de l'Oxycline 20%, un traitement anti diarrhéique et une injection intramusculaire de complexe vitaminique ont certainement contribué à obtenir un tel résultat. Par ailleurs, la saison des pluies qui a coïncidé avec la période de l'essai a rendu le couvert végétal plus luxuriant ce qui a permis aux animaux, notamment les brebis de mieux s'alimenter et donc d'améliorer leur potentiel de production laitière au profit des agneaux.

Tableau 4

Gain moyen quotidien des agneaux Djallonké complémentés avec du lait de soja au cours de la période d'allaitement.

Période d'essai (mois)	Traitements								
	Lot 1 (témoins : 0 ml)			Lot 2 (50 ml)			Lot 3 (100 ml)		
	N	μ (g)	SE	N	μ (g)	SE	N	μ (g)	SE
1	20	59,76 ^a	4,99	20	90,84 ^b	5,29	20	95,25 ^b	4,9
2	20	42,50 ^a	4,75	20	71,21 ^b	5,03	20	83,86 ^b	4,66
3	20	50,05 ^a	3,95	20	82,83 ^b	4,18	20	89,40 ^b	3,88

Discussion

Le lait de soja comme complément alimentaire a été accepté par des agneaux Djallonkés en pré sevrage à partir de la deuxième semaine de vie. Le lait de soja comme complément alimentaire au début de la période d'allaitement ne permettait pas de faire la différence entre les poids vifs des agneaux Djallonkés qui en ont bénéficié et ceux qui en sont privés. À l'évidence, le lait naturel de brebis s'est révélé à ce stade de vie des animaux être un aliment parfaitement adapté à leurs besoins physiologiques. L'introduction d'un aliment artificiel, comme le lait de soja a été inefficace dans l'amélioration de la croissance pondérale des agneaux Djallonkés. Au fur et à mesure que les agneaux prenaient de l'âge, l'effet de la complémentation avec du lait de soja devenait perceptible sur leur croissance pondérale, notamment entre les agneaux du lot témoin (lot 1) d'un côté et ceux des lots 2 et 3, avec respectivement 50 ml et 100 ml, de l'autre. Les agneaux du lot témoin n'ayant pas reçus du lait de soja en complément alimentaire ont été significativement retardés dans leur croissance, comparés à leurs congénères des lots 2 et 3. Il ressort cependant de l'allure de la croissance pondérale, qu'à partir de la sixième semaine, l'écart pondéral entre les animaux des lots 2 et 3 devenait de plus en plus visible quoique non significatif ($p > 0,05$). La différence de 50 ml dans la consommation de lait de soja entre les lots 2 et 3 n'a vraisemblablement pas suffi pour induire une différence substantielle au niveau de leurs poids vifs moyens. Gbangboché *et al.* (5) cité par Youssao *et al.* (12) a obtenu de son côté un poids vif moyen des agneaux Djallonkés situé entre 6,61 et 7,13 kg à douze semaines d'âge à la Ferme de l'Okpara, localisée dans la Commune de Kika, à 15 km de la ville de Parakou, au Bénin. Des essais menés en station ont permis également à Filius *et al.* (4) de déterminer des poids vifs de 5,1 et 10,9 kg respectivement au 30^{ème} et 90^{ème} jour chez des agneaux Djallonkés. Ces résultats sont légèrement supérieurs à ceux obtenus au cours de la présente étude pour les agneaux du lot témoin.

Ceci s'explique très certainement par le fait que les animaux élevés en station ont bénéficié de meilleures conditions d'élevage que leurs congénères élevés en milieu réel.

Pour une même quantité de lait de soja consommé, les agneaux issus d'une naissance simple ont tendance à croître plus rapidement que ceux issus d'une naissance double. L'écart pondéral entre les agneaux des lots 2 et 3, quoique non significatif ($p > 0,05$), est plus marqué chez les simples que chez les gémellaires. Ceci laisse supposer que les agneaux nés simples ont tendance à mieux valoriser le lait de soja que leurs congénères nés doubles. Gbangboché *et al.* ont confirmé que l'insuffisance de l'alimentation lactée chez les ovins Djallonké pouvait retarder la croissance pondérale des agneaux issus d'une naissance double (5).

À l'issue de la huitième semaine d'essai, une légère baisse du GMQ a été enregistrée chez tous les lots d'animaux, indépendamment du niveau d'alimentation.

Les animaux, à cette étape de la vie, sont probablement sortis de la phase accélérée de leur croissance. Senou *et al.* ont observé en station une évolution analogue chez des agneaux Djallonkés en pré sevrage (9). La tendance entre les différents lots est restée néanmoins maintenue avec un écart un peu plus accentué entre les lots 2 et 3.

Conclusion

L'utilisation du lait de soja comme complément alimentaire pendant la période de pré sevrage s'est avéré une stratégie prometteuse pour améliorer les performances zootechniques des agneaux Djallonkés dans la commune de Parakou au Bénin. La consommation du lait de soja a permis aux agneaux Djallonkés de mieux exprimer leur potentiel de croissance. Une quantité de 50 ml de lait de soja en complément du lait naturel de brebis a suffi aux agneaux Djallonkés pour améliorer significativement leur performance de croissance. Au-delà de cette quantité, les agneaux Djallonkés n'ont pas réussi à améliorer substantiellement leur performance de croissance. L'absence de mortalité tout au long de l'essai n'a pas permis d'évaluer l'impact de la complémentation du lait de soja sur ce paramètre.

Références bibliographiques

1. AOAC 1990, *Official Methods of Analysis*. 15th Edn. (Association of Official Analytical Chemists, INC, Va. USA).
2. Amégé, Y., 1984, Etude de la production laitière de la brebis Djallonké en relation avec la croissance des agneaux, *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, **37**, 3, 311-335.
3. Armbruster T., Peters K.J. & Hadji-Thomas A., 1991b, Sheep production in the humid zone of West Africa: III. mortality and productivity of sheep in improved production systems in Côte - d'Ivoire, *J. Anim. Breed. Genet*, **108**, 220 - 226.
4. Filius P., Weniger J.H. & Teuscher T., 1985, Untersuchungen über die Nutzleistung des Djallonkeschafes; Ein Beitrag zur Kenntnis einer westafrikanischen Schafrasse, *J. Anim. Breeding Genetic*, DOI: 10.1111/j.1439-0388.tb00706.x. **Volume 102**, Issue 1-5, pages 371-384.
5. Gbangboché A.B., Abiola F.A., Laporte J.P., Salifou S. & Leroy P.L., 2002, Amélioration des ovins dans l'Ouémé et le Plateau en République du Bénin: enjeux de croisement des ovins Djallonké avec les moutons du Sahel, *Tropicultura*, **20**, 2, 70-75.
6. London J.C. & Weniger J.H., 1996b, Investigation into traditionally managed Djallonké-sheep production in humid and sub humid zones of Asante, Ghana. V. Productivity indices, *J. Anim. Breed. Genet.*, **113**, 483-492.
7. Osuagwuh A. I. A., Taiwo B. B. A., N'Gere L. O., 1980, Crossbreeding in tropical sheep: incidence of dystocia and parturition losses, *Trop. Anim Health Prod.*, **12**, 85-89.
8. Osuagwuh A.I.A., Akpokodje J.U., 1986, *An outbreak of abortion in West African Dwarf Goats due to malnutrition*.
9. Senou M., Dahouda M. C., Adandédjan C., Aboki V., Alimy S. & Tondji P. M., 2009, Pre- and post-weaning growth in Djallonké lambs; *Livestock Research for Rural Development*, **21**, 6, *Trop. Vet.* **4**, S. 67-70.
10. Strutz C. & Glombitza K.F. 1986, Les moutons Djallonké élevés par les villageois au Congo, peuvent-ils être sélectionnés pour l'augmentation du poids?, *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, **39**, 107-111.
11. Vallerand F. & Branckaert R. 1975, La race ovine Djallonké au Cameroun. Potentialités zootechniques, conditions d'élevage, avenir, *Revue. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, **28**, 523-545.
12. Youssao A.K.I., Farougou S., Koutinhouin B. G., Bagou G. BIO& KORA B. D. 2008, Aptitudes maternelles de la brebis Djallonké en élevage traditionnel dans la Commune de Banikoara au Bénin, *Revue Méd. Vét.*, **159**, 10, 538-544

Y. Toukourou, Béninois, PhD, Enseignant Chercheur, Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Département de Production Animale, Parakou, Bénin.

M. Abdoulayek, Béninois, Ingénieur agronome, Chercheur, Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Département de Production Animale, Parakou, Bénin.

Y.E. Attakpa, Béninois, PhD, Chef Scolarité, Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Département de Production Animale, Parakou, Bénin.

I.T. Alkoiret, Béninois, PhD, 2^{ème} vice recteur, Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Département de Production Animale, Parakou, Bénin.

Etude comparative de la digestibilité *in vivo* de l'herbe de guinée (*Panicum maximum* Jacq.) associée aux feuilles et tiges de patate douce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) ou à l'herbe de lait (*Euphorbia heterophylla* L.) chez le lapin (*Oryctolagus cuniculus* L.) et le cobaye (*Cavia porcellus* L.)

N.D.V. Kouakou^{1*}, M. Kouba² & E. Thys³

Keywords: Digestibility- *Panicum maximum*- *Euphorbia heterophylla*- *Ipomoea batatas*- Rabbit- guinea pig- Ivory Coast

Résumé

Une étude comparative de la digestibilité *in vivo* de l'herbe de guinée (*Panicum maximum* Jacq.) associée aux feuilles et tiges de patate douce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) (régime Panipo) ou à l'herbe de lait (*Euphorbia heterophylla* L.) (régime Paneuph), a été menée sur 16 lapereaux et 16 cobayes sevrés nourris à volonté. Paneuph a été mieux ingéré ($P < 0,05$) que Panipo chez les lapins contrairement aux cobayes chez lesquels aucune différence significative n'a été observée entre les deux régimes ($P > 0,05$). L'herbe de lait a été mieux ingérée que les feuilles et les tiges de patate douce ($P < 0,05$) chez les lapins et les cobayes (33% et 58%, respectivement). Paneuph induit une croissance supérieure (22 ± 10 g/j) chez les lapins ($P < 0,05$) comparativement à Panipo (12 ± 4 g/j), alors que chez les cobayes, aucune différence significative n'a été observée ($P > 0,05$). Les CUDa MS, MO et MAT de Paneuph dépassaient tous les 80% et étaient supérieurs à ceux de Panipo chez les lapins et les cobayes ($P < 0,05$). Suite aux résultats obtenus, les effets de la distribution de l'herbe de guinée associée à l'herbe de lait durant la croissance des lapins devraient être étudiés avant toute vulgarisation dans les zones où l'herbe de lait et l'herbe de guinée sont présentes et la cuniculture assez développée.

Summary

Digestibility of Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) associated with sweet potato leaves and stems (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) (Panipo diet) or poison milk (*Euphorbia heterophylla* L.) (Paneuph diet) in Rabbits (*Oryctolagus cuniculus* L.) and in Guinea Pigs (*Cavia porcellus* L.)

A comparative study of *in vivo* digestibility of Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) associated with sweet potato leaves and stems (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) (Panipo diet) or with poison milk (*Euphorbia heterophylla* L.) (Paneuph diet) was conducted involving 16 rabbits and 16 weaned guinea pigs fed ad libitum. Paneuph was significantly better ingested ($P < 0.05$) than Panipo by rabbits whereas no significant differences were observed between the two diets ($P > 0.05$) for guinea pigs. Poison milk was better ingested than the leaves and stems of sweet potato ($P < 0.05$) in rabbits and guinea pigs (33% and 58%, respectively). Paneuph induces a higher weight gain (22 ± 10 g/d) in rabbits ($P < 0.05$) compared to Panipo (12 ± 4 g/d), while in guinea pigs, no significant difference was observed ($P > 0.05$). The ADC of DM, OM and MAT of Paneuph exceeded 80% and were higher than those of Panipo in rabbits and guinea pigs ($P < 0.05$). Based on the results obtained, the effects of the distribution of the Guinea grass associated with the poison milk during rabbits growing have to be further studied before recommending this new diet to farmers in areas where poison milk and Guinea grass are present and rabbit breeding enough developed.

¹Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, Départ. de Formation et de Recherche Agriculture et Ressources animales, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

²Agrocampus Ouest, Départ. P3AN, Rennes, France;

³Institut de Médecine Tropicale, Départ. des Sciences Biomédicales, Anvers, Belgique.

*Auteur correspondant: Email: kwayki@yahoo.fr

Introduction

Présent dans la plupart des grands centres urbains et péri-urbains et dans les communautés rurales en Afrique, les élevages de lapins et de cobayes pourraient contribuer à la réduction de la faim et de la malnutrition protéique chez les populations. En effet, la qualité de leurs viandes, leurs productivités rapides et la facilité à les élever constituent des atouts majeurs pour leurs promotions. Le facteur limitant réside dans la satisfaction de leurs besoins alimentaires par la mise à disposition suffisante de fourrages et de sous-produits de récolte disponibles en toute saison. En Afrique, diverses études ont fait un inventaire des plantes consommées par les lapins (2, 10, 26), ou par les cobayes (6, 9, 22, 28, 29). De ces études, il ressort que les feuilles de patate douce (*Ipomoea batatas*) sont consommées par les deux espèces animales. L'ingestion de l'herbe de lait (*Euphorbia heterophylla*), une plante adventice riche en acides gras polyinsaturés oméga 3 (21), n'a été décrite jusqu'à présent, que chez le cobaye (6, 22).

Cultivée pour ses tubercules qui entrent essentiellement dans l'alimentation humaine, *Ipomoea batatas* est aussi un fourrage de qualité pour les ruminants en raison de la bonne valeur nutritive des feuilles et des tiges (4, 13, 21). Les feuilles peuvent également être incorporées dans la ration de monogastriques, tels que le porc, le cobaye ou le lapin (11, 24, 37). Cependant, la récolte non contrôlée des feuilles peut induire une baisse de la production de tubercules jusqu'à 32% (20, 25).

Compte tenu de cette concurrence alimentaire préjudiciable à l'homme et de la capacité qu'auraient les lapins à consommer le même type de fourrages verts que les cobayes (28), il s'avère intéressant de comparer la digestibilité d'*Ipomoea batatas* et d'*Euphorbia heterophylla* chez le lapin afin d'une part, de trouver une solution alternative à l'utilisation des feuilles et tiges de patates dans son alimentation en élevage en milieu tropical, et d'autre part, de déterminer, qui des cobayes et des lapins valorisent mieux ces compléments.

A notre connaissance, ceci n'a pas encore été fait. Notre étude porte sur la comparaison d'un régime

de *Panicum maximum* complémenté par *Ipomoea batatas* ou par *Euphorbia heterophylla* chez les lapins et chez les cobayes.

Matériel et méthodes

Seize cobayes sevrés (*Cavia porcellus*) âgés de trois semaines et seize lapereaux sevrés (*Oryctolagus cuniculus*) âgés de quatre semaines, tous nés sur la ferme expérimentale de l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny de Yamoussoukro (INP-HB), ont été répartis de façon aléatoire dans des loges individuelles grillagées sur pied de 15 dm² dans un bâtiment couvert.

Les poids moyens au début de l'expérience étaient de 184±48 g et de 497±134 g respectivement pour les cobayes et les lapins. Les animaux ont été divisés en deux lots de huit individus pour chaque espèce. Ces lots ont été soumis à un régime journalier constitué de 220 g de *Panicum maximum* associé à *Euphorbia heterophylla* (tiges et feuilles fraîches entières) (*Paneph*) ou de 220 g de *Panicum maximum* associé à *Ipomoea batatas* (tiges et de feuilles fraîches entières) (*Panipo*) distribué en deux repas à 8 h et à 15 h de telle sorte qu'il y ait au moins 15% de refus. En ce qui concerne *Euphorbia heterophylla* et *Ipomoea batatas*, 150 g et 300 g ont été distribués respectivement aux cobayes et aux lapins. Les fourrages *Panicum maximum* ORSTOM G23 au stade épiaison, *E. heterophylla* au stade floraison et *Ipomoea batatas* en phase de tubérisation, ont été récoltés chaque matin dans le périmètre de l'INP-HB puis distribués directement aux animaux. L'essai a duré 17 jours scindés en deux périodes: 1) une première période de 10 jours d'adaptation à la cage de digestibilité et à l'alimentation durant laquelle les aliments distribués et les refus d'aliments ont été collectés et pesés régulièrement avant chaque nouvelle distribution; 2) une seconde période de sept jours dite «de digestibilité», au cours de laquelle tous les fèces tombées sur les toiles moustiquaires des cages ont été pesées.

Ces fèces ont été quantifiés quotidiennement et séchés à l'étuve à 70 °C pendant 48 h pour déterminer la matière sèche de production (1). L'eau de boisson a été servie à volonté dans des abreuvoirs.

Son renouvellement ainsi que le nettoyage des cages et du bâtiment d'élevage ont été quotidiens. Tous les trois jours, les animaux ont reçu de la vitamine C sur base d'une orange introduite dans chacune des cages. Le premier, le dixième et le dix-septième jour de l'essai, les animaux ont été pesés avant la distribution de l'aliment du jour. Au cours de l'essai, des échantillons des aliments expérimentaux et des fèces ont été prélevés pour détermination de leur composition chimique (1) (matière sèche analytique, protéines brutes, fibres brutes et cendres brutes) telle que recommandé par l'Association Officielle des Chimistes Analytiques (A.O.A.C.) (3). A la fin de l'étude, les valeurs moyennes par traitement de l'ingestion volontaire journalière, du gain moyen quotidien et des coefficients d'utilisation digestive apparente des nutriments ont été déterminées. Les coefficients d'utilisation digestive apparente de la matière sèche, de la matière organique, de la matière azotée totale et des fibres (XX) ont été déterminés à partir de la formule I.

$$CUD_a(XX) = [(Ing(XX) - Fèces(XX)) / Ing(XX)] \times 100$$

I

avec: *Ing* (ingéré alimentaire) et *XX* (nutriment).

Les valeurs moyennes des paramètres étudiés ont été soumises à une analyse de variance à deux facteurs (espèce et régime) et l'interaction entre ces facteurs, hormis les valeurs moyennes d'ingestion des aliments expérimentaux soumises à une analyse de variance à un facteur (type d'aliment expérimental par espèce animale). La comparaison multiple des moyennes a été effectuée grâce au test de Student-Neumann-Keuls au seuil de signification de 5% à l'aide du logiciel STATISTICA 7.1 (36).

Résultats

La composition chimique des aliments expérimentaux et les estimations des énergies métabolisables sont présentées dans le tableau 1. Au cours de l'essai, les animaux n'ont présenté aucun trouble de santé, aucun cas de morbidité et de mortalité.

Durant la période «de digestibilité», l'analyse statistique a révélé l'existence d'un effet "espèce

animale" sur les valeurs moyennes d'ingestions ($P < 0,05$). Les lapins et les cobayes n'ont pas les mêmes niveaux d'ingestion ($P < 0,05$). Par ailleurs, l'existence d'une interaction significative entre les deux facteurs (espèce et régime), indique que les deux espèces animales n'ont pas les mêmes préférences alimentaires. En effet, le régime *Paneuph* a été mieux ingéré ($P < 0,05$) que le régime *Panipo* chez les lapins (10%); contrairement aux cobayes, chez lesquels aucune différence significative n'a été observée entre les deux régimes (Tableau 2). Exprimés en g de MS/j, les niveaux d'ingestion des aliments expérimentaux différaient les uns des autres pour chaque espèce animale ($P < 0,05$). Les lapins ont ingéré 2 à 3 fois plus de compléments verts que de *Panicum maximum* contrairement aux cobayes qui consommaient plus de *Panicum maximum*. Ainsi, les rapports d'ingestion de la matière sèche (g MS/j) de *Panicum maximum/Euphorbia heterophylla* étaient d'environ 1/3 chez les lapins et de 9/8 chez les cobayes, alors que ceux de *Panicum maximum/Ipomoea batatas* étaient de 1/2 chez les lapins et de 2/1 chez les cobayes respectivement. *Euphorbia heterophylla* a été mieux consommée par les lapins et les cobayes animaux que *Ipomoea batatas* ($P < 0,05$) avec respectivement de 33% et de 58% d'augmentation de l'ingestion (Tableau 3). L'analyse statistique de la croissance journalière révèle des effets "espèce animale" ($P < 0,01$) et "régime" ($P < 0,05$) et une interaction significative entre les deux facteurs (espèce et régime) ($P < 0,05$). En effet, les lapins ont une meilleure croissance journalière que les cobayes ($P < 0,05$) et le régime *Paneuph* semble induire une meilleure croissance chez les animaux ($P < 0,05$). Par ailleurs, le régime *Paneuph* induit une croissance journalière supérieure (22 ± 10 g/j) chez les lapins ($P < 0,05$) comparativement au régime *Panipo* (12 ± 4 g/j), alors que chez les cobayes, aucune différence significative n'a été observée entre les régimes ($P > 0,05$) (Tableau 2).

Les analyses statistiques des CUD_a de la MS et MO ont révélé un effet "régime" ($P < 0,01$) et une absence d'effet "espèce animale" ($P > 0,05$).

Tableau 1
Composition chimique (% MS) des aliments utilisés dans l'expérience.

Composition chimique (% MS)	Aliments expérimentaux		
	<i>Panicum maximum</i>	<i>Euphorbia heterophylla</i>	<i>Ipomoea batatas</i>
Matière sèche analytique	29,1 ± 5,0	20,1 ± 0,2	15,6 ± 0,1
Matière minérale	9,7 ± 0,1	9,5 ± 0,1	12,0 ± 0,2
Cellulose brute (méth. Weende)	41,6 ± 1,5	13,3 ± 0,3	14,6 ± 0,5
Matière azote totale (Nx6,25)	10,2 ± 1,0	27,1 ± 1,2	14,4 ± 0,3
Matière organique	90,3 ± 2,0	91,5 ± 0,1	88,0 ± 0,2
Energie métabolisable (kj.kg ⁻¹ MS)**	3613	8473	11169

*MS= matière sèche en % de la matière fraîche, **l'Energie Métabolisable (EM) a été calculée par la formule de Sibbald citée par Kenfack *et al.* (18) suivante: EM= 3951 + 54,4 MG - 88,7 CB - 40,8 MM où CB= cellulose brutes et MM= cendres brutes.

Tableau 2

Paramètres d'ingestion de la matière sèche et de croissance journalière des lapins (41 à 48 jours d'âge) et des cobayes (31 à 38 jours d'âge) selon le régime expérimental sur la période dite de "digestibilité".

Ingestion, croissance journalière et indice de consommation sur sec	Régimes expérimentaux				Effets espèces animales	Effets du régime	Interactions
	<i>Lapins</i>		<i>Cobayes</i>				
	<i>Paneuph</i>	<i>Panipo</i>	<i>Paneuph</i>	<i>Panipo</i>			
g MS/j	67±6	60±5	41±3	37±5	P=0,000	ns	P=0,032
g MS/j/kg PV ^{0,75}	84±7	83±10	120±15	110±7	P=0,000	ns	P=0,002
GMQ (g.j ⁻¹)	22±10	12±4	5±1	4±1	P=0,000	P=0,008	P=0,019
IC	3,8±2,1	5,5±2,4	9,1±1,9	8,7±1,6			

ns: non significatif (P>0,05).

MS= matière sèche, *Paneuph*= *Panicum maximum* + *Euphorbia heterophylla*; *Panipo*= *Panicum maximum* + *Ipomoea batatas*; PV= poids vif.

GMQ (g.j⁻¹)= (Pmf-Pmi)/Durée de la période; IC=ingestion journalière (g MS/j)/croissance journalière (g.j⁻¹).

Tableau 3

Paramètres d'ingestion de la matière sèche analytique des lapins (41 à 48 jours d'âge) et des cobayes (31 à 38 jours d'âge) selon les aliments expérimentaux sur la période dite de "digestibilité".

Espèces	Paramètres d'ingestion	Aliments expérimentaux			
		<i>Paneuph</i>		<i>Panipo</i>	
		<i>Pan</i>	<i>Euph</i>	<i>Pan</i>	<i>Ipo</i>
Lapin	g MS/j	15±3a	52±4b	21±4c	39±1d
	g MS/j/kg PV ^{0,75}	19±3a	65±5b	28±3c	55±9d
Cobaye	g MS/j	22±2a	19±2b	25±4c	12±2d
	g MS/j/kg PV ^{0,75}	64±11a	56±5b	73±6c	36±4d

^{a,b,c,d}Les moyennes de la même ligne portant une même lettre ne sont pas significativement différentes (P>0,05).

MS= matière sèche, *Pan*= *Panicum maximum*; *Euph*= *Euphorbia heterophylla*; *Ipo*= *Ipomoea batatas*; *Paneuph*= *Panicum maximum*+ *Euphorbia heterophylla*; *Panipo*= *Panicum maximum* + *Ipomoea batatas*; PV= poids vif.

Tableau 4

Coefficients d'utilisation digestive apparente (CUD_a) des régimes expérimentaux étudiés chez lapins (41 à 48 jours d'âge) et chez cobayes (31 à 38 jours d'âge).

CUD _a (%)	Régimes expérimentaux				Effets espèces animales	Effets du régime	Interactions
	Lapins		Cobayes				
	<i>Paneuph</i>	<i>Panipo</i>	<i>Paneuph</i>	<i>Panipo</i>			
MS	81,2±6,3	75,0±6,6	79,0±8,9	74,8±12,0	ns	P=0,002	ns
MO	82,3±5,9	74,9±6,6	80,3±8,4	75,3±11,8	ns	P=0,000	ns
MAT	86,2±4,9	68,0±8,5	79,1±8,9	68,3±15,1	ns	P=0,000	P=0,046
CB	65,7±12,3	63,5±9,4	66,0±14,9	75,5±12,2	P=0,004	ns	P=0,006

ns: non significatif (P>0,05)

CUD_a= Coefficient d'utilisation digestive apparente, MS= matière sèche, MM= matière minérale, MO= matière organique,

MAT= matières azotées totales, CB= cellulose brute. *Paneuph*= *Panicum maximum*.

En effet, les résultats de l'essai indiquent que les CUD_a de la MS et MO de *Paneuph* étaient significativement supérieurs à ceux de *Panipo* aussi bien chez les lapins que chez les cobayes (P<0,05) (Tableau 4). Par ailleurs, les coefficients d'utilisation digestive apparente de la MS et de la MO ne différaient pas entre les lapins et les cobayes soumis au même régime (P>0,05). Quant aux CUD_a de la MAT, les analyses statistiques ont indiqué un effet "régime" et interaction significative entre les deux facteurs (espèce et régime). En effet, les résultats de l'essai indiquent que les CUD_a de la MAT de *Paneuph* étaient significativement supérieurs à ceux de *Panipo* aussi bien chez les lapins que chez les cobayes (Tableau 4). Les CUD_a de la MAT de *Panipo* ne différaient pas d'une espèce à l'autre (P>0,05) contrairement au *Paneuph* qui était significativement mieux digéré par les lapins. Les analyses statistiques des CUD_a de la CB révèlent un effet "espèce animale" (P<0,01) et une interaction significative entre les deux facteurs (espèce et régime) (P<0,05). En effet, les cobayes avaient une meilleure digestion de la cellulose brute que les lapins (P<0,05). Par ailleurs, les CUD_a de la CB de *Paneuph* ne différaient pas d'une espèce à l'autre (P>0,05) contrairement au *Panipo* qui était significativement mieux digéré par les cobayes que les lapins (Tableau 4).

Discussion

La meilleure ingestion par les lapins des fourrages (*Euphorbia heterophylla* et *Ipomoea batatas*) contrairement aux cobayes, s'expliquerait par leur physiologie digestive. En effet, à la différence des cobayes, les lapins pratiquent une rétention sélective des fluides et des particules fines du *digesta* lors du transit dans le gros intestin grâce aux contractions musculaires des parois du côlon qui séparent les particules en fonction de leur taille (34). Les particules grossières (plus fibreuses) sont excrétées plus rapidement que les particules plus fines et en solution (33). Lorsqu'il a le choix, le lapin peut tirer un plus grand profit des aliments moins fibreux qu'il consomme davantage.

A l'inverse, le cobaye qui ne pratique pas une rétention sélective des *digesta*, digérerait mieux les fibres avec une efficacité apparentée à celle des chevaux et des poneys (35) et une capacité de fermentation supérieure à celle des lapins (34). La faible consommation des feuilles de patates (*Ipomoea batatas*) par les cobayes comparativement à celles de *Euphorbia heterophylla* confirme les travaux obtenus par Bindelle *et al.* (6) et est à mettre en rapport avec la faible teneur d'hémicellulose contenue dans les feuilles de patates: 18% de MS contre 35% de MS pour *Euphorbia heterophylla*. En effet, selon ces auteurs, l'ingestion volontaire journalière chez le cobaye est corrélée positivement avec le taux d'hémicellulose contenue dans l'aliment (r=0,706; P=0,003).

Les lapins et les cobayes consomment également mieux *Panicum maximum* (taux d'hémicellulose de 44% de MS) lorsqu'il est associé aux feuilles de patates. La présence de facteur antinutritionnel notamment l'activité anti-trypsique de ce fourrage pourrait limiter son ingestion par rapport à *Euphorbia heterophylla* et conduire à une consommation plus importante de *Panicum maximum* par les lapins et les cobayes (12, 14). La meilleure digestibilité de la MS, de la MO et de la MAT du régime *Paneuph* chez les lapins et chez les cobayes s'expliquerait par trois raisons principales: 1°) le faible ratio "*Panicum maximum/Euphorbia heterophylla*" qui répond à la physiologie et au métabolisme digestif des lapins (33) et permet une meilleure digestibilité de la cellulose brute chez les cobayes (23); 2°) la propriété fermentescible de cette plante et le dégagement de gaz qui s'en suit qui contribue significativement à la fourniture d'énergie aux lapins et aux cobayes via la production d'acides gras volatils (AGV) (30 à 50% des besoins énergétiques d'entretien) (7, 15, 32), et 3°) l'absence de facteur antinutritionnel dans ce fourrage et la bonne digestibilité de ses protéines chez les lapins et les cobayes contrairement aux feuilles de patates douces qui contiennent des facteurs antinutritionnels ayant une activité anti-trypsique (0,3 à 22,1 mg/g) pouvant diminuer la digestibilité de l'azote (12, 14, 31) et entraîner un retard de croissance chez les animaux (27), malgré une ingestion croissante de la ration (16).

Les résultats obtenus avec les lapins soumis à *Paneuph* (GMQ de 21,7 g/j et IC 3,8) étaient inférieurs à ceux de Kimsé *et al.* (19) qui indiquent un GMQ de 26,3 g/j et un IC de 1,7 observés sur des lapins issus de croisements incontrôlés de différentes souches d'animaux recevant *ad libitum* une ration composée de fourrage *Centrosema pubescens* en complément au granulé de concentré pour lapin.

Des niveaux d'ingestion des aliments complémentaires, de la digestibilité des nutriments et de la croissance des lapins, il ressort que *Euphorbia heterophylla* peut leur être distribuée au même titre que les feuilles de patates.

Ce résultat est fort encourageant car il présente de nombreux avantages. En effet, *Ipomoea batatas* est une plante cultivée principalement pour ces tubercules et dont le prélèvement des feuilles au cours du cycle de production pour l'alimentation humaine ou animale peut réduire fortement la production (20). Au contraire, *Euphorbia heterophylla* est une plante adventice envahissante des plantations vivrières et cotonnières dont la récolte ne fait que contribuer à la productivité des cultures attaquées (17).

Par ailleurs, elle n'est pas consommée par l'homme chez qui elle causerait des vomissements, des nausées et la diarrhée (5).

Au final, de cet essai, il ressort que la croissance du lapin est supérieure (même en proportion) à celle du cobaye nourris avec les mêmes aliments; et il en est de même (voire plus) en ce qui concerne l'efficacité alimentaire. Pourtant, les valeurs de digestibilités sont similaires (ou un peu inférieures pour les fibres dans le cas du lapin). Ceci indique donc que pour comparer l'efficacité digestive de ces 2 animaux nourris avec des fourrages distribués à volonté, les mesures de digestibilité pourraient paraître peu pertinentes.

Conclusion

Cet essai montre que l'utilisation de *Euphorbia heterophylla* dans l'alimentation des lapins est tout à fait possible et induit une digestibilité de la matière organique comparable à celle des feuilles de patates lorsqu'elle est associée à *Panicum maximum*. Compte tenu des contraintes liées à l'utilisation des feuilles de patates dans l'alimentation des lapins, la valorisation de *Euphorbia heterophylla* dans l'alimentation des lapins pourrait être envisagée dans les zones où elle est présente et la cuniculture assez développée. A cet effet, d'autres travaux devront être entrepris sur l'impact de *Euphorbia heterophylla* sur les paramètres zootechniques des lapins.

Remerciements

Les coauteurs remercient toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de cette étude, en particulier messieurs Kangah Kplé et Koné Adama.

Références bibliographiques

1. Aboh A.B., Olaafa M., Dossou-Gbété G.S.O., Dossa A.D. & Djagoun N., 2002, Ingestion volontaire et digestibilité apparente d'une ration à base de la farine de graines de *Mucuna pruriens* var. utilis complétée de fourrages chez les lapins, *Tropicultura*, **20**, 4, 165-169.
2. Adehan R., Kpodekon M., Houenon J.E., Ossenti T.B. & Lebas F., 1994, Étude comparée de l'appétibilité de vingt-trois plantes fourragères chez le lapin, premiers résultats, *CIHEAM-Options Méditerranéennes*, **8**, 125- 129.
3. AOAC, 2006, *Official Methods of Analysis* (18th ed.). Arlington, USA: Association of Official Analytical Chemists.
4. Aregheore E.M., 2004, Nutritive value of sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam) forage as goat feed: voluntary intake, growth and digestibility of mixed rations of sweet potato and batiki grass (*Ischaemum aristatum* var. *indicum*), *Small Ruminant Res.*, **51**, 3, 235-241.
5. Berry M.I., 1984, Fever, few faces the future, *Pharm. J.*, **232**, 611-613.
6. Bindelle J., Ilunga Y., Delacollette M., Muland Kayij M., Umba di M'Balu J., Kindele E. & Buldgen A., 2007, Voluntary intake, chemical composition and in vitro digestibility of fresh forages fed to Guinea pigs in periurban rearing systems of Kinshasa (Democratic Republic of Congo), *Trop. Anim. Health Prod.*, **39**, 419-426.
7. Bindelle J., Kinsama A., Picron P., Umba di M'Balu J., Kindele E. & Buldgen A., 2009, Nutritive value of unconventional fibrous ingredients fed to guinea pigs in the Democratic Republic of Congo. *Trop. Anim. Health Prod.*, **41**, 1731-1740.
8. Bonnet O., 2006, *Élaboration d'un protocole de visite d'élevage des rongeurs et lagomorphes de compagnie*. École nationale vétérinaire de Lyon. 190.
9. Cicogna M., 2000, *Guide technique d'élevage n°4 sur les cobayes*. Série d'information et de documentation (B E D I M), pp 1-8.
10. Djago A.Y., Kpodekon M & Lebas F., 2007, *Le Guide pratique de l'éleveur de lapins en Afrique de l'Ouest*. 2^{ème} édition révisée, 74 pages. Editeur: Association "Cuniculture" 31450 Corronsac - France
11. Doan T.G., Khuc T.H., Dinh V.B. & Nguyen T.M., 2006, *Effet de l'herbe de Guinée sur la prise alimentaire, la digestibilité et les performances de croissance des lapins nourris avec un bloc de mélasse ou l'épinard d'eau* (*Ipomoea aquatica*) ou la patate douce (*Ipomoea batatas* L). Atelier sur le fourrage pour les porcs et les lapins, 21-24 août 2006, MEKARN-CelAgrid
12. Dominguez P.L., 1992, *Feeding of sweet potato to monogastrics*. *Food and Agriculture Organization of the United Nation*. FAO, *Anim. Prod. Health*, 85, 217-233.
13. Etela I., Larbi A., Ikhatua U.J. & Bamikolé M.A., 2009, Supplementing guinea grass with fresh sweet potato foliage for milk production by bunaji and N'Dama cows in early lactation, *Livestock Sci.*, **120**, 1-2, 87-95.
14. Giang H.H., Ly L.V. & Ogle B., 2004, Digestibility of dried and ensiled sweet potato roots and vines and their effect on the performance and economic efficiency of F1 crossbred fattening pigs, *Livestock Res. Rural Dev.*, **16**, 7.
15. Gidenne T., Carabaño R., Badiola I., Garcia J. & Licois D., 2007, *L'écosystème caecal chez le lapin domestique: Impact de la nutrition et de quelques facteurs alimentaires Conséquences sur la santé digestive du lapereau*. 12^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, Le Mans, France.
16. Gonzalez C., Diaz I., Leon M., Ly J., Vecchionacce H. & Bianco A., 2003, Performance and carcass traits in pigs fed sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) root meal, *Cuban J. Agric. Sci.*, **37**, 415- 419.
17. Ipou I.J., Marmotte P., Kadio G.A., Aké S. & Touré Y., 2004, Influence de quelques facteurs environnementaux sur la germination d'*Euphorbia heterophylla* L. (Euphorbiaceae), *Tropicultura*, **22**, 4 176-179.
18. Kenfack A., Tchoumboué J., Kamtchouing P. & Ngoula F., 2006, Effets de la substitution par l'arachide fourragère (*Arachis glabrata*) de l'herbe à éléphant (*Pennisetum purpurum*) sur le nombre d'ovulations et les mortalités prénatales chez le cobaye (*Cavia porcellus* L.) adulte, *Tropicultura*, **24**, 3, 143-146.
19. Kimsé M., Soro D., Bléyéyé M.N., Yapi J.N. & Fantodji A., 2013. Apport d'un fourrage vert tropical, *Centrosema pubescens*, en complément au granulé: effet sur les performances de croissance et sanitaire du lapin (*Oryctolagus cuniculus*), *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **7**, 3, 1234-1242.

20. Kiozya H.C., Mtunda K., Kapinga R., Chirimi B. & Rwiza E., 2001, Effect of Leaf Harvesing Frequency on growth and Yield of Sweet potato in the Lake Zone of Tanzania, *Afr. Crop Sci. J.*, **9**, 1, 97-101.
21. Kouakou N.D.V., 2012, *Elevage des cobayes en Côte d'Ivoire: effets de Euphorbia heterophylla sur la productivité et la qualité de la viande cobaye (Cavia porcellus L.)*. AGROCAMPUS OUEST Rennes - France. Thèse de Doctorat de Biologie & Agronomie, pp 1 - 167.
22. Kouakou N.D.V., Grongnet J.F., Assidjo E.N., Thys E., Marnet P.-G., Catheline D., Legrand P. & Kouba M., 2013, Effect of a supplementation of *Euphorbia heterophylla* on nutritional meat quality of Guinea pig (*Cavia porcellus* L.), *Meat Sci.*, **93**, 4, 821-826.
23. Kouakou N.D.V., Thys E., Assidjo E.N. & Grongnet J.F., 2010, Ingestion et digestibilité *in vivo* du *Panicum maximum* associé à trois compléments: Tourteau de *Jatropha curcas*, tourteau de coton (*Gossypium hirsutum*) et *Euphorbia heterophylla* chez le cobaye (*Cavia porcellus* L.), *Tropicultura*, **28**, 3, 173-177.
24. Le Van A., Frankow-Lindberg B.E. & Lindberg J.E., 2003, Effect of harvesting interval and defoliation on yield and chemical composition of leaves, stems and tubers of sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam) plant parts, *Field Crops Res.*, **82**, 1, 49-58.
25. Le Van A., Hong T.T.T., Ogle B. & Linberg J.E., 2005, Utilization of Ensiled Sweet Potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) Leaves as a Protein Supplement in Diets for Growing Pigs, *Trop. Anim. Health Prod.* **37**, 1, 77-88.
26. Lebas F., 2007, *Plantes tropicales utilisables comme fourrage pour les lapins*. Cuniculture.info. <http://www.cuniculture.info/Docs/Elevage/Elevage-fichiers-pdf/Elevage-Tropic-pdf/liste-fourrages-tropicaux.pdf>. Consulté le 04/01/2014
27. Ly J., 2009, Sweet potatoes (*Ipomoea batatas* L) for feeding pigs. Characteristics of the chemical composition and antinutritional factors, *Revista Computadorizada de Produccion Porcina*, **16**, 159-171.
28. N'Goupayou N.J.D., Fotso J.M. & Kouonmenioc J., 1994, Le cobaye (*Cavia porcellus* L) comme animal de boucherie au Cameroun, *Tropicultura*, **12**, 157-161.
29. Noubissi M.N.B., Tendonkeng F., Zougou T.G. & Pamo T.E., 2014, Effet de différents niveaux de supplémentation de feuilles de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray sur l'ingestion et la digestibilité *in vivo* de *Pennisetum purpureum* K. Schum. chez le cobaye (*Cavia porcellus* L), *Tropicultura*, **32**, 3, 138-146.
30. Olorunnisomo O.A., 2007, Yield and quality of sweet potato forage pruned at different intervals for West African dwarf sheep, *Livestock Res. Rural Dev.*, **19**, 3, 36.
31. Regnier C., 2011, *Valorisation des ressources alimentaires tropicales: (feuilles et tubercules) chez le porc*. Université des Antilles et de la Guyane. Thèse de doctorat en Sciences de la vie, pp 1- 49.
32. Rémésy C., Demigné C. & Morand C., 1995, *Metabolism of short-chain fatty acids in the liver*. In: *Physiological and clinical aspects of short-chain fatty acids*. Cummings JH, Rombeau JL, Sakata T, editors. (Cambridge University Press, Cambridge), pp 171-190.
33. Sakaguchi E., Itoh I., Kohno T., Ohshima S. & Mizutani K., 1997, Fiber digestion and weight gain in guinea pigs fed diets containing different fiber sources, *Exp. Anim.*, **46**, 4, 297-302.
34. Sakaguchi E., 2003. Digestive strategies of small hindgut fermenters, *Anim. Sci. J.*, **74**, 5, 327-337.
35. Slade L.M. & Hintz H.F., 1969, Comparison of digestion in horses, ponies, rabbits and guinea pigs, *J. Anim. Sci.*, **28**, 642-643.
36. Statistica, 2005, *STATISTICA version 7.1*. for windows. StatSoft, Inc, Tulsa, Oklahoma, USA.
37. Wude T. & Berhan T., 2009, The effect of increasing levels of dried leaves of sweet potato (*Ipomoea batatas*) on dry matter intake and body weight gain performance of broiler finisher chickens, *Livestock Res. Rural Dev.*, **21**, 12.

N.D.V. Kouakou, Ivoirien, Ph.D, Enseignant-Chercheur, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, Département de Formation et de Recherche Agriculture et Ressources animales, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire.

M.Kouba, Français, Ph.D, Enseignant-Chercheur, Agrocampus Ouest, Département P3AN, Rennes, France.

E. Thys, Belge, PhD, Enseignant-Chercheur, Institut de Médecine Tropicale, Département des Sciences Biomédicales, Anvers, Belgique.

Impacts des activités d'extraction de gravier au Sud du Bénin et leurs perceptions des populations locales

A.L. Aïtondji^{1*}, M.Toyi¹, J. Bogaert² & B. Sinsin¹

Keywords: Gravel extraction- Perception- Local communities- Benin

Résumé

L'extraction de gravier au Sud-ouest du Bénin est une activité essentiellement artisanale qui s'opère sans l'autorisation des structures étatiques compétentes. Les sites d'extraction sont, pour la plupart, loués à des propriétaires terriens et cohabitent avec d'autres types d'occupation du sol dont les agglomérations. Cette étude qui s'est fixée comme objectif d'évaluer les perceptions des populations locales sur ces activités d'extraction a permis de faire le point sur les services et les dommages engendrés par lesdites activités au niveau local. L'analyse des perceptions de ces populations à travers une régression logistique ordinaire a révélé que l'ethnie, la profession, le niveau d'éducation, le statut matrimonial et l'âge des répondants influencent leurs perceptions sur le tracé de pistes rurales, la pollution de l'air par la poussière, la rareté des terres agricoles et la déscolarisation des élèves. Au regard des résultats de cette étude, il s'avère indispensable que les autorités locales prennent des mesures pour l'atténuation des effets à travers l'arrosage des pistes rurales et le réaménagement des sites abandonnés afin de les rendre disponibles pour l'agriculture.

Summary

Impacts of Gravel Extraction Activities in Southern Benin: Residents' perception

Gravel extraction activities in Southern Benin are carried out without formal license from the state authorities. The majority of sites are rented from landowners and located near other forms of land use including human settlements. This study aims at assessing the perception by the residents of these gravel extraction operations. The results show the social services and damages of this industry. An ordinal logit regression revealed significant influences of the respondents' ethnic group, occupation, education level, marital status and age on the perception of road infrastructure, dust pollution, loss of agricultural land and school drop-out. Therefore, it is important that the local authorities undertake mitigation actions in particular in order to prevent road dust occurrence and to restore abandoned sites so that these sites are again available for agriculture.

Introduction

Les sociétés et les économies contemporaines ne sauraient se passer des produits minéraux (29). En effet, les ressources minérales sont des matières premières de base pour la construction, la manufacture, l'énergie et l'agriculture (9). Mais l'exploitation de ces ressources entraîne des dommages significatifs à l'environnement et aux populations locales (5, 17).

La cohabitation des gisements minéraux avec d'autres formes d'occupation du sol dont les habitats humains (10, 26) entraîne en effet des problèmes sociaux au niveau des communautés locales (31). La pollution de l'air par la poussière soulevée aux passages des véhicules lourds qui transportent les matériaux constitue une gêne particulière pour les populations surtout ceux qui passent la journée à la maison (25).

¹Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire d'Ecologie Appliquée, Cotonou, Benin.

²Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité Biodiversité et Paysage, Passage des Déportés, Gembloux, Belgique.

*Auteur correspondant: elyaciafr@yahoo.fr; leaitondji@gmail.com

Reçu le 20.04.15 et accepté pour la publication le 30.10.15

Les activités d'extraction perturbent également les activités agricoles lorsque l'exploitation se fait sur des terres agricoles fertiles (39). Ces terres sont dans ce cas sacrifiées pour l'extraction minière artisanale qui générerait plus rapidement de l'argent (28).

L'exploitation du gravier au Sud du Bénin n'échappe pas à ces constatations. En effet, cette exploitation s'exerce souvent sans autorisation par des entreprises essentiellement familiales (19). Les sites d'extraction s'insèrent dans une mosaïque de savanes, de champs et jachères, de plantations, d'agglomérations et de plans d'eau (4).

Elle fonctionne sans droits de concession et avec très peu de considérations pour les impacts potentiels sur l'environnement. Dans un tel contexte, les populations autochtones ainsi que les petits exploitants risquent de mettre en danger leur existence et leur capacité à tirer profits de la terre (40). Or, le secteur des mines devrait avoir également pour objectif de maximiser sa contribution au bien-être des générations actuelles sans compromettre des générations futures (29). Les débats scientifiques sont d'ailleurs de plus en plus axés sur l'impact des activités d'exploitation des ressources sur les populations locales (6). Plusieurs études ont abordé cette problématique sur les petites mines artisanales mais elles ont surtout mis en exergue les emplois que ces activités génèrent dans les populations locales, notamment au niveau des femmes. En effet, les petites mines et carrières artisanales utilisent une importante main-d'œuvre et fournissent un emploi direct à des millions de personnes dans les zones rurales de l'Afrique subsaharienne (15, 17, 29). Comparé à l'exploitation minière à grande échelle, le secteur minier artisanal emploie plus de femmes (40% à 50% pour l'Afrique) (14, 16) et dix fois plus de main-d'œuvre (11). Petra et Kamini (33) ont signalé qu'environ 80 à 100 millions de personnes dépendent directement ou indirectement de ces activités. Au Ghana par exemple, un million de personnes seraient directement employées dans le secteur (7).

Très peu de travaux se sont intéressés particulièrement aux populations locales pourtant affectées par les activités d'extraction des ressources minérales car vivant près des sites d'extraction. Les perceptions de ces populations locales sont en effet très importantes dans l'analyse des impacts socio-économiques des activités d'extraction de minéraux (32).

Au Bénin, il n'y a quasiment pas d'études sur les populations locales des zones de carrières. C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude qui vise à évaluer les perceptions des populations locales sur les impacts négatifs et les rôles socio-économiques des activités de carrières de gravier. Un certain nombre de services sont considérés dans l'évaluation des impacts sur les communautés dont notamment les infrastructures sociales (écoles, loisirs, centre de santé, routes) (34). Le présent travail cherche non seulement à évaluer les perceptions des populations locales sur ces services communautaires, mais également sur des nuisances pouvant les affecter directement, du fait des activités d'extraction. Il s'agit d'une combinaison d'approches qualitative et quantitative, basée sur des interviews. Deux hypothèses ont été émises: 1) les activités d'extraction de gravier entraînent des conséquences nuisibles à la vie des populations locales, à travers la pollution de l'air par la poussière, la dégradation des voies par les passages des camions, la rareté des terres agricoles et la déscolarisation des élèves; 2) toutefois, des retombées positives de ces activités sont visibles dans le milieu à travers des indemnités communautaires telles que les écoles, les centres de santé et les pistes rurales.

Approche méthodologique

Milieu d'étude

La présente étude a été réalisée au Sud-ouest du Bénin, dans les Départements du Mono (communes de Houéyogbé, Lokossa) et du Couffo (Commune de Dogbo). Elles se situent entre 6°20' et 6°55' de latitude Nord et entre 1°30' et 1°60' de longitude Est (Figure 1).

Le climat est de type subéquatorial à 4 saisons avec des hauteurs moyennes annuelles de précipitations variant entre 850 mm et 1160 mm (27). Sur les plans géologique et pédologique, les trois communes sont traversées par la pénélaine cristalline constituée de roches sédimentaires et métamorphiques, par des terres de barre et des formations alluviales. La zone des terres de barre présente des sols ferrallitiques, argilo-sableux fortement dégradés. Les sols sont de type alluviaux et colluviaux dans les vallées des fleuves et lacs. Ils sont très riches en matière organique, mais inondés de façon saisonnière par les crues du fleuve Mono. On y rencontre également des sols de type sableux, peu fertiles et aptes à la culture des cocotiers (1, 2, 3, 27). Dans le milieu, la végétation naturelle, presque entièrement disparue, a cédé place à des savanes arbustives, des prairies marécageuses, des palmeraies et des mosaïques de cultures et de jachères. La formation dominante est un fourré arbustif. On y observe également quelques forêts sacrées (1, 2, 3, 27).

Sur le plan démographique, le Quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitation réalisé en 2013 a permis de dénombrer 307.177 habitants dans les communes de Dogbo, Houéyogbé et Lokossa (18). Les groupes ethniques qui dominent ces communes sont les Adja à Dogbo et Houéyogbé et les Kotafon à Lokossa (1, 2, 3).

Méthodes d'enquêtes

Cette étude s'est basée sur des approches qualitative et quantitative pour analyser les perceptions des populations locales des carrières de gravier au Sud-ouest du Bénin. Les données ont été en effet collectées sur la base d'enquêtes auprès de 78 personnes vivant près des sites d'extraction dont 48 hommes et 30 femmes.

Les enquêtés ont été choisis au hasard dans les communautés vivant dans un rayon d'un kilomètre des sites d'extraction de gravier de Adjacomè-Yénawa (Lokossa), Adidévo (Dogbo) et Oumako-Drè (Houéyogbé). Une enquête exploratoire auprès de vingt personnes prises au hasard dans les populations locales a permis d'identifier les problèmes (la pollution par la poussière, la dégradation des voies par les passages des

camions, la rareté des terres agricoles et la déscolarisation des élèves) et services (la construction d'écoles ou de modules de classe, la construction de centres de santé et le tracé de pistes rurales) potentiels liés à l'extraction du gravier dans le milieu. L'effectif 20 se justifie par l'absence de nouvelles informations à partir du douzième enquêté. Par ailleurs, les infrastructures sociales telles que les écoles, les centres de santé, les loisirs et la construction des routes ont été signalés par Phillips (34) comme services entrant dans l'évaluation des impacts sur les communautés. Le questionnaire a été ensuite élaboré suivant la méthodologie d'enquête développée par Lickert (23). Elle consiste à énoncer des affirmations sur les problèmes et services engendrés par les activités d'extraction de gravier dans le milieu de vie des enquêtés. Chaque énoncé (Tableau 1) est accompagné de cinq choix de réponses allant de 1 (parfaitement en désaccord) à 5 (parfaitement en accord) (23). Les répondants doivent sélectionner l'option de réponse traduisant le mieux leur degré d'accord ou de désaccord avec l'énoncé.

Un second questionnaire a été exécuté auprès de 48 exploitants pour connaître les types de contrat pour l'obtention des sites d'extraction et le nombre d'employés par sexe pour chaque site.

Aussi, des interviews ont-ils été conduits auprès des autorités communales sur les taxes et redevances minières et leur gestion.

Analyses

Les fréquences relatives des différentes modalités des perceptions ont été calculées. Ensuite, quatre régressions logistiques ordinales ont été exécutées pour tester l'effet de la profession, de l'ethnie, du statut matrimonial, de l'âge et de l'éducation sur les perceptions des populations locales. Ces perceptions ont été centrées sur les impacts positifs et négatifs des activités d'extraction de gravier, signalés au cours de l'enquête exploratoire. Il s'agit d'une part, de la construction d'écoles ou de modules de classe, la construction de centres de santé, le tracé de pistes rurales et d'autre part, de la pollution par la poussière, la dégradation des voies par les passages de camions, la rareté des terres agricoles et la déscolarisation des élèves.

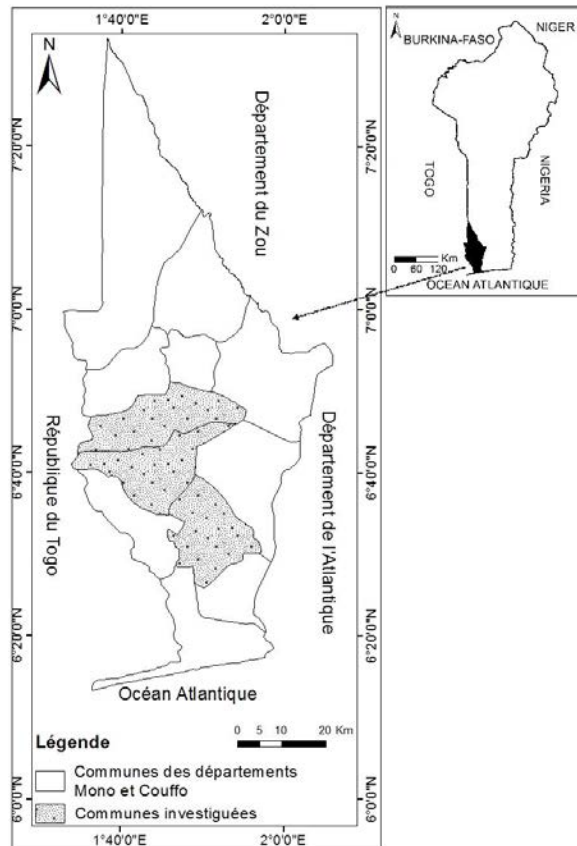


Figure 1: Carte du milieu d'étude au Sud-ouest du Bénin, les départements du Mono et Couffo.

Tableau 1
Enoncés d'enquêtes.

Numéro	Enoncés	Choix de réponse par énoncé : 1 à 5
1	L'exploitation de la carrière a favorisé la construction d'écoles	1= parfaitement en désaccord
2	L'exploitation de la carrière a favorisé la construction de centres de santé	2= légèrement en désaccord
3	L'exploitation de la carrière a favorisé le tracé de pistes rurales	3= indécis
4	L'exploitation de la carrière génère de la poussière	4= légèrement en accord
5	L'exploitation de la carrière entraîne la dégradation des pistes rurales par les camions	5= parfaitement en accord
6	L'exploitation de la carrière contribue à la rareté des terres agricoles	
7	L'exploitation de la carrière contribue à la déscolarisation des enfants	

Il s'agit des affirmations sur les retombées positives (services communautaires) et négatives (désagréments) issues des activités d'extraction de gravier dans le milieu d'étude. Chaque enquêté a évalué ces énoncés en attribuant des degrés d'accord ou de désaccord. Face à chacune des affirmations, chaque enquêté a attribué son degré d'accord ou de désaccord allant de 1 (fortement en désaccord) à 5 (fortement en accord).

La nature ordinale des modalités de ces variables dépendantes (Tableau 2) explique le choix de la régression multiple. En effet, la régression logistique ordinale ne calcule pas la probabilité d'un événement individuel; elle prend en compte la probabilité de tous les événements qui le précèdent (30). Le modèle logistique se présente dans la formule I:

$$\text{Logit}_k = \ln\left[\frac{P(Y \leq k/X)}{P(Y > k/X)}\right] = \ln\left[\frac{P(Y \leq k/X)}{1 - P(Y \leq k/X)}\right] \quad \text{I}$$

avec (Formule II):

$$P(Y \leq k/X) = \frac{e^{a_0 + k + a_1 X_1 + \dots + a_j X_j}}{1 + e^{a_0 + k + a_1 X_1 + \dots + a_j X_j}} \quad \text{II}$$

k= les niveaux de score (1 à 5); X= variables indépendantes ou explicatives ; a_0 = la constante de régression et a_1 à a_j qui représentent les coefficients de régression.

$$\frac{\text{probabilité}(\text{scores} \leq j)}{[1 - \text{probabilité}(\text{scores} \leq j)]}$$

La fonction "polr" du package MASS (35) a été utilisée dans le logiciel R 2.15.3 (37) pour exécuter les régressions. La description des variables des régressions se trouve dans le tableau 2. Des statistiques descriptives ont été ensuite calculées dans le tableur Excel avec les données d'enquêtes auprès des exploitants.

Résultats et discussion

Caractéristiques des carrières de gravier

Les sites d'extraction de gravier au sud-ouest du Bénin sont majoritairement loués aux propriétaires terriens et abandonnés sans aménagement à la fin des travaux. Sur 92 sites dont 48 en cours d'exploitation et 44 abandonnés, 74 sites sont loués; soit 80,4% des sites. Les sites abandonnés en fin d'exploitation sont couverts d'une végétation spontanée dont le recouvrement est fortement influencé par la profondeur d'extraction pouvant atteindre 8,29 m (4). Le paysage de ces carrières est par conséquent marqué par une succession de fronts de taille remarquables et généralement nus (Photo 1). Cette succession de fronts de taille a été déjà signalé (20) sur des carrières calcaires au Liban.

Toutefois, les fronts de taille de ces carrières calcaires se trouvent aux limites des zones d'exploitation contrairement aux fronts de taille des carrières de gravier au sud-ouest du Bénin qui s'insèrent dans une mosaïque paysagère de sites en exploitation, de champs et jachères, de plantations, d'habitations et de plans d'eau.

En effet, les gisements de ressources minérales ne peuvent qu'être extraits sur place et cohabitent généralement avec d'autres formes d'occupation du sol (26).

Perception des populations sur les impacts socio-économiques des activités d'extraction de gravier

Dans cette étude, il a été retenu comme services, la construction d'écoles ou de modules de classe, la construction de centres de santé et le tracé de pistes rurales. Ces services communautaires ont été recensés auprès des communautés locales lors d'une enquête exploratoire. Les impacts négatifs signalés par les populations locales sont la pollution par la poussière, la dégradation des voies par les passages des camions, la rareté des terres agricoles et la déscolarisation des élèves.

Les figures 2 et 3 présentent les perceptions des populations locales sur ces impacts socio-économiques des activités d'extraction de gravier. De l'analyse de la figure 2, il ressort que plus de 90% des répondants pensent que les activités d'extraction de gravier n'ont pas contribué à la construction d'écoles et de centres de santé dans leur milieu de vie (Figures 2a et b). De même, moins de 15% seulement affirment que cette activité contribue au tracé de pistes rurales dans le milieu (Figure 2c). Les mêmes résultats ont été trouvés dans une étude de perceptions sur l'extraction de l'or au Ghana où seulement 8% des répondants résidant près des sites d'extraction ont une opinion positive de cette activité (6). L'extraction des ressources naturelles dans les pays en voie de développement contribue en effet peu à une amélioration des conditions de vie des populations locales (38). La même remarque a été faite par Lockie *et al.* (24) sur des petites mines artisanales de charbon de Coppabella (Australie).

Tableau 2

Définition des variables utilisées dans les régressions logistiques ordinales.

		Variables	Définition
Variables indépendantes		Profession	1= travaille dans la carrière 0= ne travaille pas dans la carrière
		Ethnie	1= Adja 2= Kotafon 3= Watchi 4= Sahoué
		Age	En années
		Statut matrimonial	1= marié 2= célibataire 3= veuf/veuve
		Education	Nombre d'années d'études
		Impacts positifs	Tracé de pistes rurales
Variables dépendantes	Impacts négatifs	Poussière	1= parfaitement en désaccord ;
		Rareté de terres agricoles	2= légèrement en désaccord ;
		Déscolarisation des élèves	3= indécis ; 4= légèrement en accord ; 5= parfaitement en accord

¹Face à chaque énoncé, le répondant doit attribuer une échelle selon sa perception.

Cinq caractéristiques démographiques des enquêtés constituent les variables indépendantes. Il s'agit de la profession à deux modalités (travaille dans la carrière ou ailleurs), l'ethnie à quatre modalités (4 ethnies), l'âge quantitatif, l'éducation qui est également quantitative (le nombre d'années d'étude) et le statut matrimonial à trois modalités. Les variables dépendantes regroupent les perceptions des enquêtés sur les impacts négatifs et positifs des activités de carrières.



Photo 1: Vue partielle d'un front de taille de gravier à Dévé dans le département du Couffo; photo prise en avril 2014 par A.L. Aïtondji aux coordonnées 6°47'02,18" de latitude Nord et 1°39'57,81" de longitude Est.

L'auteur a constaté que malgré l'importance de la dépendance minière pour l'emploi et les revenus, peu de changements s'observent dans le milieu. Cependant, les autorités communales de la zone d'étude ont affirmé que leurs budgets communaux sont renforcés par les taxes de développement local (TDL) auprès des transporteurs de graviers et les frais d'occupation des sites qui s'élèvent respectivement à 1000 FCFA par m³ et 25000 FCFA par site.

Cette contribution aux budgets communaux favoriserait la construction d'infrastructures marchandes (boutiques), de modules de classe, de dispensaires isolés et l'aménagement des voies. Par ailleurs, ces activités d'extraction de graviers contribuent à l'amélioration du pouvoir d'achat de plusieurs familles. La filière emploie en effet une main-d'œuvre importante et connaît une forte participation féminine. Par exemple, les enquêtes auprès des exploitants ont révélé que sur 48 sites en exploitation, 293 femmes (68,3%) et 136 hommes (31,7%) sont employés. Cette intensité de main-d'œuvre sur les mines et carrières artisanales a déjà été signalée par Buxton (11) et Lahiri-Dutt (22). Pour ce dernier, les mines artisanales à petite échelle emploient 10 fois plus de personnes que celles industrielles. Le taux élevé de femmes dans les mines et carrières artisanales a déjà été signalé par plusieurs auteurs. Mais le taux de femmes employées sur les carrières de gravier dans les départements du Mono et Couffo (68,3%) est supérieur à celui signalé par Hinton *et al.* (16) qui ont remarqué que 40% à 50% des employés dans les mines artisanales en Afrique sont des femmes. Toutefois, des variations d'effectifs sont observées pour d'autres études où, ce taux se situe entre 60% et – même – 100% (14).

En ce qui concerne les impacts négatifs des activités d'extraction de gravier, la figure 3a montre que tous les répondants ont attribué les scores les plus élevés (4 et 5) pour l'énoncé qui stipule que les activités d'extraction de gravier entraînent la dégradation des pistes rurales. Cette dégradation est surtout liée au passage régulier des véhicules lourds qui constituent d'ailleurs un problème particulier pour les populations locales (25).

Quant aux autres impacts négatifs que sont la pollution de l'air par la poussière (Figure 3b), la rareté des terres agricoles (Figure 3c) et la déscolarisation des élèves (Figure 3d), il y a une importante variation dans l'évaluation des populations locales. Cette différence dans l'évaluation de ces impacts pourrait être expliquée par la profession des répondants, qu'ils soient liés au secteur minier ou pas, mais également par d'autres facteurs sociodémographiques.

Effet des caractéristiques démographiques sur les perceptions des populations locales

Le tableau 3 donne la fréquence des différentes catégories de groupes socio-démographiques enquêtés. Les classes les plus représentées dans l'échantillon sont les jeunes de 18 à 38 ans (58,97%), les travailleurs de carrières (74,36%), les mariés (84,62%) et les analphabètes (60,26%). Deux classes sont faiblement représentées.

Il s'agit des veufs/veuves (2,56%) et du groupe socio-culturel Sahouè (2,56%).

Les résultats des régressions (Tableau 4) montrent que l'influence de l'ethnie sur les perceptions sur le tracé de pistes rurales, la rareté des terres agricoles et la pollution de l'air par la poussière est significative. Les groupes socio-culturels enquêtés n'ont donc pas la même perception sur les impacts des activités d'extraction de gravier. Cette divergence dans la perception des différents groupes ethniques pourraient être liée au niveau de développement de leur localité respective. En effet, dans une ville où des infrastructures routières sont bien développées avec de multiples activités économiques, le tracé de pistes et la rareté de terres agricoles ne seraient pas vite perçus par les populations urbaines qui seraient par contre plus sensibles à l'infiltration de la poussière dans leurs maisons plus modernes. Par contre, dans les milieux ruraux où les activités agricoles sont plus intenses avec très peu d'infrastructures routières, l'impact des activités d'extraction sur le tracé de pistes et les terres agricoles seraient vite perceptibles. Les perceptions sur le tracé de pistes rurales sont également influencées par la profession et le statut matrimonial des répondants.

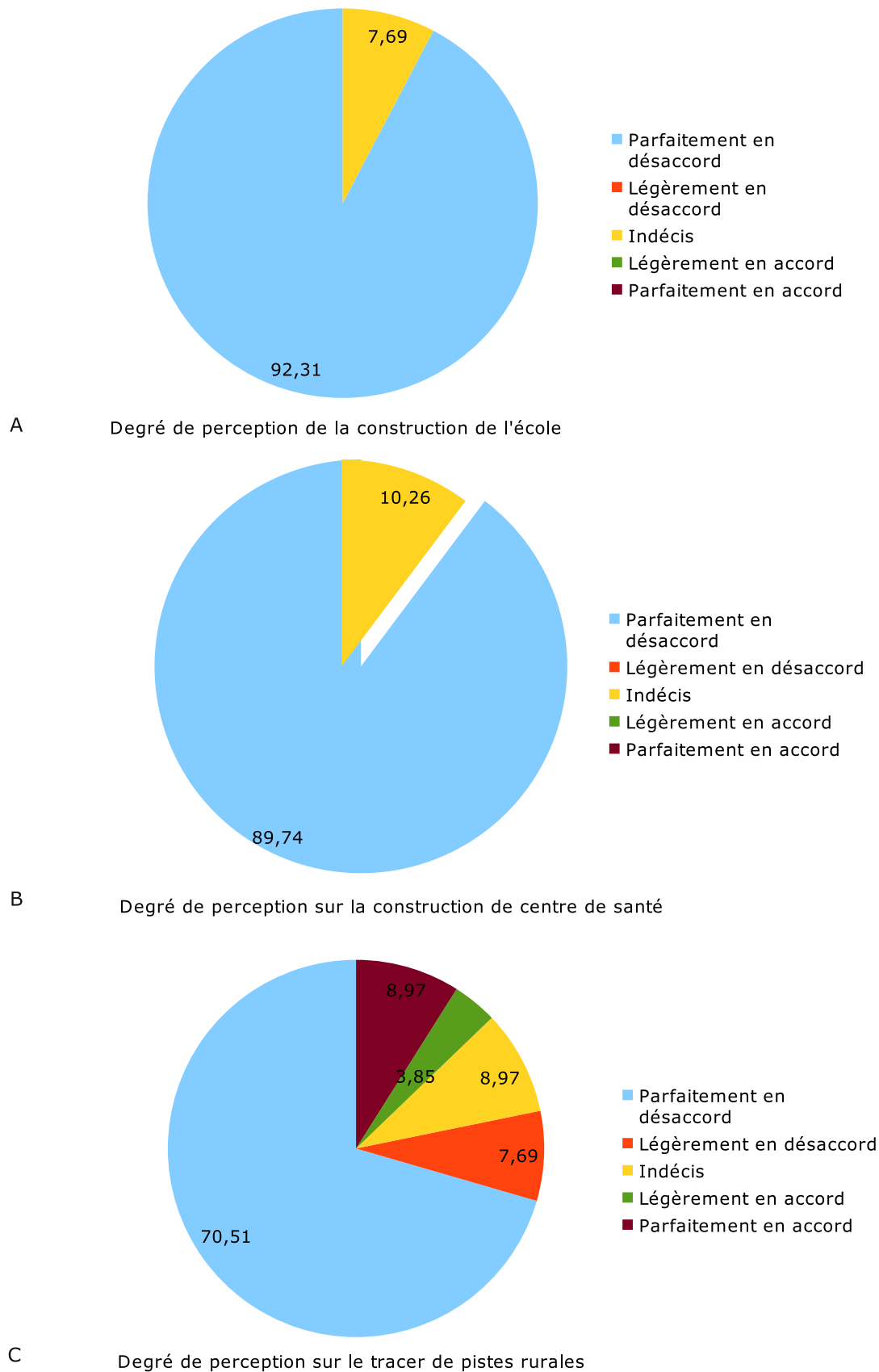
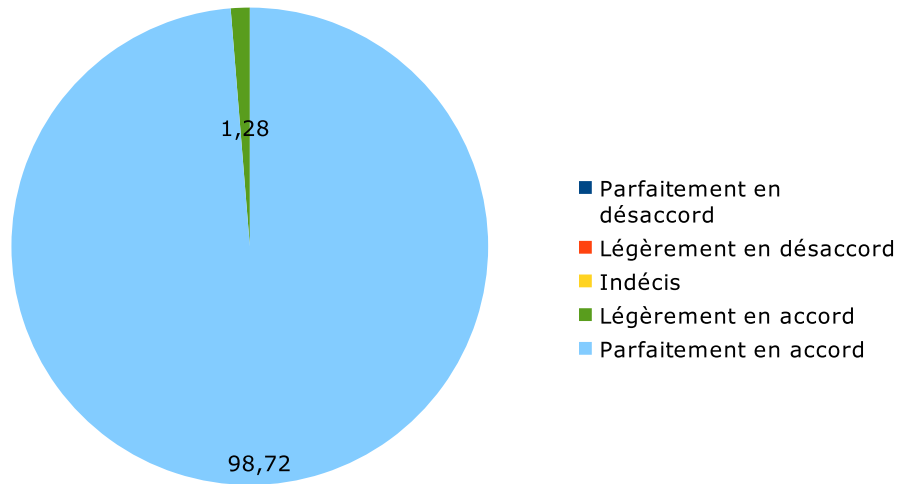
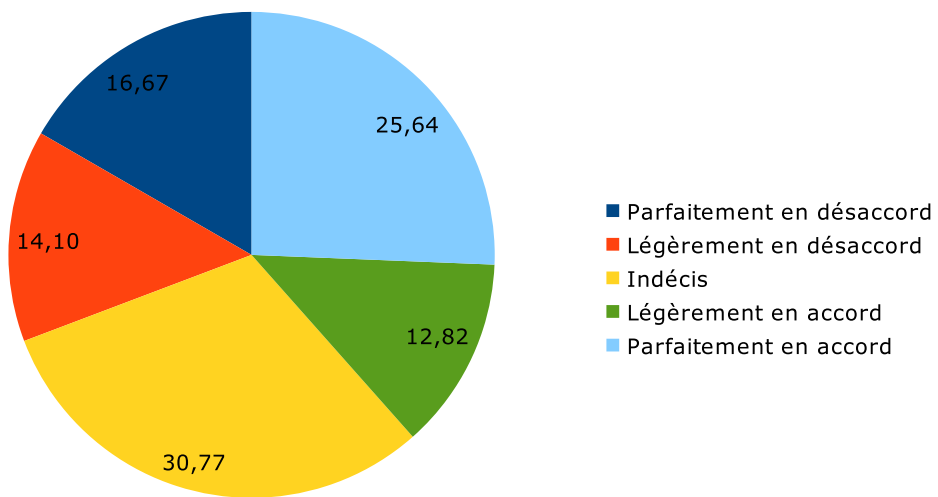


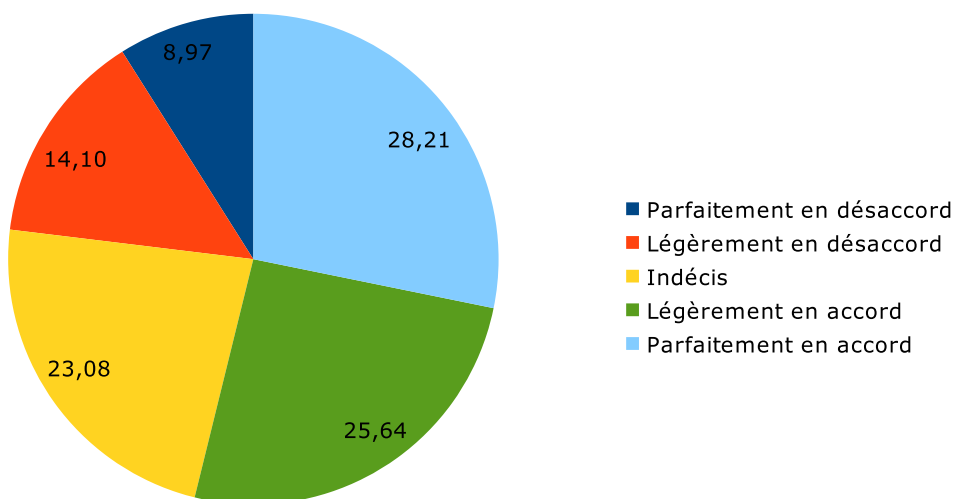
Figure 2: Perception de la population sur les impacts positifs des activités d'extraction de gravier. Il s'agit des taux des répondants qu'ils soient en accord ou en désaccord avec les énoncés sur les services communautaires issus des activités d'extraction de gravier dans leur milieu de vie.



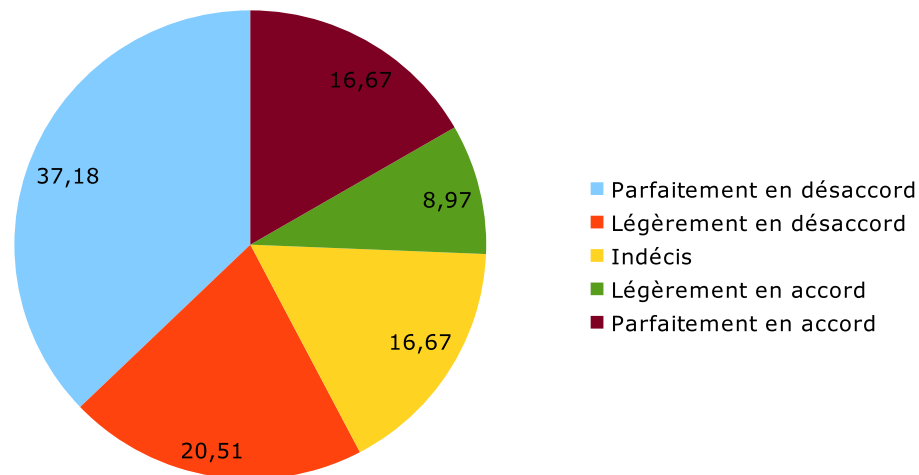
A Degré de perception sur la dégradation des pistes rurales



B Degré de perception sur la pollution par la poussière



C Degré de perception sur la rareté des terres agricoles



D Degré de perception sur la déscolarisation

Figure 3: Perception de la population sur les impacts négatifs des activités d'extraction de gravier.

Il s'agit des taux des répondants qu'ils soient en accord ou en désaccord avec les énoncés sur les désagréments issus des activités d'extraction de gravier dans leur milieu de vie. Un total de 78 personnes enquêtées, résidant dans les zones de carrières de graviers de Oumako-Drè, Lokossa et Adidévo, dans les Départements du Mono et Couffo au Sud du Bénin.

Tableau 3

Fréquence des groupes sociodémographiques. Il s'agit des fréquences relative et absolue des différentes catégories socio-démographiques.

Catégories socio-démographiques	Nombre	Pourcentage
Age		
[18-38]	46	58,97
[40-60]	22	28,21
[62-90]	10	12,82
Profession		
Travailleurs de carrière	58	74,36
Autres	20	25,64
Situation matrimoniale		
Mariés	66	84,62
Célibataires	10	12,82
Veuf/veuve	2	2,56
Groupes socioculturels		
Adja	32	41,03
Cotafon	16	20,51
Watchi	28	35,9
Sahouè	2	2,56
Education		
Analphabètes	47	60,26
Primaire	16	20,51
Secondaire	15	19,23

Tableau 4

Les résultats de la régression logistique ordinaire. Les coefficients de régression sont présentés accompagnés des erreurs type.

Variables indépendantes	Variables dépendantes			
	Tracé de pistes rurales	Pollution par la poussière	Rareté des terres agricoles	Déscolarisation des élèves
Age	-0,03 ± 0,02 ^{ns}	0,02 ± 0,01 ^{ns}	-0,02 ± 0,01 ^{ns}	-0,03 ± 0,01*
Education	-0,17 ± 0,09 [•]	0,11 ± 0,06 [•]	0,02 ± 0,06 ^{ns}	-0,08 ± 0,06 ^{ns}
Ethnie	-1,42 ± 0,39 ^{***}	0,57 ± 0,25*	0,68 ± 0,25 ^{**}	-0,07 ± 0,24 ^{ns}
Profession	2,21 ± 0,86 ^{**}	-0,67 ± 0,53 ^{ns}	0,22 ± 0,53 ^{ns}	0,10 ± 0,53 ^{ns}
Statut matrimonial	1,84 ± 0,82*	-0,23 ± 0,50 ^{ns}	0,36 ± 0,45 ^{ns}	0,48 ± 0,47 ^{ns}

Chaque coefficient est accompagné de son erreur type. Un coefficient négatif indique que la variable indépendante influence négativement les perceptions de la population ; lorsqu'il est positif, alors l'influence l'est aussi. Les signes ^{***}, ^{**}, ^{*} et [•] indiquent les seuils de significativité des régressions, respectivement 1%, 1%, 5% et 10%.

L'influence du statut matrimonial pourrait être expliquée par le poids des mariés (84,62%) (Tableau 3) dans l'échantillon. L'influence de la profession sur les perceptions des populations locales des sites d'extraction a déjà été signalée par Shi et He (36) qui ont remarqué l'influence de ce facteur sur les perceptions des populations locales sur la pollution de l'environnement par les activités des mines de charbon de la province de Shaanxi (Chine). Ce résultat traduit probablement l'influence de la relation de certains répondants avec les activités d'extraction de gravier. En effet, la perception de ceux qui travaillent dans les carrières est souvent affectée par leurs propres expériences (8), car vivant quotidiennement les réalités liées aux activités d'extraction. L'influence de l'éducation s'observe avec une marge d'erreur de 10%. Elle est négative sur le tracé de pistes rurales et positive sur la pollution de l'air. Ce résultat traduit donc que les personnes ayant un niveau d'éducation élevé rejettent l'énoncé affirmant que les activités d'extraction de gravier favorisent le tracé de pistes rurales, mais acceptent par contre que ces activités polluent l'air par la poussière. Ce résultat corrobore ceux de Dogaru *et al.* (12) qui ont signalé que les personnes éduquées sont plus préoccupées par les problèmes environnementaux, car ayant accès aux informations y référant. Par ailleurs, l'âge influence négativement les perceptions sur la déscolarisation des élèves.

En d'autres termes, ce sont les jeunes qui acceptent l'énoncé que les activités d'extraction de gravier contribuent à la déscolarisation des élèves. Ce résultat pourrait juste traduire le vécu de ces jeunes (18-38 ans) car ils sont les plus concernés par le phénomène de déscolarisation, mais également par leur poids dans l'échantillon (58,97%) (Tableau 3). Ce phénomène de déscolarisation des enfants a d'ailleurs été mentionné par le Programme International pour l'Abolition du Travail des Enfants (19) qui a enregistré 892 enfants de 5 à 17 ans travaillant sur les carrières de gravier dans les Départements du Mono et Couffo au Sud du Bénin sur 1034 enfants travailleurs enregistrés dans ce secteur. Les plus petits enfants suivent généralement leurs mères pour les aider, afin de maximiser le rendement (19, 21).

Conclusions et implications pour une gestion après carrière

Cette étude a montré que les populations locales ont globalement une perception négative des activités d'extraction de gravier qui, selon un point de vue général, ne fourniraient quasiment pas de services pour l'amélioration de leurs conditions de vie. Au contraire, ces activités entraînent la pollution de l'air par la poussière, la rareté des terres agricoles et favorisent la déscolarisation des enfants. Ces perceptions sont influencées par des facteurs sociodémographiques tels que la profession, le statut matrimonial, l'ethnie, l'âge et l'éducation.

Toutefois, ces activités d'extraction artisanales constituent une alternative économique pour beaucoup de ménages et contribuent d'ailleurs au renforcement des budgets communaux à travers les taxes de développement local (TDL) et les frais d'occupation des sites. Au regard de ces résultats, il est indispensable que les autorités communales prennent des mesures pour une atténuation des externalités; par exemple à travers l'arrosage régulier des pistes rurales et la remise en état des sites abandonnés afin de rendre ces terres disponibles pour l'agriculture.

Les gisements de gravier étant des ressources non renouvelables, une sensibilisation pour le maintien des enfants à l'école ou à l'apprentissage s'avère nécessaire pour éviter à long terme des problèmes sociaux liés au chômage.

Les résultats de cette étude constituent une base de données concrètes pour les aménagements après carrière. Cette étude de cas peut également servir de référence pour d'autres analyses de perceptions.

Toutefois, d'autres facteurs pourraient être pris en compte pour mieux expliquer les perceptions des populations locales des carrières et fournir plus d'informations pour les politiques d'aménagement après carrière et la gestion des risques liées aux activités d'extraction.

Par exemple, la prise en compte des propriétaires terriens dans l'échantillonnage pour comprendre les raisons qui les poussent à louer leurs terres au lieu de les cultiver et les données quantitatives sur les cas de décès par éboulements dans ces carrières.

Remerciements

Nous remercions le Dr A. Aoudji de l'école d'Economie, de Socio-Anthropologie et de Communication pour le Développement (ESACD) de la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA) pour son appui scientifique à l'amélioration de la qualité de ce document. Nos remerciements vont également à l'endroit du Dr B. Kassa à travers la Direction Générale des Mines (DGM) du Bénin pour le soutien financier de ce travail.

Références bibliographiques

1. Afrique Conseil, 2006, *Monographie de la Commune de Dogbo*. 42 p.
http://www.ancb-benin.org/pdc-sdac/monographies/monographies_communes/Monographie%20de%20DOGBO.pdf (téléchargé le 10 avril 2014).
2. Afrique Conseil, 2006, *Monographie de la Commune de Houéyogbé*. 43.
http://www.ancb-benin.org/pdc-sdac/monographies/monographies_communes/Monographie%20de%20HOUEYOGBE.pdf (téléchargé le 10 avril 2014).
3. Afrique Conseil, 2006, *Monographie communale de Lokossa*. 54 p.
http://www.ancb-benin.org/pdc-sdac/monographies/monographies_communes/Monographie_Lokossa.pdf (téléchargé le 10 avril 2014).
4. Aïtondji A.L., Toyi M., Kassa B., Bogaert J. & Sinsin B., 2014, *Do differences in gravel quarrying traits result in different vegetation patterns?* Proof Mine Closure 2014, I.M. Weiersbye, A.B. Fourie, M. Tibbett and K. Mercer (Eds.). ISBN 978-0-620-62875-4, University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa.
5. Al-Awadhi J.M., 2001, Impact of gravel quarrying on the desert environment of Kuwait, *Environ. Geol.*, **41**, 365-371.
6. Armah F.A., Obiri S., Yawson D.O., Afrifa E.K.A., Yengoh G.T., Olsson J.A. & Odoi J.O., 2011, Assessment of legal framework for corporate environmental behavior and perceptions of residents in mining communities in Ghana, *J. Environ. Plann. Manage.*, **54**, 2, 193-209.
7. Banchirigah S.M., Hilson G., 2010, De-Agrarianization, Re-Agrarianization and Local Economic Development: Re-Orientating Livelihoods in African Artisanal Mining Communities. *Policy Sci.*, **43**, 2, 157-180.

8. Bate B., 2005, How Green is My Quarry? Quarrying's annual conference 2006: 25-30. http://www.greenbalance.co.uk/sites/default/files/How_Green_is_My_Quarry_QM_Feb06.pdf (téléchargé le 3 janvier 2015)
9. BGS (British Geological Survey), 2008, A guide to minerals information in the central belt of Scotland. Natural Environment Research Council, 16 p. <http://www.scotland.gov.uk/resource/doc/224888/0060853.pdf> (téléchargé le 3 janvier 2015).
10. Bloodworth A.J., Scott P.W, McEvoy F.M., 2009, Digging the backyard: Mining and quarrying in the UK and their impact on future land use, *Land Use Policy*, **26**, 317-325.
11. Buxton A., 2013, *Responding to the challenge of artisanal and small-scale mining. How can knowledge networks help?* IIED, London, 40. <http://www.ddiglobal.org/login/resources/responding-to-the-challenge-of-asm-how-can-knowledge-networks-help.pdf> (téléchargé le 7 janvier 2015).
12. Dogaru D., Zobrist J., Balteanu D., Popescu C., Sima M., Amini M. & Yang H., 2009, Community Perception of Water Quality in a Mining-Affected Area: A Case Study for the Certej Catchment in the Apuseni Mountains in Romania, *Environ. Manage.*, **43**, 1131-1145.
13. Fisher E., Mwaipopo R., Mutagwaba W., Nyange D. & Yaron G., 2009, The ladder that sends us to wealth": Artisanal mining and poverty reduction in Tanzania. *Resour. Policy*, **34**, 32-38.
14. Gbadebo A.M., Kehinde I.A. & Adedeji O.H., 2012, Participatory Roles of Women in Quarrying Activities in Abeokuta Metropolis, *Sociol., Econ. Political Sci.* **12**, 13, 12-26.
15. Hilson G., 2009, Small-scale mining, poverty and economic development in sub-Saharan Africa: An overview, *Res. Policy*, **34**, 1-5.
16. Hinton J.J., Veiga M.M. & Beinhoff C., 2003, *Women and Artisanal Mining: Gender Roles and the Road Ahead*. In: *The Socio-Economic Impacts of Artisanal and Small-Scale Mining in Developing Countries*, Ed. G. Hilson, Swets Publishers, Netherlands, 29. <http://siteresources.worldbank.org/INTOGMC/Resources/336099-1163605893612/hintonrolereview.pdf> (téléchargé le 7 janvier 2015).
17. ICMM (International Council on Mining and Metals), 2012, *Mining's contribution to sustainable development - an overview*. London, United Kingdom, 8.
18. INSAE, 2013, *Résultats provisoires du rgph4. Cotonou, Bénin*, 8 p. www.insae-bj.org/recensement-population.html?.../rgph/Resultats_provisoires (Téléchargé le 21 février 2013).
19. IPEC (Programme international pour l'abolition du travail des enfants), 2013, *Approfondissement des connaissances sur le travail des enfants dans les mines et carrières du Bénin*. OIT, Genève, 167.
20. Khater C., 2004, *Dynamiques végétales post-perturbations sur les carrières calcaires au Liban. Stratégies pour l'écologie de la restauration en régions Méditerranéennes*. Thèse de doctorat, Université Montpellier II, Sciences et Techniques du Lanquedoc, 183.
21. Lahiri-Dutt K., 2006, *Gendered livelihoods in small mines and quarries in India: Living on the edge*. Rajiv Gandhi Institute for Contemporary Studies, New Delhi, 45.
22. Lahiri-Dutt K., 2004, Informality in mineral resource management in Asia: Raising questions relating to community economies and sustainable development, *Nat. Res. Forum*, **28**, 123-132.
23. Likert, R., 1932, A technique for the measurement of attitudes, *Arch. Psychol.*, **140**, 5-53.
24. Lockie S., Franettovich M., Petkova-Timmer V., Rolfe J. & Ivanova G., 2009, Coal mining and the resource community cycle: A longitudinal assessment of the social impacts of the Coppabella coal mine, *Environ. Impact Assess. Rev.*, **29**, 330-339.
25. Luther R., Wigmore B. & Baas P., 2003, *the impact of heavy vehicles on residents on arterial roads and state highways*. TERNZ Ltd, 13. https://www.ipenz.org.nz/ipenztp/papers/2004/11_Luther_Wigmore_Baas.pdf (téléchargé le 7 janvier 2015).
26. Mankelow J.M., Bate R., Bide T., Mitchell C.J., Linley K., Hannis S. & Cameron D., 2008, *Aggregate resource alternatives: options for future aggregate supply in England*. British Geological Survey Open Report OR/08/025. http://www.bgs.ac.uk/mineralsuk/downloads/aggregate_resourcealternatives.pdf (téléchargé le 3 janvier 2015)

27. Médénouvo F., 2012, *La géographie du Bénin*. Edition le Perroquet, 167.
28. Meite V., 2004, Pour une autre approche de l'exploitation minière artisanale en Afrique subsaharienne, *Africa Pangea*, 41-42, 17-24.
29. MMSD (Mining, Minerals and Sustainable Development), 2002, *Breaking New Ground*. IIED, WBCSD, 32.
30. Norušis M. J., 2010, PASW Statistics 18.0. *Advanced Statistical Procedures Companion, Chapter 4. Ordinal regression*. http://www.norusis.com/pdf/ASPC_v13.pdf (téléchargé le 7 janvier 2015).
31. NSC (Natural Stone Council), 2009, *Best Practices of the Natural Stone Industry. Quarry Site Maintenance and Closure*. The University of Tennessee Center for Clean Products, 14. <http://web.utk.edu/~nisse2006/ccp/projects/naturalstone/pdfs/BPSiteMaintQuarryClosure.pdf> (téléchargé le 5 août 2014).
32. Ololade O.O., Annegarn H.J., 2013, *Contrasting community and corporate perceptions of sustainability: A case study within the platinum mining region of South Africa*. *Resources Policy*, **38**, 568–576.
33. Petra T.A. et Kamini S.B., 2007, Marginalization in Ghana's Artisanal Mining Sector, *J. Rock Mech. Mining Sci.*, **38**, 7, 1057-1063.
34. Phillips P., 2013, *Social Effects of Proposed Changes at Brookby Quarry with Specific Reference to Amenity Effects*. Brookby Quarries Ltd, 25. http://www.aucklandcouncil.govt.nz/EN/AboutCouncil/meetings_agendas/hearings/Documents/brookbyquarry/hgsbrookbyquarryaeeappendix4socialimpactassessment.pdf (téléchargé le 3 janvier 2015).
35. Ripley B., Venables B., Hornik K., Gebhardt A. & Fith D., 2013, *Package MASS: support functions and datasets for Venables and Ripley's MASS. R package version 7.3-26*. <http://cran.rproject.org/web/packages/MASS/index.html> (téléchargé le 28 Septembre 2014).
36. Shi X., He F., 2012, The Environmental Pollution Perception of Residents in Coal Mining Areas: A Case Study in the Hancheng Mine Area, Shaanxi Province, China, *Environ. Manage.*, **50**, 505–513.
37. Team R.C., 2013, A Language and Environment for Statistical Computing. <http://www.R-project.org/>
38. Terminski B., 2012, *Mining-induced displacement and resettlement: social problem and human rights issue (a global perspective)*. 45 p. <http://refugeereseach.net/ms/km/wp-content/uploads/sites/2/2014/02/Mining.pdf> (Téléchargé le 7 janvier 2015).
39. Tilghman L., Baker M. & DeLeon S.D., 2005, *Artisanal Sapphire Mining in Madagascar: Environmental and Social Impacts*. University of Vermont, 54 p. http://www.uvm.edu/rsenr/gemecology/assets/Tilghman_et_al_Madagascar_2005.doc (téléchargé le 7 janvier 2015).
40. Weber-Fahr M., Strongman J., Kunanayagam R., McMahon G., Sheldon C., 2001, *Mining and Poverty Reduction*, 38 p. <http://www.intussen.info/OldSite/Documenten/Noord/Internationaal/WB/PRSP%20Sourcebook/20%20Minng%20and%20poverty%20reduction.pdf> (téléchargé le 7 janvier 2015)

A.L. Aïtondji, Béninoise, Doctorante, Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire d'Ecologie Appliquée, Cotonou, Benin.

M. Toyi, Béninoise, PhD, Enseignant Chercheur, Enseignant chercheur, Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire d'Ecologie Appliquée, Cotonou, Benin.

J. Bogaert, Belge, PhD, Professeur ordinaire, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité Biodiversité et Paysage, Passage des Déportés, Gembloux, Belgique.

B. Sinsin, Béninois, PhD, Professeur Titulaire, Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire d'Ecologie Appliquée, Cotonou, Benin.

Evaluation sensorielle du couscous de farine de manioc (*Manihot esculenta*, Crantz) substituée par celle de patate douce (*Ipomoea batatas*, Lam)

A.M. Njoya^{1*}, C.W. Nain¹, S.D. Mendi¹ & H. Imele¹

Keywords: Fufu- Cassava flour- Sweet potato flour- Sensory evaluation- Cameroon

Résumé

Une évaluation sensorielle du couscous de farine de manioc (*Manihot esculenta*, Crantz) substituée à celle de patate douce (*Ipomoea batatas*, Lam) a été conduite au Laboratoire de Technologie Alimentaire et Post – Récolte de l'IRAD à Bambui au Cameroun. Pour la préparation du couscous, la farine de manioc a été substituée à 0%, 20%, 40% et 50% par la farine de patate douce (FP) soit respectivement pour les échantillons F0, F1, F2 et F3. Un panel de 30 personnes a procédé à l'évaluation des paramètres goût, odeur, couleur et texture tout en indiquant leur préférence. Il se dégage de cette étude que l'odeur du couscous n'est pas affectée par la substitution de la farine de manioc par celle de patate douce. Cependant l'échantillon à 20% de FP a présenté une texture et une couleur comparables ($p > 0,05$) au témoin (échantillon à 0% de FP). C'était également celui qui avait le meilleur goût ($p < 0,05$) ainsi que la préférence des panélistes. Il s'avère donc qu'une augmentation de la proportion de farine de patate douce influence négativement la couleur, la texture, le goût et d'une manière générale l'acceptabilité du couscous de manioc.

Summary

Consumer Acceptance of Cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) flour's fufu substituted by Sweet Potato (*Ipomoea batatas*, Lam) Flour

This study investigated the consumer acceptance of fufu made by substituting cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) flour with sweet potato (*Ipomoea batatas*, Lam) flour at the Food Technology and Post-harvest laboratory of IRAD in Bambui, Cameroon. Four samples of Fufu flour samples F0, F1, F2 and F3 obtained by substituting cassava flour with 0%, 20%, 40% and 50% potato flour respectively were compared. A panel of 30 persons (habitual consumers of Cassava fufu flour) carried out a sensory evaluation of the four samples and gave their level of appreciation with regards to taste, aroma, colour, and texture. The study showed that, the substitution of cassava flour with sweet potato flour had no effect on the aroma of the fufu. The sample containing 20% of sweet potato flour (F1) showed no significant difference in texture and aroma compared ($p > 0.05$) to the control (F0). It was also considered as having the best taste ($p < 0.05$) and was the sample preferred by the panelists. In conclusion, an increase in the proportion of sweet potato flour in the cassava flour had a negative influence on the colour, texture, taste and on the acceptance of the fufu.

¹Institut de Recherche Agricole pour le Développement, Laboratoire de Technologie Alimentaire et Post -Récolte Bambui, Bamenda, Cameroun.

*Auteur correspondant: Email: njoya_amadou@yahoo.fr

Reçu le 26.06.14 et accepté pour la publication le 30.10.15

Introduction

La patate douce (*Ipomoea batatas*, Lam) est l'une des cultures majeures dans le monde aux côtés du riz, du maïs et du blé. Elle se développe sous diverses conditions climatiques et sur des sols peu fertiles (6, 20, 21) bien qu'étant une plante tropicale (5). En outre du fait de son cycle de développement court d'une part et, de son abondance et de son coût bon marché (20) d'autre part comparé à d'autres tubercules, elle constitue un aliment potentiel pour des populations aux ressources limitées. En fait, elle représente une culture importante en zones tropicale et subtropicale et, l'augmentation de sa production et de sa consommation constitue cependant un avantage nutritionnel pour les habitants de ces régions (21). La patate douce est riche en glucides (amidon principalement), vitamines (thiamine, riboflavine, acide ascorbique) et minéraux (21). Par ailleurs, elle constitue une source de caroténoïdes qui sont des précurseurs de la vitamine A (2) notamment les variétés jaune et orange. La variété orange fournissant des quantités durables de vitamine A (8). La consommation de 130 g de patate douce fournit 32% de la demande journalière minimum en Vit A; 70% de la Vit C et des quantités appréciables de thiamine, riboflavine, niacine, phosphore, fer et calcium (21). Des études menées sur 10 variétés de patate douce ont révélé une activité amylolytique variant de 0,26–0,57 mg/ml/min et des teneurs respectives en amidon, sucre total, et sucrose de l'ordre de 68,4–73,9%; 9,31– 6,1% et 5,79–14,42% de matière sèche (7). Cette forte activité amylolytique résulterait de la présence des enzymes amylolytiques endogènes notamment l' α - amylase, la β - amylase et l'amidon phosphorylase (4). Ces enzymes étant importantes pour l'hydrolyse de l'amidon en sucres simples lors de la cuisson et de la transformation.

La patate douce peut être utilisée dans l'alimentation humaine et animale et, son amidon constitue une source de matière première dans l'industrie (15). En Chine, 60% de la production de patate douce est utilisée pour l'alimentation ou transformée en amidon (19).

En Asie et dans les îles du Pacifique, la patate douce sert à l'extraction de l'amidon, la fabrication des spaghettis, la production d'alcool et sirops (glucose et fructose), etc. En Afrique, au sud du Sahara, elle est consommée directement dans la plus part des cas du fait d'un déficit technologique approprié quant au développement des produits dérivés (17). Au Cameroun, la patate douce est utilisée beaucoup plus comme aliment sous forme cuite à la vapeur ou bouillie, de chips (frits ou séchés) ou grillée. En sa qualité de denrée périssable, du fait d'une forte teneur en eau soit 61–71% (17), l'excès peut être transformé en divers produits parmi lesquels la farine (11).

La farine, produit déshydraté est un moyen de conservation du fait de la réduction de l'activité microbienne. Celle de la patate douce est une source d'énergie, de minéraux (Ca, P, Fe, K) et de provitamines A notamment le β - carotène converti en totalité en vitamine A (18, 21). Elle a des teneurs en amidon, sucre total, cendres et protéines de l'ordre de 74,5; 11,4; 1,56 et 2,3% de matière sèche respectivement et est riche en fibres (13). En outre elle se caractérise par une forte digestibilité et un taux d'amidon non résistant élevé (1).

La farine de patate douce est utilisée en boulangerie et pâtisserie pour la fabrication des pains et gâteaux comme supplément de la farine de blé; ce qui réduirait leur coût sur le marché. Cette association conduirait à l'amélioration de la valeur nutritive de ces produits notamment en fibres et caroténoïdes d'une part et à la protection de l'organisme contre les effets néfastes du gluten (protéines majeure du blé) d'autre part (16). De part sa teneur élevée en fibres, elle est importante dans divers produits alimentaires (13); les fibres facilitant le transit gastro-intestinal et protégeant l'organisme de l'hyperlipidémie et de l'hypercholestérolémie. La farine de patate douce est un ingrédient intéressant pour la préparation des croquettes de poisson à base d'amidon de manioc (tapioca) (9).

Au Cameroun, sa production est faible en milieu rural et sa consommation ne rentrant pas dans les habitudes alimentaires.

Au regard de son potentiel nutritionnel, son introduction dans l'alimentation comme substituant des farines traditionnelles (farine de manioc, farine de maïs, etc.) ne saurait que contribuer au bien être des populations.

De nos jours très peu d'études ont été menées quant à la substitution de la farine de manioc (*Manihot esculenta*, Crantz) fermenté ou «kumkum» (appellation à l'Ouest Cameroun) par celle de patate douce pour la préparation du couscous; plat très apprécié dans plusieurs régions du Cameroun (Ouest, Est, Littoral). Le manioc étant considéré comme un tubercule à faible valeur nutritive, les populations se nourrissant régulièrement du couscous de manioc sont exposées au problème de malnutrition dû à une déficience en protéines, vitamines et minéraux. La farine de manioc a des teneurs en protéines, fibres, graisse et cendres de 1,50%; 1,30%; 0,21% et 1,60% respectivement (12). Elle présente un taux de protéines et de glucides (essentiellement l'amidon) variant de 0,41-0,51% et 87-88% respectivement (10). En qualité de produit issu de la fermentation, elle est pauvre en protéines, macro et micro éléments et, développe une odeur caractéristique (3, 14). La substitution de la farine de manioc par celle de patate douce améliorerait son potentiel nutritif notamment par un apport en protéines, minéraux et caroténoïdes ou vitamine A (le manioc en étant dépourvu); réduirait le niveau d'acide cyanhydrique, substance toxique et présente dans la farine de manioc à des teneurs comprises entre 10 et 38 mg/kg selon le processus de traitement (10). Cette substitution permettrait ainsi à certaines populations de conserver leurs habitudes alimentaires au regard du coût élevé du manioc sur le marché et de sa rareté. En effet, au Cameroun la demande des produits dérivés du manioc (tapioca, bâtons, couscous frais, etc.) est importante et sa transformation à l'échelle industrielle envisagée.

Afin de contribuer à l'amélioration de la transformation de la patate notamment en milieu rural, nous procéderons dans ce travail à la production de la farine de patate et à l'évaluation sensorielle du couscous à base de farine mixte manioc/patate douce ainsi qu'à celle de son acceptabilité.

Matériel et Méthodes

Préparation des tubercules

Les tubercules de patate douce (variété jaune) et de manioc obtenues au marché de Bambui, région du Nord-Ouest Cameroun étaient soigneusement lavés à l'eau de robinet (potable) puis pelés et, les parties endommagées enlevées. Ils ont par la suite été découpés en tranche d'épaisseur de 2 à 3 millimètres.

Préparation de la farine de patate

Les tranches de patate préalablement lavées à l'eau potable étaient plongées dans une solution de chlorure de sodium (NaCl) 0,33% (g/v) contenant du jus de lemon (1,33%) à 45°C pendant 30 s. Par la suite, elles étaient séchées 7 heures par jour au soleil à 35–40°C pendant trois jours au moyen d'un séchoir artisanal et dans des conditions hygiéniques. Les chips de patate ainsi obtenues ont été écrasées au moulin et la poudre (farine) tamisée au moyen d'un tamis dont les mailles ont un diamètre de 200 µm puis conservée dans des sacs en plastique hermétiquement fermés et, conservée à température ambiante et à l'abri de la lumière.

Préparation de la farine de manioc

Les tranches de manioc préalablement lavées à l'eau potable étaient trempées dans de l'eau (1 l/kg). Après un jour de fermentation, elles étaient enlevées puis séchées 7 heures par jour au soleil à 35–40 °C pendant trois à quatre jours. Les tranches ainsi séchées ont été écrasées et, la poudre obtenue tamisée au moyen d'un tamis dont les mailles ont un diamètre de 200 µm puis conservée dans des sacs en plastique hermétiquement fermés et, conservée à température ambiante et à l'abri de la lumière.

Préparation du couscous

Nous avons procédé à quatre formulations (F0, F1, F2 et F3) de farine (Tableau 1) pour la préparation du couscous.

Dans une marmite en aluminium contenant 400 ml d'eau bouillante, la farine y était introduite et l'ensemble mélangé immédiatement au moyen d'un pilon en bois. Le mélange continuait à feu doux.

Tableau 1

Différentes formulations de farine pour la préparation du couscous.

Mélange	Echantillon			
	F0	F1	F2	F3
Farine de manioc (FM) en g	300	240	180	150
Farine de patate (FP) en g	0	60	120	150
Proportion du mélange (FM/FP)	100/00	80/20	60/40	50/50

Ensuite, 100 ml d'eau chaude et préalablement bouillie étaient ajoutés tout en poursuivant le mélange jusqu'à absorption complète d'eau et obtention d'une pâte homogène. La cuisson durait en moyenne 10 minutes.

Le couscous ainsi obtenu était emballé dans des feuilles de bananiers légèrement chauffées et conservé à chaud dans un thermos pour la dégustation.

Evaluation sensorielle

L'évaluation sensorielle du couscous s'est faite par un panel de 30 personnes choisies au hasard, non entraînées et par ailleurs consommateurs de couscous de manioc localement appelé « fufu » car faisant partir de leurs habitudes alimentaires. Il était constitué de chercheurs de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) de Bambui, étudiants et ménagères préalablement sensibilisées à cet effet. Un questionnaire leur était soumis et l'évaluation portait sur la couleur, l'odeur, la texture et le goût. Les échantillons codés leur étaient servis chauds à 70-75°C et simultanément. Pour chaque paramètre, l'évaluation s'est faite selon une échelle hédonique de 5 points comportant: Excellent=5; Très bien=4; Bien= 3; passable=2 et Mauvais=1.

Il était également demandé à chaque membre du panel d'indiquer sa préférence (choix) parmi les différents échantillons de couscous et d'indiquer au moyen d'un commentaire des observations éventuelles en rapport avec la qualité sensorielle. Ces travaux se sont déroulés au Laboratoire de Technologie Alimentaire et Post-Récolte du Centre Régional de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) de Bambui de juillet à août 2012 et ont fait l'objet de trois répétitions.

Analyse statistique

Les résultats obtenus sont présentés sous forme de moyenne plus ou moins écart-type. Ils ont fait l'objet d'une analyse de variance et les moyennes ont été séparées grâce au test de Student (logiciel Stagraphic Centurion) au seuil de probabilité de 5%.

Résultats et discussion

D'après les données du tableau 2, les échantillons de couscous à 0% et 20% de farine de patate ont obtenu les notes les plus élevées ($p < 0,05$) pour ce qui est de la couleur soient respectivement 3,76 et 3,26. Ces deux valeurs n'étant pas significativement ($p > 0,05$) différentes. Une forte proportion de farine de patate (FP) s'est traduite par une coloration brune plus dense du couscous de manioc de nature blanche. Ce résultat serait dû au brunissement non enzymatique du fait d'une forte concentration en oses simples, produit de l'hydrolyse de l'amidon. Selon les membres du panel, la texture des échantillons à 0% et 20% présentaient les meilleurs résultats ($p < 0,05$). En outre, des observations obtenues, les échantillons de couscous à 40 et 50% de FP présenteraient une texture molle pour la plupart (73,33%) des panélistes. En effet, des travaux antérieurs, l'augmentation de la proportion de farine de patate à celle de blé entraîne une forte absorption d'eau de l'ordre de 29-169% (13). Cette perte de l'élasticité du couscous ainsi évoquée avec l'augmentation de la proportion de farine de patate douce serait due à une forte absorption d'eau lors de la préparation (cuisson). Ceci résulterait de l'hydrolyse de l'amidon et libération des composés hydrosolubles du fait de la forte activité amylolytique de la farine de patate. Il n'a pas été observé de différence significative ($p > 0,05$) quant aux notes attribuées au critère odeur des produits. Ce qui contraste avec l'arôme fort développé par la FP durant la cuisson.

Tableau 2

Notes de l'évaluation sensorielle du couscous fait à base de farine mixte de manioc et de patate douce.

FP/FM (%)	Couleur/5	Odeur/5	Texture/5	Goût/5
0/100	3,76±0,93a	2,46±0,97a	3,30±1,07a	2,50±1,04c
20/80	3,26±1,04a	2,93±1,08a	3,93±1,31a	3,96±0,96a
40/80	2,36±1,15b	2,73±0,86a	2,66±0,88b	3,26±1,04b
50/50	2,26±1,08b	2,76±0,81a	2,23±0,93b	2,96±1,06bc

NB: Dans une même colonne, les valeurs affectées du même signe ne sont pas significativement différentes ($P>0,05$)

FP: Farine de patate FM: farine de manioc

Tableau 3

Préférence des panélistes.

FP/FM (%)	N (Effectif)	Proportion (%)
0/100	9	30
20/80	18	60
40/60	3	10
50/50	0	0

Le goût du couscous fait à partir du mélange 80/20 (FM/FP) était le plus apprécié; sa note attribuée (3,96) étant significativement la plus élevée ($p<0,05$). A l'inverse, l'échantillon ayant indiqué la note la plus faible est le témoin (100% FM); sa note (2,50) étant comparable ($p>0,05$) à celle de l'échantillon à 50% de FP. Ces données se rapprochent de celles obtenues quant à la couleur et au goût des biscuits en substituant la farine de manioc à 25% par la farine de patate douce et, l'effet inverse avec 20% de supplémentation (13). Comme observation, les panélistes en majorité (60%) ont indiqué une saveur (goût) relativement sucrée de l'échantillon à 50% de farine de patate et 50% de farine de manioc. Cette saveur sucrée apparente serait attribuée à la présence des sucres simples, produits de l'hydrolyse de l'amidon. Ainsi, à faibles proportions, la farine de patate améliorerait le goût du couscous de manioc. Le tableau 3 nous révèle que le choix des panélistes s'est dirigé à 60% vers l'échantillon à 20% de farine de patate suivi de celui à 0% de farine de patate (30%) tandis que celui à 50% de farine de patate et 50% de farine de manioc n'a pas du tout été accepté (0%). De même, une augmentation de la proportion de farine de patate (60%) entraîne une réduction de l'acceptabilité des gâteaux à base de farine de blé du fait du goût et des arômes développés durant la cuisson (13).

En fait, la saveur sucrée et l'arôme fort qu'elle procure au produit après cuisson du fait de la chaleur ne sont pas appréciés de tous. Ces caractéristiques n'étant pas celles du couscous de manioc à l'origine.

Conclusion

La présente étude révèle que la substitution de la farine de manioc par celle de patate douce n'affecte pas ($p>0,05$) l'odeur du couscous. Par contre, l'échantillon à 20% de farine de patate douce a obtenu la meilleure note ($p<0,05$) quant au goût et en outre présenté avec le témoin (échantillon à 0% de FP) la couleur et la texture les plus appréciées ($p<0,05$). Le choix des panélistes s'est également orienté en majorité (60%) sur l'échantillon à 20% de farine de patate douce au détriment de l'échantillon témoin (0%).

Une augmentation de la proportion de farine de patate (40% et 50%) influence négativement la couleur, la texture, le goût et d'une manière générale l'acceptabilité du couscous.

Le couscous obtenu à partir d'un mélange de farine de manioc et de celle de patate dans les proportions 80/20 se révèle indiqué pour la consommation sur le plan sensoriel. Cependant, une étude de ses propriétés physico-chimiques est nécessaire afin de s'assurer de son potentiel nutritionnel élevé comparé au couscous de manioc.

Références bibliographiques

1. Aprianita A., Purwandari U., Watson B. & Vasiljevic T., 2009, Physico-chemical properties of flours and starches from selected commercial tubers available Australia, *Int. Food Res. J.*, **16**, 507-520.
2. Collins J.L. & Washam - Hutsell L., 1987, Physical, chemical, sensory and microbiological attributes of sweet potato leather, *J. Food Sci.*, **52**, 646.
3. FAO, 2002, *State of food insecurity in the world*. FAO, Rome. Food Reviews International, 16, 1.
4. Hagenimana V.L.P., Vezina L.P. & Simard R.E., 1992, "Distribution of Amylases within Sweetpotato (*Ipomoea batatas*) Root Tissues," *J. Agric. Food Chem.*, **40**, 10, 1777-1783.
5. Hoover R., 2001, Composition, molecular structure and physicochemical properties of tuber and root starches: a review, *Carbohydrate Polymers*, **45**, 253-267.
6. Lu G, Huang H, Zhang D., 2006, Prediction of sweetpotato starch physicochemical quality and pasting properties using near-infrared reflectance spectroscopy. *Food Chem.*, **94**, 632-639.
7. Nabubuya A., Namutebi A., Byaruhanga Y., Judith Narvhus J. & Wicklund T., 2012, Potential Use of Selected Sweet potato (*Ipomea batatas* Lam) Varieties as Defined by Chemical and Flour Pasting Characteristics, *Food Nutr. Sci.*, **3**, 889-896.
8. Ndirigue J., 2004, Adaptability and acceptability of orange and yellow fleshed sweet potato genotypes in Rwanda BSC (Agri) HONS IFA Yagambi, DRC.
9. Noorakmar A.W., Cheow C.S., Norizzah A.R., Mohd Zahid A. & Ruzaina, 2012, Effect of orange sweet potato (*Ipomoea batatas*) flour on the physical properties of fried extruded fish crackers, *Int. Food Res. J.*, **19**, 2, 657-664
10. Okoro Casmir Chukwuemeka, 2007, Effect of process modification on the physio-chemical and sensory quality of fufu-flour and dough, *Afr. J. Biotechnol.*, **6**, 16, 1949- 1953.
11. Oliveira D.M., Reis K.C., Pereira J. & Graduacao E.M., 2006, Agronomia/UFLA, Lavras, MG, Brazil. *Revista-Brasileira-de- Armazenamento*. **31**, 2, 125-135
12. Osunjobi M.A.K. & Ogunwolu S.O., 2010, Physicochemical and sensory properties of cassava flour biscuit supplemented with Cashew Apple Powder, *J. Food technol.*, **8**, 1, 24-29
13. Singh S., Riar C.S. & Saxena D.C., 2008, Effect of incorporating sweet potato flour to wheat flour on the quality characteristics of cookies, *Afr. J. Food Sci.*, **2**, 65-72
14. Sobowale A.O., Olurin T.O. & Oyewol O.B., 2007, Effect of lactic acid bacteria starter culture fermentation of cassava on chemical and sensory characteristics of fufu flour, *Afr. J. Biotechnol.*, **6**, 16, 1954-1958
15. Tian S.J., Rickard J.E. & Blanshard J.M.V., 1991, Physicochemical properties of sweet potato starch. *J. Sci. Food Agric.*, **57**, 459-491.
16. Tilman JC, Colm M. O. B, Denise M. C, Anja D. & Elke K.A., 2003, Influence of gluten free flour mixes and fat powder on the quality of gluten free biscuits, *Eur. Food Res. Technol.*, **216**, 369-376
17. Tsakama M., Mwangwela A.M., Manani T.A. & Mahunga N.M., 2010, Physicochemical and Pasting Properties of Starch Extracted from Eleven Sweetpotato Varieties, *Afr. J. Food Sci. Technol.*, **1**, 4, 090-098.
18. Ulm S. G, 1988, *The Effect of Storage Conditions on Selected Quality Attributes of Sweet potato Flour*, Thesis of the University of Tennessee, Knoxville. 7-26
19. Van Hal M., 2000, Quality of sweet potato flour during processing and storage, *Food Rev. Inter.*, **16**, 1-37
20. Wade, T. 2008, *As Other Staples Soar, Potatoes Break New Ground*, Reuters.
21. Woolfe J. A., 1992, *Sweet potato: An Untapped Food Resource*. Cambridge University Press, Cambridge, 292-389.

M.A. Njoya, Camerounaise, D.E.A., Chercheur, Institut de Recherche Agricole pour le Développement, Laboratoire de Technologie Aliment et Post -Récolte Bambui, Bamenda, Cameroun.

C.W. Nain, Camerounaise, MSc., Technicienne, Institut de Recherche Agricole pour le Développement, Laboratoire de Technologie Aliment et Post -Récolte Bambui, Bamenda, Cameroun.

S.D. Mendi, Camerounais, PhD, Chercheur, Institut de Recherche Agricole pour le Développement, Laboratoire de Technologie Aliment et Post -Récolte Bambui, Bamenda, Cameroun.

H. Imele, Ukrainienne, MSc., Chercheur, Institut de Recherche Agricole pour le Développement, Laboratoire de Technologie Aliment et Post -Récolte Bambui, Bamenda, Cameroun.

Contribution à l'économie locale des micro-entreprises de transformation des céréales dans la ville de Maroua, Cameroun

D.P. Folefack^{1*} & S. Abou²

Keywords: Cereals- Micro-processors- Food processing- Local economy- Innovation- Maroua- Cameroon

Résumé

Afin de mieux cerner l'importance économique des micro-entreprises de transformation des céréales, une enquête a été menée auprès des responsables de ces organisations dans la ville de Maroua, au Cameroun. L'étude révèle que ces micro-entreprises valorisent un grand nombre de denrées alimentaires produites localement, notamment: le mil, le sorgho, le maïs et le riz. Ces denrées tiennent une place importante dans la consommation alimentaire des populations. De même, ces unités de transformation des céréales ont un impact sur l'économie locale, que ce soit en termes de sécurité alimentaire, de création d'emplois, de distribution des revenus, de réduction des inégalités et d'innovations technologiques dans la fabrication locale d'appareils de transformation. Ces activités génèrent en effet des revenus substantiels pour des ménages pauvres. La consommation massive des céréales et la croissance démographique dans la nord Cameroun font que ces petites entreprises sont très actives et transforment des quantités croissantes de céréales chaque jour. Elles existent dans presque tous les quartiers de la ville, mais leur répartition est très inégale. Leur nombre reste cependant faible au regard de la demande alimentaire de la ville de Maroua. L'étude relève que ces unités de transformation rencontrent en effet des difficultés dans le développement de leurs activités. La caractérisation de celles-ci permet de proposer des axes d'interventions ciblées pour les politiques publiques. Elles participent au renforcement les conditions d'émergence du secteur agro-alimentaire.

Summary

Contribution to the Local Economy of Grain Processing Micro-enterprises in the City of Maroua Cameroon

To better understand the socioeconomic importance of the cereals' micro-processors, a survey was carried out among managers of these structures in the town of Maroua in Cameroon. The study reveals that these cereals' micro-processors value a large number of locally produced food commodities, including millet, sorghum, maize, and rice. These products are important in eating habits of the populations. Similarly, these cereals' micro-processors have an impact on the local economy in the town of Maroua, whether in terms of food security, job creation or income distribution and social inequality reduction. All these activities generate substantial income for poor households. Because of the important amount of cereals consumed in the city of Maroua and the increase of local demography, these small processors are very active and process large quantities of grain each day. They exist in almost all areas of the city, but their distribution is very uneven. It is, however, to point out that their number is very low, given the importance of the population of the town of Maroua. The study notes that these grain processing units encounter some difficulties, that must addressed by public policies in order to enhance their effectiveness. They contribute to strengthening the conditions of emergence of the agri-food sector.

¹Centre Régional de Recherche Agricole de Maroua, Maroua, Cameroun

²Institut de Recherche Agricole pour le Développement, Maroua, Cameroun

*Auteur correspondant: Email: dfolefack@yahoo.fr

Introduction

Les activités marchandes de transformation et de préparation alimentaires ont un impact économique considérable pour la zone de savanes en Afrique de l'ouest et du centre, que ce soit en termes de sécurité alimentaire, de création d'emplois ou bien de distribution des revenus et de réduction des inégalités sociales (1, 3). La transformation des céréales locales est encore essentiellement artisanale, et se fait à l'aide de petites machines motorisées dans des ateliers privés: les minoteries. Ces équipements sont pour la plupart importés, de même que les pièces détachées nécessaires à leur entretien (4).

Les céréales occupent une position stratégique dans la politique de développement et les programmes de réduction de la pauvreté dans les pays de l'Afrique en général et ceux du sahel en particulier. La production céréalière à la faveur de bonnes conditions climatiques constitue l'alimentation de base des populations (7), elle procure aussi des revenus aux producteurs qui relèvent le niveau de vie.

Les céréales constituent la base de l'alimentation: sorgho pluvial, sorgho jaune de contre-saison et maïs plus cultivé dans la région du Nord Cameroun. Plusieurs plats sont faits à partir de ces céréales locales, notamment les bouillis, les coucous, beignets, etc. Ainsi par exemple, la culture du «muskwaari» représentait 20 à 30% de la production céréalière de la région de l'Extrême-Nord. Cette contribution est plus importante de l'ordre de 61% dans les exploitations fulbé (2, 9). En effet, selon Wambo *et al.* (9), les coefficients budgétaires que nous mobilisons (% de la dépense alimentaire pour un produit) montrent l'orientation céréalière du système alimentaire du Nord-Cameroun (90% des dépenses alimentaires portent sur les céréales). Les racines, tubercules et féculents restent des produits de consommation marginale pour les populations majoritairement originaires du Nord-Cameroun (9).

Les céréales consommées sont dans la plupart des cas transformées dans les micro-entreprises avant toute préparation notamment dans les modes de consommation urbains. La transformation et la préparation alimentaire sont avec le commerce des vivres, le secteur économique où les femmes jouent

le plus grand rôle. Le suivi et le renforcement de ce secteur agroalimentaire ou agro-artisanal sont donc des enjeux centraux pour le développement économique local (6). Le taux de croissance annuel de la population dans la région de l'Extrême Nord situé à près de 2,9% traduit pour les années à venir des besoins d'accroître la production de farines (5).

Cependant, le secteur de la transformation des produits agricoles en général et des céréales en particulier, connaît de nombreuses contraintes. Certains ont trait notamment à la faible capacité financière des acteurs pour investir dans des infrastructures, équipements et technologies de transformation performants. Les conséquences sont d'importantes pertes post-récoltes en produits, des insuffisantes qualitatives des produits transformés des difficultés de compétitivité des céréales locales par rapport aux importations.

En plus des différentes contraintes, le caractère informel de la majorité des entreprises agroalimentaires en zone sahéenne explique la rareté des données statistiques fiables. Cette étude diagnostique sur les micro-entreprises de transformation des céréales contribuant ainsi utilement à mettre en visibilité la contribution à l'économie locale et la nécessité de mieux reconnaître ces dynamiques dans les programmes de recherche et d'innovation.

Matériels et méthodes

L'étude a été réalisée au Cameroun, principalement dans la ville de Maroua, capitale de la région de l'Extrême-Nord. Maroua est la ville la plus peuplée de la région avec une population estimée à près de 330 410 habitants selon le 3^e recensement général de la population et de l'habitat du Cameroun (5). Dans cette région, les céréales constituent la base de l'alimentation des populations, ce qui justifie l'importance des unités de transformation dans la ville.

Les données ont été collectées au moyen d'un questionnaire d'enquête administré auprès des responsables des micro-entreprises de transformation des céréales dans la ville de Maroua. Un recensement exhaustif de toutes les unités de transformation a permis d'identifier 77 micro-entreprises de transformation des céréales.

Nous avons enquêté 49 responsables de micro-entreprises, soit un taux d'échantillonnage de 67%. Les données collectées à travers cette enquête portent principalement sur: le recensement des micro-entreprises de transformation; la description des types de matériels; l'importance économique des micro-entreprises de transformation des céréales; l'identification des produits céréaliers transformés; des principaux clients; l'identification des principaux problèmes, et les solutions innovantes potentielles.

Après la collecte des données, les logiciels Excel et Statistical Package for Social Science (SPSS), nous ont permis de faire la saisie et des analyses de statistiques descriptives (moyenne, fréquences, minimum, maximum).

Résultats et discussion

Importance des micro-entreprises de transformation des céréales et types de matériels

Les différentes micro-entreprises de transformation des céréales faisant l'objet d'une exploitation commerciale par les acteurs, sont ici recensées selon les quartiers dans la ville de Maroua (Tableau 1).

L'étude permet de constater que les micro-entreprises de transformation des céréales sont des entreprises familiales (gestion familiale). Du fait de leur importance dans la transformation alimentaire, on les rencontre dans presque tous les quartiers de la ville de Maroua, mais leur répartition n'est pas spatialement homogène avec une concentration dans les quartiers où se localisent les marchés. Le recensement des micro-entreprises de transformation des céréales dans la ville de Maroua en 2009 permet de les estimer à près de 77. On constate que les micro-entreprises de transformation sont plus concentrées dans des quartiers comme Domayo (15,58%), Lopéré (14,28%) et Dougoï (10,38%). Ceci s'explique par le fait que le quartier Domayo est un quartier à forte concentration de population et du commerce de la bière locale (bil-bil).

En ce qui concerne le quartier Lopéré «où se situe le marché central de la ville de Maroua», d'où la vente en gros et en détail des céréales.

Ce nombre de micro-entreprises de transformation des céréales est très faible, vu l'importance de la population de la ville estimée à plus de 300 000 habitants. En effet, on observe dans la ville de longues files d'attente d'enfants devant ces micro-entreprises de transformation dans les quartiers pour la transformation des produits, surtout entre 14 et 18 heures (heures d'affluence, après la sortie des classes).

Par ailleurs, ce recensement nous a permis d'identifier les principaux types d'appareils de transformation dans ces unités.

Ainsi, il y a des appareils tels que:

- Les moulins qui transforment les céréales en farine, qui est destinée soit pour la consommation dans les ménages (environ 90%), soit pour la fabrication de la bière locale (10%).

- Les concasseuses qui transforment les céréales en enlevant l'enveloppe (tégument) qui couvre la graine avant de passer le produit au moulin pour le moudre en farine. Leur couleur variable (rouge, bleue, verte, noire), de même que la marque selon les matériels et leur âge (vieux, neufs).

Les marques les plus observés sont: Mami rapide, Manu cycle, Grinding mill et autres.

Ces matériels sont pour la plupart modernes et importés de France ou de fabrication locale. La fabrication de moulins installés dans les localités est une activité en développement (moins de la moitié sont de fabrication locale).

Les moulins ont une contenance d'environ 20 kg, soit 20 tasses de céréales (Photo 1).



Photo 1: Quelques appareils de transformation des céréales rencontrés dans les unités de transformation à Maroua.

Tableau 1

Recensement des micro-entreprises de transformation des céréales dans la ville de Maroua.

N°	Quartiers	Fréquence	Pourcentage (%)
1	Barmaré	3	3,89
2	Bawliwol	4	5,19
3	Domayo	12	15,58
4	Dougoï	8	10,38
5	Founangué	4	5,19
6	Hardé	5	6,46
7	Kakataré	4	5,19
8	Lopéré	11	14,28
9	Ouro Tchedé	5	6,49
10	Palar	6	7,79
11	Pitoaré	4	5,19
12	Pont-vert	6	7,49
13	Zokok	5	6,49
Total		77	100

Contribution des micro-entreprises de transformation de céréales en termes d'emplois

Le relevé du nombre de personnes travaillant auprès des micro-entreprises de transformation des céréales dans la ville de Maroua permet de préciser l'importance du secteur dans la lutte contre le chômage. Bien que ces entreprises soient familiales, elles créent de l'emploi notamment pour la population pauvre.

En effet, chaque unité occupe entre 1 et 5 personnes salariées pour la transformation. Sur les 49 unités enquêtées, nous avons recensé environ 80 employés dans ces unités de transformation. Par unité de transformation, nous avons une moyenne de 1,7 personne. Ce secteur d'activité représente un grand potentiel en termes de création d'emploi. Il contribue ainsi, à la réduction du taux de chômage chez les jeunes. Tandis que les propriétaires sont des femmes, il faut relever que les employés sont tous des hommes, dont l'âge moyen est de 26 ans, et le plus jeune à 15 ans alors que le plus vieux à 42 ans.

L'étude révèle que ces personnes gagnent en moyenne en termes de salaire 9.190 FCFA par mois (un écart type de 3.416 FCFA). Le salaire minimum est de 4.000 FCFA alors que le maximum avoisine les 15.000 FCFA.

Au regard de ces salaires, on est tenté d'affirmer qu'ils sont très mal payés, car, leur rémunération est de très loin en dessous du Salaire Minimum Interprofessionnel Garanti (SMIG) au Cameroun qui est de 36.270 FCFA/mois. Il est tout de même à observer que la plupart de ces employés sont des jeunes célibataires qui sont logés et nourris par leurs parents. En plus, à cause de leur niveau scolaire très bas (la majorité n'a que le niveau primaire), ces jeunes ne se plaignent pas beaucoup de leur bas salaire, et parviennent même selon eux «à joindre les deux bouts»

Principaux produits céréaliers transformés

Ces entreprises valorisent un grand nombre de denrées alimentaires produites localement. Parmi elles, les céréales locales transformées sont le mil, le sorgho, le maïs et le riz... Ces denrées alimentaires tiennent une place importante dans les habitudes alimentaires des populations de la ville de Maroua. Ces céréales sont pour la plupart produites sur place, sauf le riz qui est en grande partie importé.

La forte consommation des céréales à Maroua fait que les différentes unités de transformation sont très actives.

Ainsi, elles transforment quotidiennement des grandes quantités de produits.

Les céréales sont transformées pour 90% en farine, destinées à la consommation des populations et pour 10% à la fabrication de la bière locale (Bil-bil). Une identification des produits transformés dans une unité de transformation témoin révèle que le produit le plus transformé est le sorgho, avec en moyenne de 272 kg/jour/unité, soit environ plus de 13 tonnes par jour.

Il est suivi du maïs avec 80 kg en moyenne par jour et par unité, soit environ 4 tonnes par jour, ensuite le «Muskwari» vient avec 34 kg en moyenne par jour par unité, soit près de 1,6 tonne par jour. Enfin on trouve le riz avec 15 kg en moyenne par jour par unité, soit moins d'une tonne par jour (735 kg) (Photo 2). Du fait que ces produits sont fortement ancrés dans les habitudes alimentaires des populations, les céréales sont transformées tout le long de l'année. Les unités sont donc approvisionnées par des dispositifs de stockage compte tenu de la saisonnalité de la production.



Photo 2: Principaux produits transformés dans les micro-entreprises de transformation de céréales.

Rentabilité financière des micro-entreprises de transformation des céréales

Le coût de transformation est très faible (l'unité de mesure est la tasse équivalente à 1 kg, pour tous les produits: sorgho, maïs, riz, mil). Néanmoins, le prix de l'usinage varie selon le type de produits. Ainsi, le sorgho, le mil et le riz sont écrasés à 10 FCFA la tasse, tandis que le maïs a un prix un peu plus élevé, soit 25 FCFA la tasse.

D'après les agents de ces micro-entreprises cette différence s'explique car le maïs est plus dur à concasser. Ces prix sont stables tout au long de l'année. Pour ce qui est de la rentabilité de ces unités, le compte d'exploitation ci-dessous fournit une première base de connaissances dans un contexte de sous information sur les référentiels technico-économiques mobilisables (Tableau 2). Le résultat d'exploitation mensuel d'une unité de transformation permet de constater qu'elles peuvent dégager une marge brute moyenne d'environ 87.120 FCFA par mois, soit par extrapolation un chiffre d'affaire annuel moyen de 1.045.440 FCFA. Compte tenu du fait que lors des enquêtes, les gérants des unités de transformation ne maîtrisent pas les coûts d'achats des appareils de transformation, le calcul de la marge nette de l'exploitation est difficile. A partir de ce résultat, nous pouvons dire que cette activité est rentable. Elle est une source génératrice des revenus qui contribue efficacement à la lutte contre la pauvreté. Notre enquête nous a permis de constater que le poste de dépenses le plus important réside dans la consommation d'énergie électrique, évaluée à près de 43.326 F CFA par mois et par micro-entreprise de transformation dans la ville de Maroua.

Contraintes et suggestions des agents des micro-entreprises de transformation des céréales

Le travail d'enquête fait ressortir les problèmes ou contraintes prioritaires rencontrés par les gestionnaires des micro-entreprises de transformation des céréales.

Nous pouvons les classer comme suit par ordre d'importance pour les enquêtés:

- Absorption pulmonaire de farine (51,7%),
- Vol de farine par des clients (22,4%),
- Arriéré de salaire (15,5%),
- Accident de travail (3,4%),
- Manque de matériel de travail (3,4%).

Face aux problèmes rencontrés, les responsables de micro-entreprises de transformation suggèrent des actions pour améliorer leurs activités.

Tableau 2

Compte d'exploitation mensuelle d'une micro-entreprise de transformation des céréales.

Rubriques	Unité	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Prix total (FCFA)
Dépense				
Location salle	Mois	1	7 000	7 000
Electricité	Kw	614	70	42 980
Salaire des employés	Mois	2	9 000	18 000
Impôt libérateur ou taxes	Mois			1 200
Cout variable				69 180
Produits				
Sorgho	kg	8 160	10	81 600
Maïs	kg	2 400	25	60 000
Riz	kg	1 020	10	10 200
Mil	kg	450	10	4 500
Produits bruts				156 300
Marge brute mensuelle de l'activité				87 120

Ces actions peuvent être classées comme suit par ordre d'importance:

- Utiliser les appareils de protection respiratoire et ou consommer régulièrement du lait (37,1%),
- Se faire consulter régulièrement à l'hôpital afin de détecter des cas de problèmes pulmonaires (17,14%),
- Payer les salaires des employés à temps (15,7%),
- Mieux organiser les clients (surtout qu'il s'agit des petits enfants) lors des heures de fortes affluences pour éviter la confusion de produit lors de la transformation (15,71%),

L'action des pouvoirs publics dans l'accompagnement de ces actions reste cependant très faible. Pourtant l'utilité publique en terme de contribution à la sécurité alimentaire, création d'emplois, d'innovations technologiques devraient justifier des mesures d'accompagnement et de soutiens pour renforcer l'efficacité et redynamiser ces structures afin qu'elles puissent accroître leur compétitivité et augmenter leur contribution à l'approvisionnement de la ville à partir de ressources agricoles locales. En cela, ils doivent aider les mouliniers à s'organiser en organisations professionnelles pour mieux défendre leurs intérêts (salaire, accidents, maladies).

Ils doivent amener les propriétaires des unités de transformation et les mouliniers à signer des

contrats de travail et payer au moins un SMIG aux employés, mais aussi à les assurer par rapport aux accidents de travail et aux maladies (pulmonaires). Enfin une meilleure implication des services sanitaires pourrait fiabiliser les connaissances et créer plus d'informations sur la pertinence des solutions testées. En l'occurrence les causalités entre la fabrication de farines et les problèmes pulmonaires devraient être explicitées selon les itinéraires techniques mobilisés. L'usage du lait dans la littérature étant peu d'utilité par rapport au problème identifié, il devrait être complété par des recommandations sanitaires et médicales mieux adaptées.

Conclusion

Les activités marchandes de transformation et de préparation alimentaires ont un impact économique et social. Ces micro-entreprises de transformation jouent un rôle important dans la sécurité alimentaire des ménages et contribuent au développement des activités de commercialisation et à l'innovation sur les produits céréaliers transformés locaux pour la sécurité alimentaire de la ville de Maroua.

Elles contribuent à la création d'emplois et à la réduction des inégalités par inclusion de populations jeunes sans emplois. Ces activités sont réalisées par des unités de production familiales.

Elles sont décentralisées et intensives en travail mais constituent une source de revenus urbains qui pourrait être renforcée, notamment pour la population pauvre.

Ces Micro-entreprises de transformation existent dans presque tous les quartiers de la ville de Maroua, mais leur répartition est très inégale. Leur nombre peu élevé au regard de l'importance de la croissance en cours de la population de la ville est pour partie lié à un certain nombre de contraintes qui ont été identifiées.

La consommation importante des céréales dans la ville de Maroua fait que les unités de transformation sont très actives et transforment des grandes quantités de céréales chaque jour.

Ces entreprises valorisent un grand nombre de céréales locales, qui ont une place importante dans les habitudes alimentaires des populations. Les contraintes principales sont: l'absorption de farine, le vol de farine, les salaires bas, les accidents de travail et le manque de matériel de travail (équipement adapté). Certaines (problèmes de santé liés à l'absorption de faines) constituent une forme de «coût caché» qui expliquent le peu d'incitation à entrer dans l'activité notamment de la part des femmes.

Une politique publique d'information, de recherche et d'accompagnement des dynamiques entrepreneuriales de transformation des céréales locales en cours serait susceptible d'accroître les impacts socio-économiques importants pour le développement du Nord Cameroun.

Références bibliographiques

1. Cerdan C., Ndjouenkeu R. & Mbayhoudel K., 2004, Valorisation des productions vivrières : place et rôle dans le développement économique des savanes d'Afrique centrale, *Cah. Agric.*, **13**, 1, 85-90, Janvier-Février 2004.
2. Ferré T, Doassem J. & Kamené A., 1999, *Dynamique des activités de transformation des produits agricoles à Garoua, Nord Cameroun*. Garoua: IRAD/PRASAC, 1999, 89.
3. Lebourier N., 2009, Investir dans la transformation de céréales locales, *Grain Sel*, **45**, 27-28, décembre 2008 – février 2009.
4. Medjigbodo R.M.P., 2009, Analyse de l'efficacité technique des unités de transformation des céréales à partir d'une fonction de coût frontrière, *Tropicultura*, 2009, **27**, 4, 218-222.
5. RGPH, 2010, *Rapport de présentation des résultats définitifs du 3e recensement général de la population et de l'habitat (RGPH) du Cameroun en 2005*. 67.
6. Seiny-Boukar L., 2002, *Savanes africaines: des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis*. Actes du colloque, mai 2002, Maroua, Cameroun. N'Djamena, Tchad, PRASAC, 10.
7. Seiny-Boukar L. & Boumard P., 2010, Actes du colloque «*Savanes africaines en développement: innover pour durer*», 20-23 avril 2009, Garoua, Cameroun. PRASAC, N'Djaména, Tchad; CIRAD, Montpellier, France, cédérom.
8. Temple L., Fofiri N.E., Ndamé J.P. & Ndjouenkeu R., 2010, *Impacts de la croissance urbaine sur l'innovation dans les filières vivrières du Nord Cameroun*. In: L. Seiny-Boukar, P. Boumard (éditeurs scientifiques), Actes du colloque «*Savanes africaines en développement: innover pour durer*», 20-23 avril 2009, Garoua, Cameroun. PRASAC, N'Djaména, Tchad; Cirad, Montpellier, France, cédérom...
9. Wambo Y.A.H., Havard M., & Njoya A., 2002, *Développer l'agriculture irriguée pour consolider la sécurité alimentaire au Nord-Cameroun?* Jamin J.Y., In: «*Savanes africaines: des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis*», version provisoire. Colloque du 28-31 mai 2002, Garoua (Cameroun), 10.
10. Fofiri Nzossié E.J., Ndamé J.P., Temple L., Dury S., Ndjouenkeu R., & Kamdem M.S., 2010, L'émergence du maïs dans la consommation alimentaire des ménages urbains au Nord-Cameroun, *Écon. rurale*, 318-319.

D.P. Folefack, Camerounais, PhD, Chargé de Recherche, Ministère de la Recherche Scientifique et de l'Innovation, Yaoundé, Cameroun.

S. Abou, Camerounais, Doctorant (PhD), Université de Maroua, Institut Supérieur du Sahel; Chercheur, Centre Régional de la Recherche pour le Développement, Maroua, Cameroun.

Pression anthropique et dynamique végétale dans la Forêt Classée de Tiogo au Burkina Faso: apport de la Télédétection

B. Tankoano^{1,2*}, Z. Sanon¹, M. Hien¹, N.H. Dibi¹, J.T. Yameogo¹ & I. Somda¹

Keywords: Forest Degradation- Dynamics of woody cover- Remote sensing and GIS- Burkina Faso

Résumé

Au Burkina Faso, la surface des aires protégées diminue chaque année sous l'effet de la pression anthropique et des changements climatiques. Afin de bien appréhender cette dégradation exacerbée du couvert végétal, une étude a été initiée dans la Forêt Classée de Tiogo. Elle avait pour objectif principal de mettre en évidence la dynamique forestière entre 1986 et 2014 au moyen de la télédétection et des Systèmes d'information géographique. Pour ce faire, une exploitation des images Landsat de 1986 et de 2014 a été faite. Des traitements numériques d'images satellitaires ont été couplés aux données floristiques (description des types de végétation et le diamètre à hauteur de poitrine ou 1,30 m) collectées sur le terrain. Ceci a permis d'identifier les forêts galeries, les savanes arborées (denses et claires), les savanes arbustives (denses et claires) et les champs. Les résultats cartographiques révèlent une régression de la couverture ligneuse de l'ordre de 0,49% par an entre 1986 et 2014. Cette régression de la végétation s'est faite au profit des champs qui ont augmenté de 3.347 ha. Ces résultats suggèrent la mise en place d'une politique efficace de gestion durable de la Forêt Classée de Tiogo pour éviter sa disparition à moyen terme.

Summary

Anthropogenic Pressure and Vegetation dynamics in the Classified Forest of Tiogo in Burkina Faso: Contribution of Remote Sensing

In Burkina Faso, the area of protected areas decreases yearly under the effect of anthropogenic pressure and climate change. In order to understand this extreme degradation of vegetation, a study was initiated in the Classified Forest of Tiogo. It aims at highlighting the forest dynamics between 1986 and 2014 using remote sensing and geographic information systems. To do this, Landsat images of 1986 and 2014 were analysed. Digital processing of satellite images was coupled with floristic data (dendrometric data) collected on the field. This allowed to identify gallery forests, wooded savannas (dense and clear), shrubby savannas (dense and clear) and fields. The cartographic results reveal a regression of forest canopy of about 0.49% per year between 1986 and 2014. This regression of vegetation is made to the benefit of agricultural fields that have increased by 3,347 ha. These results suggest the development of an effective policy of sustainable management of Tiogo Forest to prevent its disappearance in the medium term.

¹Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural, Laboratoire des Systèmes Naturels, Bobo-Dioulasso, Agro-systèmes et de l'Ingénierie de l'Environnement, Burkina Faso.

¹Université Félix Houphouët Boigny Abidjan-Cocody, UFR Biosciences et Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT), Abidjan, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant: Email: btankus67@yahoo.fr

Reçu le 09.04.15 et accepté pour la publication le 09.04.15

Introduction

Les forêts classées, les réserves de faune et les parcs constituent les sites privilégiés pour la conservation de la biodiversité au Burkina Faso (15, 18, 26). Le couvert végétal est l'une des composantes les plus importantes de l'occupation du sol dans une aire protégée. Elle caractérise la nature et l'état de conservation des espaces protégés. En effet, il conditionne la présence de la faune et de la diversité spécifique de la flore (26). Toutefois, la conservation de la biodiversité passe par la protection et la gestion des réservoirs que constituent les formations forestières classées ou protégées.

Malheureusement au Burkina Faso, on observe une forte dégradation de la végétation liée à de nombreux facteurs naturels et anthropiques. Même les aires protégées du pays n'échappent pas à cette dégradation. Le Burkina Faso a perdu 17,5% de son couvert forestier entre 1990 et 2010 (8). Cela a aussi été signalé par Bombiri (2) qui estime la réduction annuelle du couvert végétal du Burkina Faso à 4,04% entre 1992 et 2002. Il est clair qu'en absence d'une réelle volonté politique, ces réserves de biodiversité disparaîtront. Cette dégradation rapide des forêts expose les populations, surtout celles vivant en zone rurale, à des conditions de vie difficiles. En effet, leurs modes de vie sont essentiellement basés sur les profits et services tirés des ressources naturelles. Il s'agit entre autres de la fonction culturelle, du bois-énergie et des produits alimentaires issus de la cueillette, de la pêche et de la chasse.

Bien que la pression sur les ressources naturelles ne cesse de s'accroître, des données précises sur la dynamique de la végétation et sur l'appauvrissement de la biodiversité de certaines formations forestières font encore défaut au Burkina Faso. Pourtant, ces informations sont d'une importance capitale pour tout plan d'aménagement forestier visant une exploitation rationnelle des ressources végétales. C'est dans ce contexte que cette étude intitulée «Pression anthropique et dynamique végétale dans la Forêt Classée de Tiogo au Burkina Faso: apport de la télédétection» a été initiée.

Celle-ci propose d'améliorer les connaissances sur le phénomène de la dégradation dans la Forêt Classée de Tiogo et de donner aux gestionnaires des éléments indispensables à la mise en place d'une politique de gestion durable des forêts. Il s'agit plus spécifiquement de caractériser et cartographier les différents types de végétation de ladite forêt et d'évaluer la dynamique forestière entre 1986 et 2014. Pour atteindre ces objectifs fixés, nous avons émis les hypothèses suivantes: l'imagerie satellitaire offre un outil de description fine de l'occupation des sols; les changements observés entre 1986 et 2014 sur la couverture végétale dans la Forêt Classée de Tiogo sont imputables aux activités anthropiques dans un contexte de changement climatique.

Matériel et méthodes

Description de la zone d'étude

Classée en 1940 par l'administration coloniale, la Forêt Classée de Tiogo couvre une superficie de 30.669 ha. Elle est située dans la province du Sanguié (région du Centre-Ouest) sur l'axe Koudougou-Dédougou, à 40 km de la ville de Koudougou. La zone d'étude est précisément localisée entre les longitudes 2°42' et 2°52' Ouest et les latitudes 12°13' et 12°24' Nord (Figure 1). Le relief de la forêt classée est plat et monotone dans l'ensemble, avec un certain nombre de buttes cuirassées (24). L'altitude moyenne est 300 m. Au niveau pédologique, la forêt classée est caractérisée par des sols peu profonds, des sols hydromorphes et des sols à sesquioxyde de fer, avec des profondeurs variables (17). Cette aire protégée est limitée dans sa partie ouest, par le Mouhoun qui est le seul fleuve à régime permanent du pays. La zone d'étude est soumise à un climat de type soudanien, caractérisé par deux saisons. La première qui est pluvieuse s'étale de mai à octobre et la seconde sèche s'étend de novembre à avril (7). La température moyenne annuelle est de 24 °C, avec une amplitude thermique de 15 °C (22). La végétation de la forêt est répartie entre les types de formations suivants: la savane arborée, la savane arbustive, la forêt ripicole ou la forêt galerie et la savane herbeuse (24).

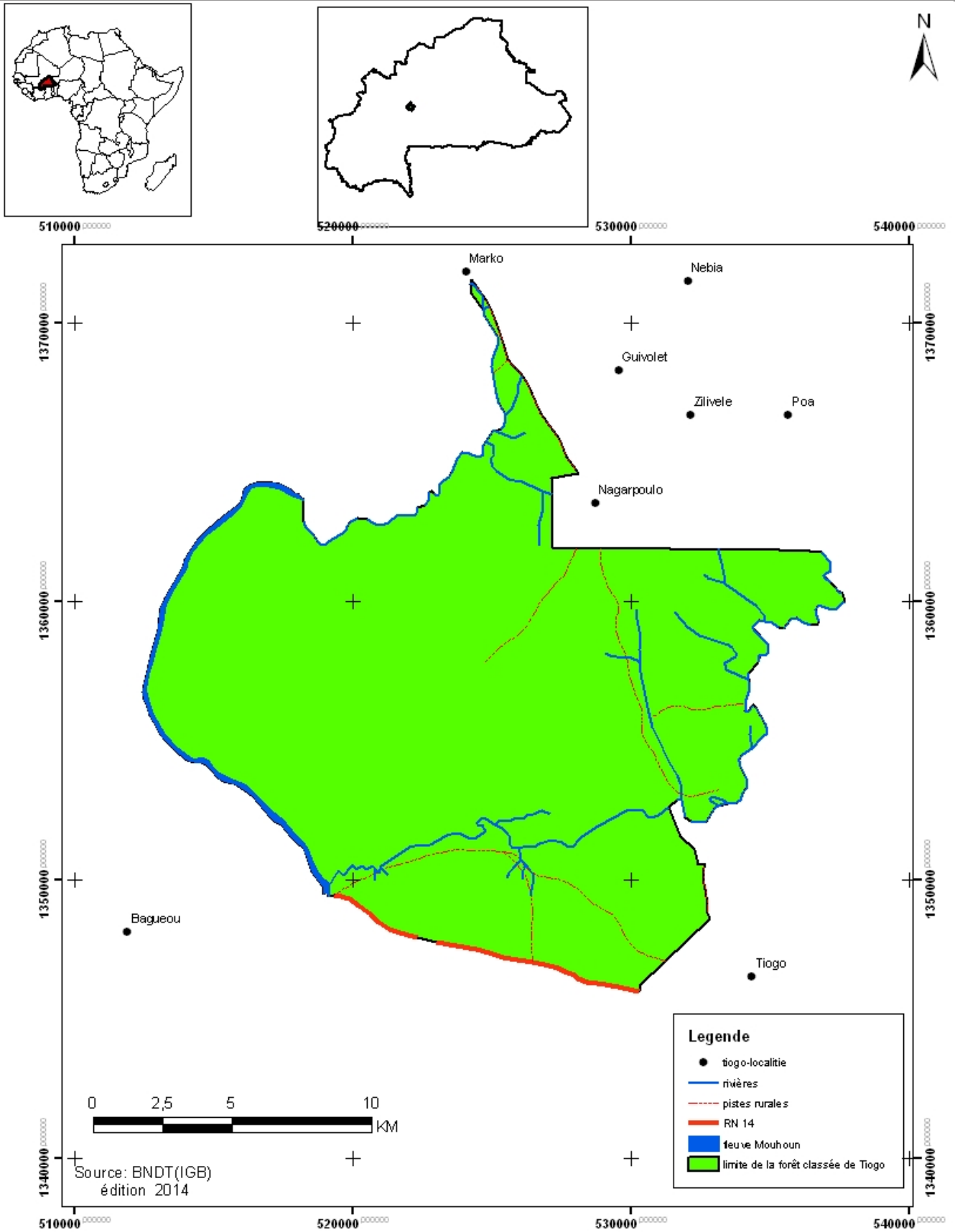


Figure 1: Localisation de la Forêt Classée de Tiogo au Centre-Ouest du Burkina Faso.

Le potentiel hydrographique de la forêt classée repose essentiellement sur le fleuve Mouhoun; auquel s'ajoutent des rivières et marigots à régimes temporaires. Selon le recensement général de 2006, la population de la commune de Ténado (abritant le village de Tiogo) est estimée à 45.506 habitants (11). La population de Tiogo est constituée principalement de l'ethnie Lyela et d'une importante communauté de Mossé et de Peul pasteurs installée dans la zone depuis la sécheresse de 1970. Le centre de soins de la lèpre, installé dans les années 1950 à Tiogo, a attiré des malades et leurs accompagnants venus de certains pays de la sous-région comme le Mali, le Niger et le Togo. Certains y sont restés après guérison (23) et une enclave leur est concédée dans la partie sud de la Forêt Classée de Tiogo (24). L'agriculture traditionnelle est la principale activité des populations de Tiogo à l'instar des autres communautés rurales du pays. L'adoption de la culture du coton dans la zone d'étude a été un facteur ayant stimulé la conquête de nouvelles terres (24). Aussi, les populations se sont tournées vers la Forêt Classée de Tiogo qui est perçue comme une «banque de terres» pour y installer des champs clandestins. L'élevage pratiqué dans la zone est de type extensif. A cause de l'occupation des pistes de transhumance et des pâturages par les champs agricoles, il est noté une tendance à la sédentarisation des Peul pasteurs aux alentours de la forêt classée. L'exploitation forestière et la pêche sont aussi des activités non négligeables qui constituent des facteurs de pression sur la forêt classée (24).

Images satellitaires et logiciels utilisés

Les images satellitaires utilisées ont été acquises à la même période de l'année afin de réduire les problèmes liés aux différences d'angles solaires, aux changements phénologiques de la végétation et à la différence d'humidité des sols. Ainsi, les deux images sont une scène Landsat 5 TM (Path 196, Row 51) du 8 octobre 1986 et une scène Landsat 8 (Path 196, Row 51) du 21 octobre 2014. Toutes les images sont issues de la base de données de United State Geological Survey (USGS, www Landsat.usgs.gov/).

Les logiciels Envi 4.2 et ArcGis 9.3 ont été utilisés respectivement pour le traitement numérique des images et la cartographie. Des données de terrain (présence de champs, pâturages, feux de brousse, coupe du bois, activités minières) ont été également collectées en complément des images spatiales.

Traitement des images satellitaires et analyse des données

Pour le traitement numérique des images satellitaires et la cartographie, une chaîne de traitements a été appliquée. La première opération a consisté à extraire de l'image Landsat, une fenêtre d'étude centrée sur la forêt classée. Pour cette opération, le fichier «shapefile» du contour de la forêt classée a été utilisé. Cette extraction de fenêtre d'étude a été suivie de l'amélioration d'image.

Ce traitement visait à faciliter la discrimination des types d'occupation du sol avant la collecte des données de terrain.

Des compositions colorées ont été réalisées sur les bandes brutes 5-4-3 (Landsat 8) et 4-3-2 (Landsat 5 TM). Ces dernières ont permis de discriminer les différents types d'occupation du sol. Pour affiner les traitements, une analyse en composantes principales a été effectuée sur les images brutes. Cette opération a permis d'améliorer la qualité visuelle de chaque bande brute, de décorréler les néo-canaux et de maximiser l'information sur les trois premiers néo-canaux (composantes principales).

La finalité de ces opérations est d'exploiter les néocanaux dans des compositions colorées. Cette dernière composition a permis de discriminer les types d'occupation du sol suivants: la forêt galerie, la savane arborée dense, la savane arborée claire, la savane arbustive dense, la savane arbustive claire et les champs.

Pour la confirmation de ces premiers résultats (types d'occupation du sol), quatre indices de végétation (indices biophysiques) ont été calculés (10). Il s'agit de l'indice de brillance des sols (Brightness Index), l'indice d'humidité (Wetness Index), l'indice de verdure (Greenness Index) et

l'indice de végétation normalisé (Normalized Difference Vegetation Index) qui ont permis de mettre en évidence :

- le niveau de recouvrement ou densité de la couverture végétale (*BI*) est défini par la formule I:

$$BI = 0,3037 \times Band2 + 0,2793 \times Band3 + 0,4743 \times Band4 + 0,5585 \times Band5 + 0,5082 \times Band6 + 0,1863 \times Band7 \quad I$$

- le niveau d'humidité de la végétation ou du sol sous-jacent (*WI*) est défini par la Formule II:

$$WI = 0,1509 \times Band2 + 0,3279 \times Band3 + 0,3279 \times Band4 + 0,3406 \times Band5 - 0,7112 \times Band6 - 0,4572 \times Band7 \quad II$$

- le niveau de stress hydrique de la végétation (*GI*) est défini par la Formule III:

$$GI = -0,2848 \times Band2 - 0,2435 \times Band3 - 0,5436 \times Band4 + 0,7243 \times Band5 + 0,084 \times Band6 - 0,18 \times Band7 \quad III$$

- et l'intensité de l'activité photosynthétique (*NDVI*) est défini par la Formule IV:

$$GI = (Band5 - Band4) / (Band5 + Band4) \quad IV$$

L'interprétation visuelle des compositions colorées validées avec les différents indices de végétation ont permis de sélectionner dans les différents types d'occupation du sol, plusieurs sites à visiter sur le terrain. Les documents cartographiques (réseau routier) existants ont facilité le choix de ces sites. Finalement, les types d'occupation du sol retenus sont : les forêts ripicoles, les savanes arborées (dense et claire), les savanes arbustives (dense et claire) et les champs ainsi que les sols nus. Les coordonnées des différents sites «vérité terrain» ont été enregistrées dans le GPS. Il s'agit de 150 parcelles dont 18 pour les forêts ripicoles, 30 pour les savanes arborées denses, 42 pour les savanes arborées claires, 18 pour les savanes arbustives denses, 18 pour les savanes arbustives claires et 24 pour les champs et sols nus. Cette répartition tient compte de la superficie de chaque classe d'occupation dans la forêt classée.

Cette phase «vérité terrain» a été effectuée lors d'une mission d'observation (octobre-novembre) dans la forêt et sa périphérie. La période de la mission coïncide avec celle d'acquisition de nos images satellitaires. Cette mission terrain nous a permis de faire une description des différents types de végétation et de noter le niveau de dégradation de la forêt. Les parcelles de «vérité terrain» sont caractérisées par leur homogénéité et leur taille suffisamment grande. Pour effectuer les mesures dendrométriques, 47 placettes ont été posées au hasard dans les formations naturelles. Ces placettes de 30x30 m (pour les savanes) et de 50x10 m (pour les forêts galeries ou ripicoles), sont au nombre de 8 pour les forêts ripicoles, 14 pour les savanes arborées claires, 11 pour les savanes arborées denses, 8 pour les savanes arbustives denses et 6 pour les savanes arbustives claires. Ainsi, à l'intérieur des placettes, les diamètres à hauteur de poitrine (1,30 m) des arbres et arbustes dont le diamètre est supérieur ou égal à 10 cm ont été relevés. Aucune placette n'a été posée dans les champs.

Le traitement des données d'inventaire forestier a permis de faire une analyse de la structure horizontale des différents types de végétation. Cela a été possible par le calcul de:

-la densité de ligneux «*D*» selon la formule V:

$$D = \frac{N}{S} \quad V$$

N est le nombre de tiges du milieu considéré et *S* la surface totale des placettes en ha);

- l'aire basale (*G*) selon l'expression de la formule VI:

$$g = d_i^2 \times \pi / 4 \quad VI$$

(*d_i* est le diamètre de la tige et $\pi = 3,14$; *d_i* en m) ;

-la répartition des tiges par classes de diamètres «*T*» (pour l'ensemble de la forêt) selon la formule VII:

$$T = \frac{N}{I}; \quad VII$$

(*N* est le nombre de tiges et *I* l'intervalle en cm).

En se basant sur les informations collectées sur le terrain, les traitements des images ont été finalisés. En effet, la classification dirigée des images par la méthode de classification par maximum de vraisemblance a permis de produire les deux cartes d'occupation du sol de la Forêt classée de Tiogo. Cet algorithme utilise des « zones échantillons » pour déterminer les caractéristiques des classes d'objets, qui deviennent également des centres dans l'espace multi-spectral (3).

Au total, 75 parcelles d'entraînement ont servi de base à cette classification dirigée et 75 autres parcelles ont servi de contrôle.

L'évaluation de la classification dirigée de l'image de 2014 a été faite à partir des observations de terrain (données structurales de la végétation) et l'analyse statistique. La matrice de confusion de cette classification a été faite sur la base des parcelles de contrôle issues des parcelles de «vérité terrain», autres que celles ayant servi pour l'entraînement. Ce qui a permis de mettre en évidence la performance du traitement et la fiabilité des résultats obtenus.

Cette même technique a été reprise pour l'évaluation de la classification dirigée de 1986. Mais pour cette dernière, la carte d'occupation du sol de 2014, celle de la BDOT de 2002 et les données de terrain de 2013 ont été la vérité de terrain. En effet, les types de végétation identifiés dans la forêt classée de Tiogo en 1986 sont les mêmes que ceux identifiés en 2013. Mais l'occupation spatiale de ces types de végétation a été modifiée entre les différentes dates (1986 et 2013). Ainsi, les parcelles d'entraînement et de contrôle sélectionnées sur les différentes compositions colorées de 1986 ont été faites dans les zones n'ayant pas subi de changements.

Finalement, un filtre médian a été appliqué à toutes les images classifiées en vue de les rendre plus nettes par élimination de pixels isolés. Ensuite, la vectorisation des images classifiées a été réalisée. Après cette étape, le fichier a été exporté en format «shapefile» pour être utilisé dans le logiciel ArcGis 9.3. Ce fichier, une fois édité a permis de générer les cartes d'occupation du sol de la Forêt classée de Tiogo en 1986 et en 2014.

Dynamique de la végétation ligneuse

Une évaluation des superficies des différents types de végétation et d'occupation du sol a été faite à l'aide du logiciel ArcGis 9.3. Cette évaluation a servi à analyser l'évolution des différents éléments de l'occupation du sol dans la Forêt classée de Tiogo entre 1986 et 2014. Le taux d'évolution moyen annuel de chaque élément de l'occupation du sol a été calculé suivant la formule VIII:

$$T_x = [((S_{2014} - S_{1986}) / S_{1986}) \times 100] / 28 \quad \text{VIII}$$

T_x : Taux d'évolution moyen annuel; S_{1986} : superficie de la classe i en 1986; S_{2014} : superficie de la classe i en 2014; 28: nombre d'années entre 1986 et 2014.

Résultats

Caractérisation des types de végétation

La Forêt classée de Tiogo comporte cinq types de formations végétales

La forêt ripicole et la forêt galerie (forêt) sont rencontrées le long du fleuve Mouhoun et ses affluents. Elles restent vertes toute l'année. Les principales espèces de ces formations sont: *Mitragyna inermis* (Willd.) Kuntze, *Vitex chrysocarpa* Planch. ex Benth., *Aphania senegalensis* (Juss. ex Poir.) Radlk., *Cola laurifolia* Mast., *Pterocarpus santalinoides* L'Her. ex DC., *Garcinia livingstonei* T. Anders. et *Eugenia nigerina* A. Chev. ex Hutch. et Dalz.

La savane arborée dense (savane 1) est caractérisée par une dominance de la strate arborée avec peu d'arbustes. Il existe un tapis herbacé peu dense. Le recouvrement ligneux est compris entre 50 et 70%. Comme principales espèces, il y a: *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. et Perr., *Burkea africana* Hook. f., *Isobertia doka* Craib et Stapf, *Pterocarpus erinaceus* Poir., *Combretum collinum* Fresen., *Terminalia macroptera* Guill. et Perr. et *Vitellaria paradoxa* Gaertn. f.

La savane arborée claire (savane 2), à la différence de la savane arborée dense, présente une strate arborée clairsemée. Le couvert herbacé est bien développé. Le taux de recouvrement varie de 30 à 45%.

Les espèces fréquentes sont *Terminalia laxiflora* Engl., *Pterocarpus erinaceus*, *Vitellaria paradoxa*, *Combretum collinum*, *Prosopis africana* (Guill. et Perr.) Taub., *Lannea acida* A.h. Ric, *Lannea microcarpa* Engl. et K. Krause.

La savane arbustive dense (savane 3) est une formation végétale qui est dominée par les arbustes, avec une densité élevée. Elle est caractérisée par une strate ligneuse dense avec un tapis herbacé composé essentiellement de graminées vivaces denses. Les arbres y sont rares. Le recouvrement ligneux varie de 30 à 60% dont moins de 10% pour les arbres. Les principales espèces qu'on y rencontre sont *Detarium microcarpum* Guill. et Perr., *Anogeissus leiocarpa*, *Terminalia laxiflora*, *Piliostigma thonningii* (Schumach.) Milne-Redh. *Piliostigma reticulatum* (D.) Hochst., *Ximenia americana* L. et *Ptelopsis suberosa* Engl. et Diels. La savane arbustive claire (savane 4) présente une strate arbustive peu dense avec un tapis herbacé composé de vivaces. Le recouvrement ligneux varie de 15 à 30%. Les espèces fréquentes sont *Acacia macrostachya* Reichenb. ex Benth., *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., *Acacia dudgeoni* Craib ex Hall., *Ziziphus mauritiana* Lam., *Combretum glutinosum* Perr. ex DC., *Combretum micranthum* G. Don, *Gardenia ternifolia* Schumach. et Thonn., *Grewia lasiodiscus* K. Schum. et *Feretia apodanthera* Del. Sur la base de la description physiologique des types de formation végétale, nous avons fait des relevés de végétation consignés dans le tableau 1. La forêt galerie (forêt) est la plus haute et elle présente une strate arborée avec un fort taux de recouvrement par rapport aux savanes. La structure verticale de ces dernières montre que la savane 1 (savane arborée dense) diffère de la savane 2 (savane arborée claire), de la savane 3 (savane arbustive dense) et de la savane 4 (savane arbustive claire) par la strate ligneuse plus haute avec un taux de recouvrement au sol élevé. La différence observée au niveau de la structure verticale entre la forêt galerie (forêt) et les formations de savanes est confirmée au niveau de la densité des tiges et de l'aire basale (Figure 2). Ainsi, les deux paramètres de la structure horizontale de ces formations indiquent que la forêt galerie (forêt) et les savanes restent statistiquement différentes, tant au niveau de la densité de tiges que de la surface terrière.

Une comparaison de la structure horizontale des formations savanicoles, indique qu'il y a une différence significative entre les quatre types de savanes. Ainsi, on note une densité de tiges plus élevée dans la savane 1 (savane arborée dense). La savane 4 (savane arbustive claire) a la plus faible densité. Tout comme au niveau de la densité des tiges/ha, l'aire basale de la savane 1 (savane arborée dense) est supérieure à celle des autres savanes. On note aussi que la densité de tiges de la savane 3 (savane arbustive dense) est supérieure à celle de la savane 2 (savane arborée claire). Cependant, la savane 2 (savane arborée claire) a une aire basale supérieure à celle de la savane 3 (savane arbustive dense). Ceci confirme une forte densité d'arbustes à faibles diamètres dans la savane 3 (savane arbustive dense). Par contre au sein de la savane 2 (savane arborée claire) on note une présence de gros diamètres. Ainsi, nous constatons que les aires basales ou surfaces terrières permettent une discrimination fine de ces formations savanicoles.

Répartition des individus par classes de diamètre

Pour mieux cerner la structure de la forêt, nous avons fait une distribution des individus par classe de diamètre (Figure 2C). La répartition des individus dans les différentes classes de diamètre révèle que l'essentiel des effectifs est entre 10-15 cm. Au-delà de 15 cm, le nombre d'individus diminue considérablement. Cette distribution des individus en classe de diamètre présente une allure en forme de «J renversé». Ceci caractérise les forêts à forte dominance d'individus jeunes et une faible présence d'individus de gros diamètres.

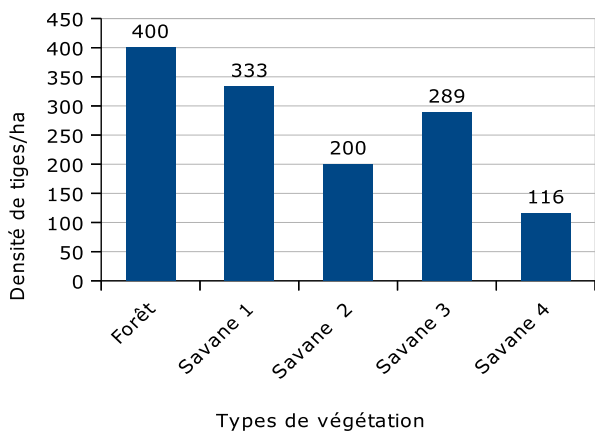
Cartographie de la végétation et vérification de la classification

Le tableau 2 donne les matrices de confusions des traitements qui indiquent que les précisions globales de classification sont de 91,14% et 92,43%, respectivement pour les images de 1986 et 2014. Les valeurs en diagonale indiquent le pourcentage de pixels bien classés et hors diagonale le pourcentage de pixels mal classés pour chaque unité d'occupation du sol.

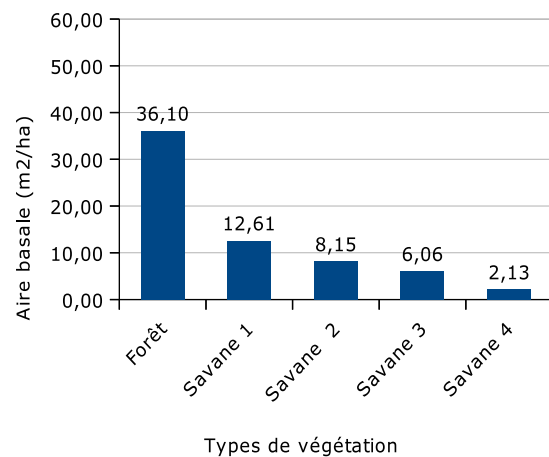
Tableau 1

Distribution des parcelles et placettes sélectionnées pour l'analyse de la végétation de la Forêt Classée de Tiogo.

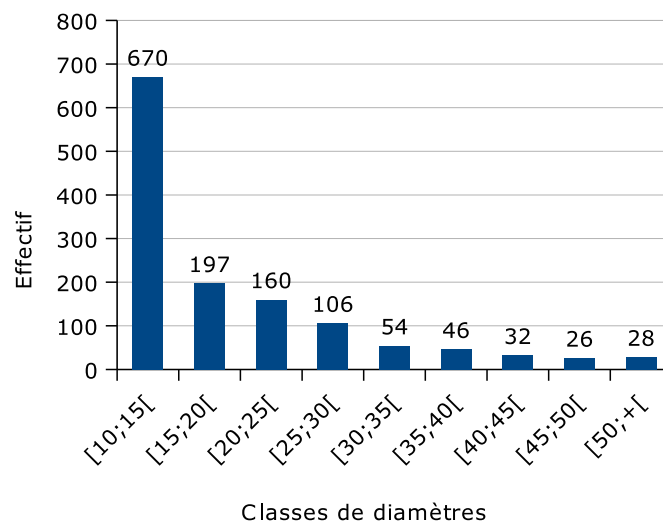
Types d'occupation du sol	Sites visités	Placettes par type de végétation	Analyse de la structure ligneuse	Parcelles d'entraînement sélectionnées	Parcelles de contrôle sélectionnées
Forêt galerie ou ripicole	18	8	5	9	9
Savane arborée dense	30	11	5	15	15
Savane arborée claire	42	14	5	21	21
Savane arbustive dense	18	8	5	9	9
Savane arbustive claire	18	6	5	9	9
Champs/sols nus	24	0	0	12	12
Total	150	47	25	75	75



A



B



C

Figure 2: Densités de tiges (A) et aires basales (B) de chaque type de végétation à l'hectare et la distribution des individus par classes de diamètres (C) de la Forêt Classée de Tiogo.

Forêt: Forêt galerie ou ripicole; Savane 1: Savane arborée dense; Savane 2: Savane arborée claire; Savane 3: Savane arbustive dense; Savane 4: Savane arbustive claire

Tableau 2

Matrices de confusion de la classification de l'image de 2014 et de celle de 1986.

2014						
Classes d'occupation du sol	FG	SAD	SAC	Sad	Sac	Csn
Forêt galerie (FG)	95,96	12,86	0	2,7	0	0
Savane arborée dense (SAD)	3,38	86,02	0	0	0	0
Savane arborée claire (SAC)	0	0	91,67	0	1,74	1,08
Savane arbustive dense (Sad)	0,66	1,12	0	97,3	0	0
Savane arbustive claire (Sac)	0	0	0	0	90,12	5,44
Champs/sols nus (Csn)	0	0	8,33	0	8,14	93,48
Total	100	100	100	100	100	100
Précision globale= 92,43%						
1986						
Classes d'occupation du sol	FG	SAD	SAC	Sad	Sac	Csn
Forêt galerie (FG)	89,54	5,68	0	9,11	0	0
Savane arborée dense (SAD)	5,83	93,4	0	0	0	0
Savane arborée claire (SAC)	0	0	81,48	0	4,83	0,61
Savane arbustive dense (Sad)	4,63	0,92	0	90,89	0	0
Savane arbustive claire (Sac)	0	0	0	0	94,07	1,91
Champs/sols nus (Csn)	0	0	18,52	0	1,1	97,48
Total	100	100	100	100	100	100

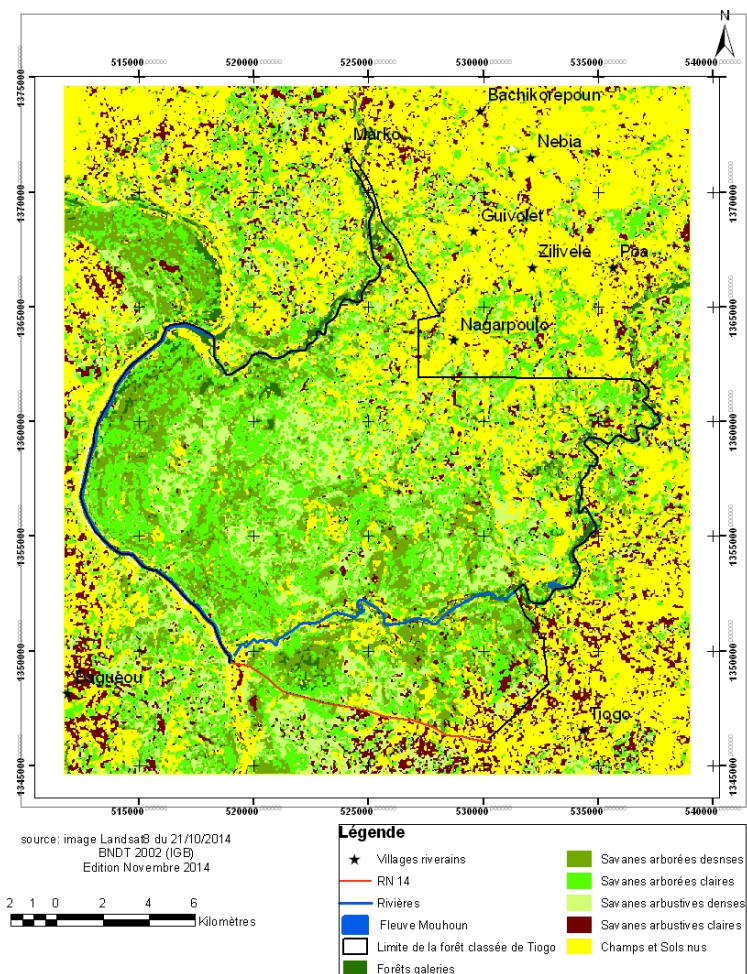
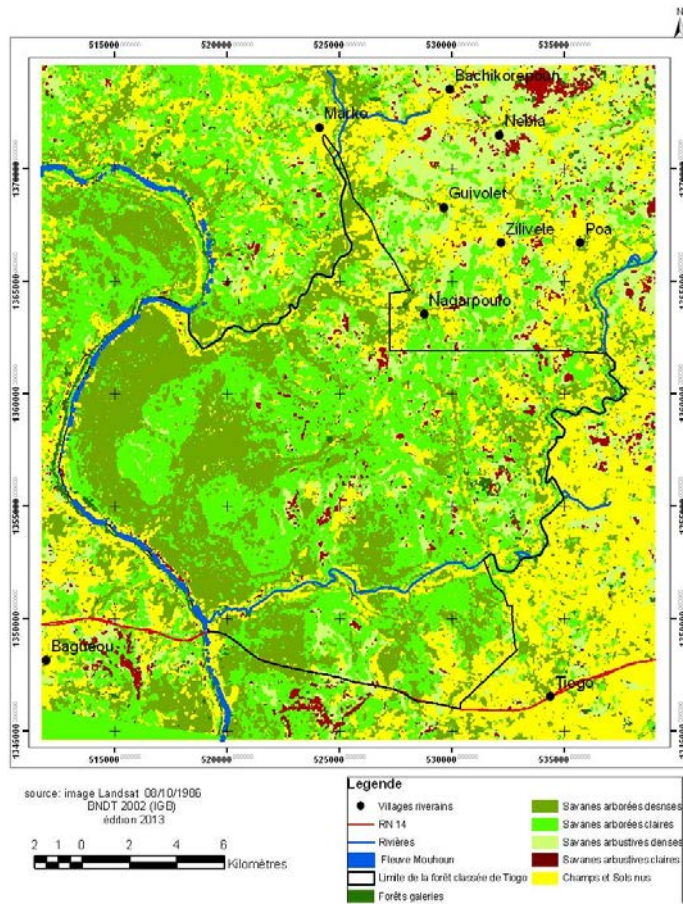


Figure 3: Cartes d'occupation du sol de la Forêt Classée de Tiogo en 1986 (A) et en 2014 (B).

Tableau 3

Evolution des classes d'occupation du sol entre 1986 et 2014.

Classes d'occupation du sol	Superficie (ha) et pourcentage				Evolution de 1986-2014	
	1986	%	2014	%	Taille (ha)	Taux (%)
Forêt galerie	481,68	1,57	587,69	1,91	106,01	0,79
Savane arborée dense	11372,7	37,08	5870,75	19,14	-5501,92	-1,73
Savane arborée claire	12278,1	40,04	10525,84	34,32	-1752,23	-0,51
Savane arbustive dense	2745,63	8,95	5464,33	17,82	2718,7	3,54
Savane arbustive claire	607,95	1,98	1238,33	4,04	630,38	3,7
Champs/sols nus	3183,21	10,38	6982,27	22,77	3799,06	4,26
Total	30669,2	100	30669,21	100		

FG: Forêt galerie ou ripicole; SAD: Savane arborée dense; SAC: Savane arborée claire; Sad: Savane arbustive dense;

Sac: Savane arbustive claire, Csn: Champs/sols nus

Une analyse approfondie de ces tableaux montre que la classe savane 1 (savane arborée dense) présente des confusions avec la classe forêt (forêt galerie). Ainsi; 5,84 à 12,86% des pixels de savane 1 (savane arborée dense) se retrouvent classés dans la classe forêt galerie, ce qui entraîne des pourcentages relativement faibles de pixels bien classés (93,4 à 86,02%). Nous notons des confusions non négligeables entre la savane 2 (savane arborée claire) et les champs/ sols nus où elles sont de l'ordre de 18,52% et 8,33% respectivement pour les images de 1986 et 2014. De manière globale, les autres classes d'occupation sont bien classifiées avec des confusions relativement faibles.

La cartographie de l'occupation du sol en 1986 montre que la forêt galerie ne représentait que 1,57% (41,68 ha) de la forêt classée; comparativement aux savanes qui représentent, à elles seules; 88,05% (27.004,32 ha). Ceci dénote de la forte dominance de cette aire protégée par les savanes. Avec 3.183,21 ha; les champs et les sols nus représentaient 10,38% de la superficie totale cartographiée (Figure 3b).

Avec 23.686,94 ha en 2014, le couvert végétal représente 77,23% de la superficie totale cartographiée. Il est essentiellement constitué de savane arborée claire (10.525,84 ha), savane arborée dense (5.870,75 ha), savane arbustive dense (5.464,33 ha), savane arbustive claire (1 238,33 ha) et de la forêt galerie (587,69 ha). Les forêts constituées uniquement de galeries forestières ou forêts ripicoles représentent 1,91% de la superficie de la forêt classée contre 75,32%

pour les savanes. Les champs et les sols nus, avec une superficie de 6.982,27 ha occupent 22,77% de l'ensemble de la Forêt classée (Figure 3b). Les cartes de 1986 et 2014 ont permis de quantifier la dynamique de l'occupation du sol de la Forêt classée de Tiogo (Tableau 3).

Les résultats cartographiques et statistiques obtenus permettent de mettre en exergue l'évolution progressive de quelques éléments de l'occupation du sol entre 1986 et 2014. La savane arbustive claire est le type de végétation qui a connu la plus forte augmentation de sa surface. Elle est passée de 607,95 ha en 1986 à 1.238,33 ha en 2014; soit une augmentation de 22,51 ha/an. La savane arbustive dense a connu une évolution positive de l'ordre de 3,54% par an, en passant de 2.745,63 ha en 1986 à 5.464,33 ha en 2014. Nous constatons que les champs et les sols nus ont également augmenté en superficie, passant ainsi de 3.183,21 ha en 1986 à 6.982,27 ha en 2014, soit une augmentation de 3.799,06 ha en 28 ans. Enfin, la forêt galerie ou ripicole a connu une augmentation de 106,01 ha entre 1986 et 2014, passant ainsi de 481,68 ha à 587,69 ha.

Contrairement aux autres classes d'occupation du sol; la savane arborée dense et la savane arborée claire sont en recul entre 1986 et 2014. La savane arborée dense a connu une baisse de 5.501,92 ha en 28 ans, soit un taux de régression annuel de 1,73%. La savane arborée claire quant à elle a perdu 1.752,23 ha entre 1986 et 2014, soit un recul de 0,51% par an.

Discussion

Description de la végétation ligneuse

La distribution des individus par classe de diamètre montre que les individus de petit diamètre dominant, tandis que les gros diamètres sont en minorité. Cette réduction d'individus de gros diamètres peut être liée aux activités humaines, surtout l'exploitation forestière et l'agriculture. Ce même constat a été fait par Kossi *et al.* (14) sur des formations de savanes des forêts classées de Ouli et Wélor au Sénégal. Selon la même source, dans certaines conditions, c'est la composition floristique qui impose cette structure. En plus, la forte densité de tiges enregistrée dans les forêts galeries ou ripicoles (400 tiges/ha), serait liée aux conditions naturelles favorables (sol et humidité). Les sols humides qui bordent les différents cours d'eau, assurent une bonne nutrition hydrique à la végétation existante qui échappe ainsi aux dessèchements pendant la saison sèche (15). Comparativement aux forêts galeries, les savanes ont des densités de tiges faibles. Cette faiblesse des densités de tiges dans les savanes pourrait avoir une origine anthropique.

En effet, chaque année les savanes sont parcourues par des feux de brousse qui ont un caractère plus ou moins dommageable sur ces dernières, en fonction de la période (15). L'exploitation du bois-énergie dans la Forêt classée a aussi contribué à réduire le nombre de tiges à l'hectare. En outre, le facteur climatique aurait également eu un impact négatif sur la végétation. Selon certains auteurs Kossi *et al.* (4) et Koné *et al.* (13) les sécheresses des années 1970 et 1980 ont entraîné la mortalité des ligneux au sein des écosystèmes sensibles en Afrique.

Traitement numérique

La méthode des classifications dirigées nous a permis de distinguer six classes d'occupation du sol, qui ne sont pas toujours bien différenciées. Cette confusion est due à des réponses spectrales proches pour ces formations ligneuses (6). Ces mêmes difficultés ont été signalées par d'autres auteurs (12, 15, 16, 27). En plus, la confusion pourrait être liée à la définition des parcelles homogènes lors du choix des sites d'entraînement (12). Malgré ces

difficultés, nous avons obtenu des résultats cartographiques satisfaisants. En effet, nous avons obtenu des précisions globales de 92,43% et de 91,14%; respectivement pour l'image de 2014 et pour celle de 1986. Ces cartes peuvent être validées, car les taux de classification global sont supérieurs à 50% (21). Quant aux confusions observées entre les champs et les classes de savane 2 et savane 4, nous pensons que cela est lié au fait que les arbres utiles épargnés dans les champs donnent à cette classe par endroits l'aspect d'une savane arborée claire ou une savane arbustive claire. Enfin, l'analyse de la structure de la végétation (verticale et horizontale) a permis de faire une meilleure discrimination de ces formations végétales.

Dynamique forestière et pression anthropique

Les résultats obtenus montrent que dans la Forêt Classée de Tiogo, certaines formations boisées (la savane arborée dense et la savane arborée claire) ont connu une régression entre 1986 et 2014. Cette régression pourrait être liée aux activités humaines (bois-énergie, agriculture, feux de brousse, surpâturage). La proximité de la forêt classée avec Ouagadougou et la ville de Koudougou en fait une réserve de bois-énergie. La coupe abusive et anarchique du bois a déjà été relevée comme un facteur important dans la dynamique régressive des ligneux par plusieurs auteurs (9, 20, 25, 27). En plus, le passage régulier des feux ne favorise pas la reconstitution de la végétation naturelle (6). Outre les activités humaines, il y a le facteur climatique qui pourrait expliquer cette dynamique régressive de ces formations arborées. En effet, la contrainte climatique principale est la variabilité dans la distribution et l'imprévisibilité des précipitations, qui s'augmentent du Sud au Nord (19).

Plusieurs études ont montré les impacts négatifs de la sécheresse sur la végétation (5, 6, 10). En Afrique, certaines études ont montré que les sécheresses répétées des années 1980 ont entraîné la mortalité des espèces ligneuses des écosystèmes sensibles (4, 13).

Par ailleurs, nous constatons une extension des superficies des champs et des savanes arbustives. Cette progression des champs est évaluée à 4,26% par an. Ceci pourrait s'expliquer par la forte pression foncière à l'intérieur et à la périphérie de ladite forêt. Cette pression foncière a été mise en évidence par la cartographie qui montre une progression du front agricole entre 1986 et 2014. En Afrique subsaharienne, le manque de nouvelles terres agricoles et fertiles incitent les populations à s'installer dans les réserves forestières (1).

Conclusion

Cette étude avait pour principal objectif d'améliorer les connaissances sur les ressources forestières à partir des données spatiales. La démarche méthodologique adoptée a consisté aux traitements numériques d'images Landsat couplés aux données d'inventaire forestier. Cette approche méthodologique, nous a permis de discriminer les différentes classes d'occupation du sol de la Forêt classée. Ainsi, nous avons pu identifier: les forêts galeries ou ripicoles, les savanes arborées (denses et claires), les savanes arbustives (denses et claires) et les champs et sols nus. La forêt classée est dominée par des individus de petits diamètres (10-15 cm) représentant à eux seuls 50,79%. L'exploitation forestière (bois-énergie) et les défrichements agricoles ont réduit considérablement la présence des gros diamètres au sein de la forêt classée. L'analyse des structures horizontale et verticale ont permis de faire une discrimination fine des différents types de végétation.

La couverture ligneuse a perdu 3.799,06 ha entre 1986 et 2014, soit une régression de 0,49% par an au profit des champs (6.982,27 ha en 2014) essentiellement.

Cette forte déforestation est imputable à la pression anthropique qui s'est matérialisée par les défrichements agricoles, la coupe abusive du bois et le surpâturage.

La faible protection ou surveillance de la forêt classée, avec un accroissement des superficies de champs dans cette aire (3.799 ha) constituent une menace quasi-permanente pour cette forêt.

Cette étude ouvre les perspectives suivantes:

- le suivi à moyen et long termes de l'évolution de chaque type de végétation via la mise en place d'un dispositif de parcelles permanentes couplé aux images satellitaires à haute résolution;
- l'analyse approfondie de la diversité floristique de la Forêt Classée de Tiogo;
- l'analyse de la dynamique de la structure spatio-temporelle des îlots de savanes arborées denses;
- l'étude de la dynamique de séquestration du carbone des différents types de végétation de la Forêt Classée de Tiogo sous diverses pressions anthropiques.

Pour contribuer à l'aménagement et à la gestion durable de la forêt classée, une sensibilisation et une implication effective des populations de tous les villages riverains s'imposent. Ceci permettrait de freiner la colonisation de la forêt et de faciliter les opérations de déguerpissement afin de redonner à l'espace son statut de forêt classée. En plus, il faut un renforcement de la surveillance à l'intérieur comme aux périphéries de l'espace protégé en collaboration avec les populations riveraines pour lesquelles une formation aux techniques de maintien de la fertilité des sols s'avère opportune. Cette formation au profit des populations riveraines, pourrait limiter cette quête permanente de nouvelles terres.

Remerciements

Nos remerciements à l'Etat et surtout le contribuable Burkinabé pour nous avoir octroyé la bourse nécessaire à notre formation et les responsables du Laboratoire des Systèmes Naturels Agrosystèmes et de l'Ingénierie de l'Environnement (Sy.N.A.I.E) pour leur soutien financier pour les travaux de terrain. Nos remerciements vont également au Service forestier chargé de la gestion de la Forêt Classée de Tiogo pour nous avoir facilités l'accès au site d'étude.

Références bibliographiques

1. Ba M., Toure A. & Reenberg A., 2004, Mapping land use dynamics in Senegal. Case studies from Kaffrine Departments, *Sahel-Sudan Environ. Res. Initiative (SEREIN) Working Paper*, **45**, 1-33.
2. Bombiri P., 2008, *Comptabilité environnementale et biodiversité. Etude de cas/ Burkina Faso*. Communication orale. MECV/ SP-CONEDD, Burkina Faso, 20.
3. Bonn F. & Rochon G., 1992, *Précis de télédétection. Principes et méthodes*. Sainte-Foy (Quebec) : Presses de l'Université du Quebec. 513.
4. Boudet G., 1972, Désertification de l'Afrique tropicale, *Adansonia*, **12**, 505-524.
5. Darkoh M.B.K., 2003, Regional perspectives on agriculture and biodiversity in drylands of Africa. *J. Arid Environ.*, **54**, 261-279.
6. Diallo H., Bamba I., Barima Y.S.S., Visser M., Ballo A., Mama A., Vranken I., Maïga M. & Bogaert J., 2011, Effets combinés du climat et des pressions anthropiques sur la dynamique évolutive de la végétation d'une zone protégée du Mali (Réserve de Fina, Boucle du baoulé), *Sécheresse*, **22**, 97-107.
7. Diawara S., 2012, *Perturbations écologiques et fonctionnement des écosystèmes savaniques: banques de semences du sol et propriétés physico-chimiques du sol*. Mémoire d'Ingénieur. Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso. Burkina Faso. 108.
8. FAO, 2010, *Évaluation des ressources forestières mondiales. Département des forêts. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture*. Viale delle Terme di Caracalla 00153 Rome, Italie. 12.
9. Faye E., Diatta M., Samba A.N.S. & Lejoly J., 2008, Usages et dynamique de la flore ligneuse dans le terroir villageois de Latmingué (Sénégal), *J. Sci. Technol.*, **7**, 43-58.
10. Goel N.S. & Quin W., 1994, Influences of canopy architecture on relationships between various vegetation indexes and LAI and FPAR: a computer simulation, *Remote Sensing Environ.*, **10**, 309-347.
11. Hulme M., Doherty R., Ngara T., New M. & Lister D., 2001, *African climate change. 1900-2100. Clim. Res.*, **17**, 145-168.
12. INSD, 2007, *Résultats préliminaires du recensement général de la population et de l'habitat de 2006. Institut National des Statistiques et de la Démographie (INSD)*. Direction de la démographie, Ouagadougou. Burkina Faso. 394.
13. Koné M., Aman A., Yao A.C.Y., Coulibaly L. & N'Guessan K.E., 2007, Suivi diachronique par télédétection spatiale de la couverture ligneuse en milieu de savane Soudanienne en Côte d'Ivoire, *Télédétection*, **7**, 433-446.
14. Kossi M., Bellefontaine R. & Kokou K., 2009, Les forêts claires du Parc national Oti-kéran au Nord-Togo : Structure, dynamique et impacts des modifications climatiques récentes, *Sécheresse*, **20**, 394-396.
15. Mbow C., 2009, *Potentiel et dynamique des stocks de carbone des savanes soudanaises et soudano-guinéennes du Sénégal*. Thèse de Doctorat d'Etat. Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Sénégal. 319.
16. N'Da D.H., N'Guessan E.K., Wadja M.E. & Affian K., 2008, Apport de la télédétection au suivi de la déforestation dans le parc national de la Marahoué (Côte d'Ivoire), *Télédétection*, **8**, 17-34.
17. N'Guessan E., Dibi N'da H., Bellan M. & Blasco F., 2006, Pression anthropique sur une réserve forestière en Côte d'Ivoire, *Télédétection*, **5**, 307-323.
18. Nouvellet Y. & Sawadogo L., 1995, *Recherches sur l'aménagement des formations naturelles dans la région du centre ouest du Burkina Faso*. SUAS/CNRST-IRBET/CIRAD-Forêt. Burkina Faso. 88.
19. Ouoba P., 2006, *Flore et végétation de la forêt classée de Niangoloko, sud-ouest du Burkina Faso*. Thèse de Doctorat. Université de Ouagadougou. Burkina Faso. 140.
20. Ozer P., Hountondji Y.C., Niang A.J., Karimoune S., Manzo O.L. & Salmon M., 2010, *Désertification au Sahel: historique et perspectives*. BSGLG, **54**, 69-84.
21. Ozer P., 2004, Bois de feu et déboisement au Sahel: Mise au point, *Sécheresse*, **15**, 243-251.
22. Pointius R.G.Jr., 2000, Quantification error versus location in comparison of categorical maps, *Photogramm. Eng. Remote Sens.*, **66**, 1011-1016.
23. Savadogo P., 2002, *Pâturage de la forêt classée de Tiogo: diversité floristique, productivité, valeur nutritive et utilisation pastorale*. Mémoire d'Ingénieur. Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso. Burkina Faso. 105 p.

24. Sawadogo L., 1996, *Évaluation des potentialités pastorales d'une forêt nord soudanienne du Burkina Faso (cas de la forêt classée de Tiogo)*. Thèse de doctorat. Université de Ouagadougou. Burkina Faso. 125.
25. Sawadogo L., 2009, *Influence de facteurs anthropiques sur la dynamique de la végétation des forêts naturelles de la zone soudanienne du Burkina Faso*. Thèse d'Etat. Université de Ouagadougou. Burkina Faso. 142.
26. Tabopda W.G., 2008, *Les aires protégées de l'extrême-Nord Cameroun entre politiques de conservation et pratiques locales*. Thèse de doctorat en Géographie-Aménagement-Environnement, Université d'Orléans. France, 322.
27. Tabopda W.G. & Huynh F., 2009, *Caractérisation et suivi du recul des ligneux dans les aires protégées au Nord du Cameroun: analyse par télédétection spatiale dans la réserve forestière de Kalfou*. Journées d'animation scientifique (JAS09) de l'Agence Universitaire de la Francophonie, Alger. Algérie. 11.
28. Tankoano B., 2012, *Analyse de la couverture ligneuse de la forêt classée de Koulbi à l'aide de la télédétection et des SIG*. Mémoire d'ingénieur du Développement Rural, option (Eaux et forêts), Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso. Burkina Faso. 93.

B. Tankoano, Burkinabé, Etudiant Doctorant, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural, Agro-systèmes et de l'Ingénierie de l'Environnement, Laboratoire des Systèmes Naturels, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

M. Hien, Burkinabé, PhD, Enseignant Chercheur, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural, Agro-systèmes et de l'Ingénierie de l'Environnement, Laboratoire des Systèmes Naturels, Agro-systèmes et de l'Ingénierie de l'Environnement (Sy.N.A.I.E), Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

N.H. Dibi, Ivoirien, PhD, Enseignant Chercheur, Université Félix Houphouët Boigny, Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT), UFR Biosciences, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Z. Sanon, Burkinabé, Etudiant Doctorant, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural, Agro-systèmes et de l'Ingénierie de l'Environnement, Laboratoire des Systèmes Naturels, Agro-systèmes et de l'Ingénierie de l'Environnement (Sy.N.A.I.E) Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

J.T. Yameogo, Burkinabé, PhD, Enseignant Chercheur, Burkinabé, Doctorant, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural, Agro-systèmes et de l'Ingénierie de l'Environnement, Laboratoire des Systèmes Naturels, Agro-systèmes et de l'Ingénierie de l'Environnement (Sy.N.A.I.E), Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

I. Somda, Burkinabé, PhD, Enseignant Chercheur, Burkinabé, Doctorant, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural, Agro-systèmes et de l'Ingénierie de l'Environnement, Laboratoire des Systèmes Naturels, Agro-systèmes et de l'Ingénierie de l'Environnement (Sy.N.A.I.E) Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

Influence combinée des fumures organique et minerale sur la nutrition et le rendement du maïs: impact sur le diagnostic des carences du sol

K.P. Akanza^{1*}, S. Sanogo¹ & H.A. N'Da¹

Keywords: Manure- Mineral fertilizers- Deficiencies- Nutrition- Yield - Zea mays- Ivory Coast

Résumé

Un essai a été conduit à la station du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Man pour étudier les effets d'apports combinés d'engrais et de fumier sur la fertilité du sol, la nutrition et le rendement du maïs (Zea mays). Trois doses d'engrais et cinq quantités de fumier ont été testées. La combinaison des niveaux des facteurs correspond à quinze traitements. Les résultats montrent que le fumier est le moteur de l'amélioration de la fertilité du sol, de la nutrition et des rendements. L'ensemble des caractéristiques chimiques du sol a été amélioré, notamment, le phosphore, le calcium et la somme des cations basiques échangeables. Des répercussions de cette amélioration de la fertilité du sol sur la nutrition et le rendement ont été établies. Un accroissement significatif de l'assimilation du phosphore et du rendement, imputable au fumier, est observé. La nutrition phosphorée et le rendement du maïs sont liés à la dose de chacun des éléments nutritifs décisifs du sol par une fonction de production quadratique. L'ignorance des facteurs limitant la nutrition et la production entretient la persistance de faibles rendements. La correction des carences par une formule de fumure, ajustée au sol et à la culture, rétablit la productivité. L'entretien organique du sol constitue une solution appropriée aux problèmes du paysan.

Summary

Combined Influence of Manure and Fertilizers on Nutrition and Yield of Maize (Zea mays): Impact on the Diagnosis of Primary Soil Deficiencies

A trial was carried out at Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) station in Man, in order to study the effects of combined application of fertilizers and manure on the soil fertility, yields and nutrition of corn (Zea mays). Three doses of fertilizers and five amounts of manure were tested. Combination of levels' factors corresponds to fifteen treatments. Results show that manure is the engine of the improvement of soil fertility, nutrition and yields. All chemical characteristics of the soil have been improved, notably phosphorus, calcium and the total of exchangeable base cations. Impacts of these changes on soil' fertility, plant nutrition and performance have been established. A significant increase in the absorption of phosphorus and yield, due to manure, is observed. Soil phosphoric nutrition and yield of maize are related to the dose in the soil of each of these crucial nutrients by a quadratic production function. The ignorance of factors, that limit nutrition and production, maintains a low yield levels. Correction of deficiencies by a fertilization formula, adjusted to the soil and crop, restores productivity. Organic soil maintenance is an appropriate solution to the problems of the farmer.

¹Centre National de Recherche Agronomique, Abidjan, Côte d'Ivoire

*Auteur correspondant: Email: paul.akanza@yahoo.com

Reçu le 09.03.2015 et accepté pour publication le 22.07.15

Introduction

La dégradation des sols est reconnue comme l'un des problèmes cruciaux auxquels l'Afrique est confrontée (5). Dans les systèmes de culture à base de céréales, prédominant en Afrique, la fertilisation minérale seule ne permet pas de maintenir le niveau de fertilité des sols (3, 6). Le riz (*Oryza sativa* L.) et le maïs (*Zea mays* L.), qui constituent les céréales les plus consommées, à hauteur de 85 kg/pers/an, dans les pays de l'Afrique côtière, occupent des places de choix dans les systèmes culturaux (4). L'accroissement spectaculaire des productions vivrières en Côte d'Ivoire, s'accomplit, sans aucune mutation technologique, au détriment de la forêt (32).

L'apparition fréquente de symptômes de déficiences minérales sur des cultures vivrières dénote de fortes dégradations de la fertilité des sols, entraînant une chute de rendement et le défrichement de nouvelles portions de terre, au détriment de la forêt. Pourtant, l'intérêt d'associer à la fumure minérale des engrais organiques d'origine animale, en vue de maintenir le niveau de fertilité des sols, a été largement démontré (3, 27). Le potentiel de production d'une espèce végétale est conditionné par ses caractères génétiques. Mais les possibilités intrinsèques de production de la plante ne sont pleinement assurées qu'en garantissant au végétal toutes les conditions optimales de sa nutrition (33).

Au stade physiologique de la floraison femelle, la feuille à l'aisselle de laquelle apparaît l'épi principal de maïs, reflète dans sa composition minérale la qualité nutritionnelle dont bénéficie la plante (22, 31). En effet, la culture de maïs, plante exigeante en éléments minéraux, nécessite l'usage de sols fertiles et de bons systèmes de gestion de la fertilité (21). La présente étude vise à évaluer les effets combinés du fumier et des engrais chimiques sur la fertilité du sol, la nutrition minérale et les rendements du maïs, afin d'en déduire des relations fondamentales sol-plante par rapport aux facteurs déterminants du sol ferrallitique.

Matériel et méthodes

Site d'étude

L'essai a été conduit à la station du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Man (Côte d'Ivoire). Les coordonnées géographiques du site sont: 7° 33' W, 7° 24' N, 350 m. La saison pluvieuse y dure huit mois (mars-octobre), et la saison sèche, quatre mois (novembre-février). La pluviosité annuelle est de 1.600 mm, faisant apparaître un pic en août. Le sol ferrallitique du site, résultant de l'altération du granite, conformément à la classification française, est peu profond, riche en éléments grossiers. De texture argilo-sableuse, il comporte un horizon humifère peu épais.

Matériel végétal

La variété de maïs (*Zea mays* L.) choisie (F 7928) a un bon potentiel de production. C'est une variété à grains jaunes, d'un cycle de 100 jours (14).

Matériel fertilisant

Le matériel fertilisant comprend l'engrais NPK 10 18 18, la dolomie $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ à 36% de CaO et à 16% de MgO et, enfin, de l'urée à 46% de N.

Matériel organique

Le fumier utilisé est un mélange de déjections de volailles et de litière de balles de riz. Sa composition chimique a été déterminée (Tableau 1). Ce fumier, riche en matière organique (N= 3,42 g.kg⁻¹; C= 30,00 g.kg⁻¹), est bien décomposé (C/N= 8,77). Cette donnée indique que le fumier apporté est un engrais organique (23) dont le potentiel fertilisant s'apprécie à travers les valeurs de la somme des cations basiques (3,18%), des oligo-éléments (Fe= 1.240 mg.kg⁻¹ et Zn= 260 mg.kg⁻¹) et du potentiel hydrogène dévoilant que le fumier est une substance alcaline (pH= 7,9) selon Zoro *et al.* (35). Ce potentiel fertilisant est aussi caractérisé par sa teneur en phosphore (1645 mg.kg⁻¹) moyennement élevée (35).

Tableau 1

Composition chimique du fumier de volaille utilisé comme engrais organique.

pH	C	N	C/N	Pass.	K	Ca	Mg	Na	S	Fe	Zn	Cu
	(g.kg ⁻¹)			(mg.kg ⁻¹)	(%)					(mg.kg ⁻¹)		
7,9	30	3,42	8,77	1645	2,42	0,43	0,16	0,17	3,18	1240	260	8

Pass.= Phosphore assimilable; S= Somme des cations basiques échangeables.

Dispositif expérimental et traitements

L'essai a été conduit selon un dispositif en "split-plot" à quatre répétitions, avec deux facteurs étudiés. Les engrais chimiques forment le facteur principal, à trois niveaux: (a) F0, le témoin; (b) F1, la demi-dose et (c) F2, la dose complète conseillée par la recherche (26). Le fumier constitue le facteur secondaire. Cinq quantités, correspondant aux cinq parcelles élémentaires de chaque sous-bloc, ont été définies: (a) Q0= 00 t.ha⁻¹ témoin; (b) Q1= 05 t.ha⁻¹; (c) Q2= 10 t.ha⁻¹; (d) Q3=15 t.ha⁻¹ et (e) Q4= 20 t.ha⁻¹. Quinze traitements issus de la combinaison des niveaux des facteurs ont été expérimentés.

Collecte des échantillons de sol, de végétaux et analyse statistique des données

Echantillons de sol

Deux prélèvements de terre, de l'horizon superficiel (0-30 cm), ont été effectués par parcelle: le premier, avant les apports des engrais, le deuxième, après la récolte du maïs. Constitués chacun de 60 échantillons composites, ils ont été analysés au laboratoire de l'AfricaRice. Les caractéristiques chimiques des sols ont été définies grâce aux méthodes suivantes:

-cations basiques échangeables: méthode de saturation par une solution d'acétate d'ammonium 1N ajusté à pH= 7; le dosage des cations a été réalisé par absorption atomique et photomètre à flamme;

-phosphore assimilable: déterminé à l'aide du bicarbonate de sodium (NaHCO₃) 0,5M à pH= 8,5.

Echantillons de végétaux

Les prélèvements ont concerné le tiers médian des feuilles à l'aisselle desquelles apparaît l'épi principal de maïs. Ils ont été effectués au stade floraison femelle (19, 20). Le tiers médian retenu de chaque feuille a été débarrassé de sa nervure principale. Les 60 échantillons de feuilles ont été analysés au laboratoire du CNRA à Anguédédou. Après minéralisation de l'échantillon, le dosage de l'azote a été effectué par la méthode Kjeldahl. Quant au phosphore et au potassium, ils ont été dosés, respectivement, par la méthode Olsen-Dabin et par spectrométrie à flamme.

La méthode d'analyse par spectrométrie d'absorption atomique est utilisée pour le dosage du calcium et du magnésium.

Collecte des données et analyse statistique

Les rendements en grains, exprimés à 15% d'humidité, ont été obtenus à l'issue de la récolte de chacune des parcelles utiles et, la production, ramenée à l'hectare, après séchage. Toutes les données collectées ont été soumises à l'analyse de variance selon le logiciel GenStat (29). La comparaison multiple des moyennes est le résultat du test de Student-Newman-Keuls, appliqué, au seuil de 5 %.

Diagnostic des déficiences minérales du sol

Le rendement d'une culture est lié à la dose de chacun des éléments nutritifs décisifs du sol par une fonction de production quadratique (12, 34) tel que défini dans la formule I.

$$R = R_0 + aX - \beta X^2 + e \quad \text{I}$$

où R représente le rendement de la culture; R_0 , le rendement du témoin absolu T00; a , un coefficient traduisant l'efficacité de l'engrais; β , un coefficient exprimant l'action des facteurs déficients du sol; X , la dose de l'élément considéré et e , les résidus par rapport au modèle.

Résultats et discussion

Caractéristiques chimiques du sol avant l'implantation de l'essai

Les propriétés chimiques du sol, avant la mise en place de l'essai, ont été définies. C'est un sol pauvre en matière organique (N= 1,08 g.kg⁻¹ et C= 10,62 g.kg⁻¹), bien décomposée (C/N= 9,83). Ce sol appartient à la classe des sols ferrallitiques (2, 30). Ses propriétés chimiques témoignent d'un faible potentiel de fixation et d'échange d'éléments, si l'on en juge de la somme des cations basiques échangeables (S= 2,14 cmol(+).kg⁻¹) et du taux de saturation (V= 24,75 %).

Le phosphore assimilable, pour une valeur de P= 16,50 mg.kg⁻¹, indiquant un sol très pauvre (35), manifeste l'une des principales carences minérales de ce sol ferrallitique (11).

Effets du fumier sur la fertilité du sol

Toutes les caractéristiques chimiques du sol se sont avérées significatives au seuil de 5% (1). Cependant, dans le présent article, l'analyse de la fertilité du sol a été surtout focalisée sur trois facteurs décisifs notamment le phosphore assimilable, le calcium échangeable et la somme des cations basiques échangeables qui expliquent, de façon très nette, la nutrition phosphorée et le rendement du maïs dans les sols ferrallitiques de la station CNRA de Man.

Somme des cations basiques échangeables

Les valeurs de la somme des cations basiques échangeables ont oscillé entre 2,14 et 5,04 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ selon les traitements (Tableau 2). Sans engrais minéraux, le fumier a fait varier la somme des cations basiques de 2,51 à 3,73 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ (Tableau 2). Les taux d'augmentation ont été compris entre 17,29 et 74,30%, respectivement, pour 5 et 20 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de cette matière organique. L'application de 20 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de fumier a doublé la valeur de la variable par rapport au témoin T00. Pour les traitements combinant la demi-dose d'engrais chimiques et le fumier, la somme des cations basiques a fluctué entre 2,41 et 5,04 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ (Tableau 2) avec des taux d'accroissement allant de 12,62 à 135,51%, respectivement, pour 5 et 20 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de fumier. Les traitements T08 et T09, ont, respectivement, doublé et triplé la valeur de la somme des cations basiques par rapport à T00. En présence de la dose complète d'engrais chimiques, le fumier a consigné des valeurs variant de 2,67 à 4,08 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ (Tableau 2) soit des taux d'accroissement de 24,77 à 90,65% par rapport au témoin T00, respectivement, pour 5 et 15 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de matière organique. Le traitement T13 a doublé la valeur de la somme des cations basiques. Mais, le plus fort taux de majoration de cette somme des cations basiques (135,51%), par rapport au témoin T00, a été obtenu avec le traitement T09. Les apports conjoints des deux types d'engrais ont permis un net accroissement de la somme des cations basiques échangeables des horizons supérieurs du sol, conformément aux résultats de Boissezon (8).

Calcium échangeable

Les teneurs en calcium du sol ont varié de 1,30 à 4,09 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ suivant les traitements (Tableau 2).

Sans engrais minéraux, le fumier a accru ces teneurs de 1,89 à 2,92 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ (Tableau 2). Les taux d'accroissement, en comparaison avec le témoin T00, vont de 29,45 à 100%, respectivement, pour des quantités de 5 et 20 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de fumier. L'apport de 20 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de fumier a doublé la richesse en calcium du sol par rapport au témoin T00. Associé à la demi-dose d'engrais chimiques, le fumier a fait varier les teneurs en calcium de 1,85 à 4,09 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ (Tableau 2). Les taux de bonification, par rapport à T00, sont compris entre 26,71 et 180%, respectivement, pour des quantités de 5 et 20 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de fumier. L'apport de 20 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de fumier a quasiment triplé la richesse en calcium du sol. Combiné à la dose complète d'engrais chimiques, le fumier a fait osciller les teneurs en cet élément entre 2 et 2,86 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ (Tableau 2), soit des taux d'accroissement de 37 à 96%, respectivement, pour 5 et 15 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de fumier. L'apport de 20 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de cette matière organique (T04) et sa combinaison avec la demi-dose d'engrais chimique (T09) sont les plus propices à la genèse de bonnes conditions de rétention du calcium par le sol ferrallitique. Aussi, les traitements T04 et T09 ont-ils, respectivement, permis de doubler et de tripler la richesse du sol en cet élément par rapport au témoin T00.

Phosphore assimilable

Les effets des traitements sur le phosphore se sont traduits par des valeurs comprises entre 16,50 et 100,75 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Tableau 2). Sans engrais minéraux, les teneurs en phosphore ont été accrues par le fumier. Mais, pour 5 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$, une teneur de 30,75 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a été acquise, contre 28 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ avec 10 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Ce résultat discordant, n'ayant aucun fondement scientifique, pourrait être inscrit au compte d'une éventuelle erreur d'échantillonnage commise par les techniciens lors des prélèvements ou au laboratoire.

Les apports de 15 et 20 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de fumier accèdent à un niveau de teneur identique de 75 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Tableau 2).

Tableau 2

Effets conjoints des deux types d'engrais sur trois caractéristiques chimiques du sol et taux d'accroissement.

Groupe objets	Traitements expérimentaux	Phosphore assimilable (mg.kg ⁻¹)	Taux P. (%)	Calcium échangeable. cmol(+).kg ⁻¹	Taux Ca (%)	Somme cations cmol(+).kg ⁻¹	Taux S. (%)
1	T00	16,50 c	0	1,46 bc	0	2,14 bc	0
	T01	30,75 de	86,36	1,89 bc	29,45	2,51 bc	17,29
	T02	28,00 de	69,7	2,34 bc	60,27	2,94 bc	37,38
	T03	75,25 abc	356,06	2,55 abc	74,66	3,33 abc	55,61
	T04	75,50 abc	357,58	2,92 abc	100,03	3,73 abc	74,3
2	T05	17,00 e	3,03	1,30 c	-10,96	1,81 c	-15,42
	T06	33,50 de	103,03	1,85 bc	26,71	2,41 bc	12,62
	T07	34,50 de	109,09	1,90 bc	30,14	2,50 bc	16,82
	T08	69,0 abc	318,18	3,21 ab	119,86	4,16 ab	94,39
	T09	100,75 a	510,61	4,09 a	180,14	5,04 a	135,51
3	T10	27,25 de	65,15	2,01 bc	37,67	2,76 bc	28,97
	T11	42,0 cde	154,55	2,00 bc	36,99	2,67 bc	24,77
	T12	58,67 abc	255,58	2,72 abc	86,3	3,68 abc	71,96
	T13	84,50 ab	412,12	2,86 abc	95,89	4,08 ab	90,65
	T14	78,40 abc	375,15	2,56 abc	75,34	3,20 bc	49,53
Moyenne générale		51,5		2,37		3,12	
PPDS 5 %		24,8		1		1,18	
CV %.		33,4		29,35		26,25	

PPDS= Plus petite différence significative; CV= Coefficient de variation; Taux= Taux d'accroissement; Les taux d'accroissement sont calculés par rapport au témoin T00.

Les taux de majoration, par rapport au témoin T00, ont varié de 69,7 à 357,58 %, pour des quantités de 5 à 20 t.ha⁻¹ de fumier. Les traitements combinant la demi-dose d'engrais chimiques avec du fumier ont été les plus performants vis-à-vis de la rétention du phosphore par le sol ferrallitique. Ainsi, les valeurs ont évolué de 33,5 à 100,75 mg.kg⁻¹ (Tableau 2). Les taux de majoration ont été compris entre 103 et 510,61 %, en comparaison avec T00. En présence de la dose vulgarisée d'engrais minéraux, les teneurs en phosphore du sol ont progressé de 42 à 84,5 mg.kg⁻¹ (Tableau 2) pour des taux d'augmentation, par rapport au témoin T00, variant de 154,55 à 412,12%, respectivement, selon 5 et 15 t.ha⁻¹ de fumier. Le plus fort taux d'accroissement (510,61%) a été obtenu grâce au traitement T09. La richesse en phosphore du sol a été nettement améliorée, en d'autres termes, sextuplée par rapport au témoin T00. Le seuil minimum de phosphore Olsen-Dabin, tel que proposé par Latham et al. (16) et Moussa et al. (24), est de 60-70 mg.kg⁻¹.

La synergie des deux types d'engrais certifie bien qu'à Man, le sol a un fort pouvoir d'adsorption vis-à-vis du phosphore (17). Environ 80% des sols tropicaux ne disposent guère de quantités suffisantes de phosphore pour une nutrition satisfaisante des plantes cultivées, si bien que, parmi les facteurs limitants, d'ordre chimique, la carence en phosphore est l'une des plus graves et des plus fréquentes entraves à l'intensification des productions agricoles (7, 24). Les techniques de gestion de la fertilité, fréquemment adoptées par les agriculteurs en Afrique, conduisent inéluctablement à un épuisement rapide des sols (9, 10).

Cette pratique impose la nécessité d'une utilisation plus accrue des apports conjoints d'engrais organiques et minéraux pour compenser les pertes et générer de meilleures conditions de production agricole (9).

Effets du fumier sur la nutrition minérale du maïs

Nutrition phosphorée du maïs

De l'ensemble des variables analysées de nutrition du maïs, seul le phosphore s'est avéré significatif au seuil $\alpha = 5\%$.

Les teneurs en phosphore des feuilles, à l'aisselle desquelles apparaît l'épi principal au stade floraison femelle, ont oscillé entre 0,14 et 0,41% MS, en fonction des traitements (Tableau 3). Sans engrais minéraux, les teneurs en phosphore des feuilles ont évolué de 0,23 à 0,33% MS, avec les doses de fumier (Tableau 3). Les taux d'amélioration des teneurs des objets, par rapport à T00, sont passés de 64,29 à 135,71%, pour des apports respectifs de 5 et 20 t.ha⁻¹ de fumier. En présence de la demi-dose d'engrais minéraux, la tendance évolutive des teneurs en phosphore des feuilles, en fonction des quantités de fumier, reste en vigueur. Les concentrations en phosphore ont progressé de 0,22 à 0,38% MS, pour des apports de 5 et 15 t.ha⁻¹ de fumier (Tableau 3). Les taux d'accroissement sont alors passés de 57,14 à 171,43%, par rapport à T00. En présence de la dose complète vulgarisée d'engrais inorganiques, l'aptitude évolutive de la nutrition phosphorée du maïs, en fonction des quantités de matière organique, s'est authentifiée. Les teneurs en phosphore des feuilles sont passées de 0,22 à 0,41% MS, pour des apports de 5 et 20 t.ha⁻¹ de fumier (Tableau 3). Aussi, les taux d'augmentation ont-ils oscillé entre 57,14 et 192,86 %, en comparaison avec T00. Les traitements ont confirmé une très nette hausse de la qualité de la nutrition phosphorée du maïs en fonction des quantités de fumier. Il en résulte que la quantité de 15 t.ha⁻¹ constitue l'optimum de ce facteur.

Effets du fumier sur le rendement du maïs

Le rendement en grains a oscillé entre 2,08 et 6,08 t.ha⁻¹ selon les traitements (Tableau 4). Dans le premier groupe d'objets, où la productivité du sol est régie par le fumier, le rendement a fluctué entre 3,37 et 5,82 t.ha⁻¹, grâce aux apports de 5 et 20 t.ha⁻¹ (Tableau 4). Les taux d'amélioration respectifs sont estimés à 62 et 180%, en comparaison avec T00. Au niveau du deuxième groupe d'objets, où la production est sous la dépendance conjointe de la demi-dose d'engrais chimiques et du fumier, le rendement a progressé de 3,65 à 5,75 t.ha⁻¹ (Tableau 4).

La comparaison avec T00 a permis de déceler des taux d'accroissement passant de 75,45 à 176,53%, respectivement, pour des apports de 5 et 20 t.ha⁻¹ de fumier (Tableau 4). Dans le troisième groupe de traitements, où la production est régie conjointement par la dose vulgarisée d'engrais et le fumier, la tendance à la hausse du rendement, sous l'effet du fumier, reste en vigueur. Aussi le rendement a-t-il varié de 4,32 à 6,08 t.ha⁻¹ (Tableau 4). Les taux d'accroissement ont été compris entre 107,94 et 192,78%, respectivement, pour 5 et 20 t.ha⁻¹ de fumier. Il n'y a eu aucune différence significative de rendement entre les apports de 15 et 20 t.ha⁻¹ de fumier. En conséquence, la dose de 15 t.ha⁻¹ constitue l'optimum de ce facteur.

Les résultats traduisent la prépondérance de la matière organique. Sans engrais chimiques, les apports de 15 à 20 t.ha⁻¹ de fumier ont accru le rendement, respectivement, de 166 à 180% par rapport au témoin T00. Mais cette performance s'est consolidée avec l'application conjointe des deux types de fumure. Un appoint minéral a été essentiel pour rehausser les taux d'augmentation de 190 à 192% en présence de la dose complète d'engrais chimiques. Ce résultat indique que le maïs est sensible aux carences minérales du sol. A ce effet, il est reconnu comme un indicateur fiable d'un manque de minéraux dans le sol (9, 21).

Régression entre le calcium échangeable et la somme des cations basiques échangeables

Le graphique (Figure 1), représentatif de la régression linéaire entre le calcium échangeable et la somme des cations échangeables dans les sols ferrallitiques de la station CNRA, affiche un fort coefficient de détermination positif ($R^2 = 0,99$) qui prouve que les deux variables sont absolument liées et que leurs courbes spécifiques présentent des allures similaires. Le cation dominant dans les sols ferrallitiques étant le calcium (16), bien que la somme des cations basiques soit repérée comme facteur limitant, l'on a choisi la représentation graphique, dans la suite du présent article, du calcium échangeable du fait de sa dominance.

Tableau 3

Effets du fumier sur la nutrition phosphorée du maïs.

Série objets	Traitements expérimentaux	Phosphore (% MS)	Taux accrois. (%)
1	T00	0,14	0
	T01	0,23	64,29
	T02	0,27	92,86
	T03	0,32	128,57
	T04	0,33	135,71
2	T05	0,15	7,14
	T06	0,22	57,14
	T07	0,26	85,71
	T08	0,38	171,43
	T09	0,34	142,86
3	T10	0,18	28,57
	T11	0,22	57,14
	T12	0,23	64,29
	T13	0,33	135,71
	T14	0,41	192,86
Moyenne générale		0,27	
PPDS 5 %		0,06	
CV %.		15,66	

PPDS = Plus petite différence significative ; CV = Coefficient de variation ; aux accrois.= Taux d'accroissement
Les taux d'accroissement son calculés par rapport au témoin T00.

Tableau 4

Effets conjugués des deux types d'engrais sur le rendement du maïs et taux d'accroissement.

Groupe d'objets	Traitements expérimentaux	Rendement du maïs (t.ha ⁻¹)	Taux accrois. (%)
1	T00	2,08 f	0
	T01	3,37 def	62,09
	T02	3,94 cd	89,53
	T03	5,54 ab	116,43
	T04	5,82 a	180,18
2	T05	2,39 ef	14,8
	T06	3,65 de	75,45
	T07	4,31 bcd	107,22
	T08	5,69 ab	174,53
	T09	5,75 ab	176,53
3	T10	3,00 def	44,4
	T11	4,32 bcd	107,94
	T12	5,09 abc	145,13
	T13	6,04 a	190,61
	T14	6,08 a	192,78
Moyenne générale		4,47	
PPDS 5%.		1,29	
CV %.		14,85	

PPDS = Plus petite différence significative ; CV = Coefficient de variation ; aux accrois.= Taux d'accroissement
Les taux d'accroissement son calculés par rapport au témoin T00.

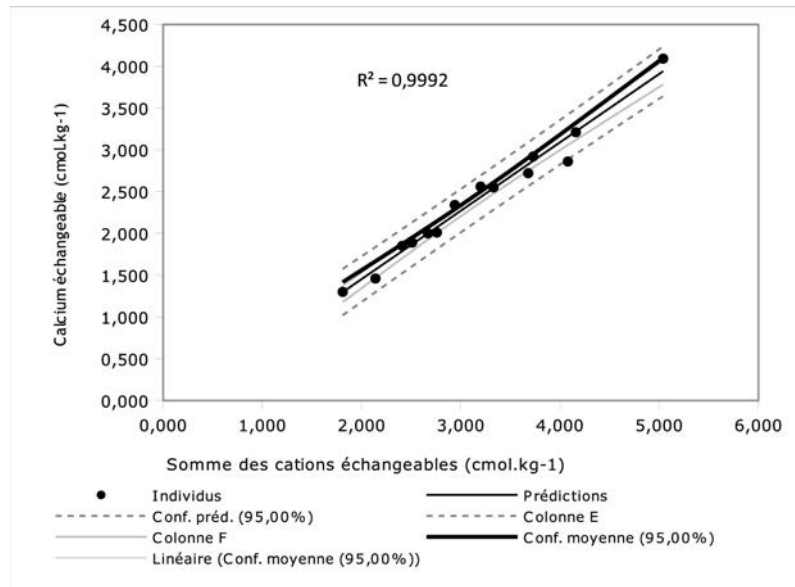


Figure 1: Relation linéaire entre le calcium et la somme des cations basiques dans les sols ferrallitiques de la station CNRA de Man (Côte d'Ivoire).

Diagnostic des carences minérales naturelles du sol

La mise en application du principe de diagnostic des déficiences minérales primaires ou absolues du sol et de l'étude des fonctions de production a permis d'établir des ajustements linéaires et quadratiques significatifs aussi bien pour la nutrition phosphorée que pour le rendement (12, 34).

Diagnostic des carences du sol selon les teneurs en phosphore des feuilles

Le principe du diagnostic des déficiences minérales primaires du sol et de l'étude des fonctions de production ont été appliqués à l'unique variable significative de la nutrition minérale du maïs. Il s'agit de la teneur en phosphore des feuilles, à l'aisselle desquelles apparaît l'épi principal de maïs. Cette variable, dont l'étude a été couplée à celle des données du sol, relate que deux éléments nutritifs du sol ferrallitique, notamment le calcium échangeable et le phosphore assimilable, ont permis d'établir des ajustements linéaires et quadratiques significatifs avec la nutrition phosphorée (12, 34). Les coefficients de détermination affichés (R^2) sont élevés et compris entre 0,72 et 0,77. Ils traduisent que, dans 72 et 77% des cas l'assimilation du

phosphore par le maïs est déterminée, dans les sols ferrallitiques de la station CNRA de Man, respectivement, par le calcium échangeable et le phosphore assimilable. Ces deux variables du sol, qui expliquent parfaitement bien l'assimilation du phosphore par le maïs, constituent des facteurs limitants de la nutrition. Les valeurs de R^2 , représentant les fractions de la variation de la nutrition phosphorée expliquées par la régression, installent le phosphore assimilable au premier rang des facteurs déterminants pour $R^2 = 0,77$ (Figure 2a), suivi par le calcium échangeable avec $R^2 = 0,72$ (Figure 2b). Ces résultats, qui constituent des preuves authentiques, démontrent bien que la nutrition minérale est liée à la dose de chacun des deux éléments nutritifs décisifs du sol par une fonction de production quadratique (12, 34). Le principe du diagnostic des carences ne s'est pas limité au seul rendement mais s'est étendu, dans les conditions de réalisation de cet essai, au phénomène physiologique plus complexe que constitue la nutrition phosphorée. Les carences absolues ou primaires du sol (13, 28) limitent la nutrition minérale des cultures avec des répercussions sur leur pleine expression par rapport au rendement.

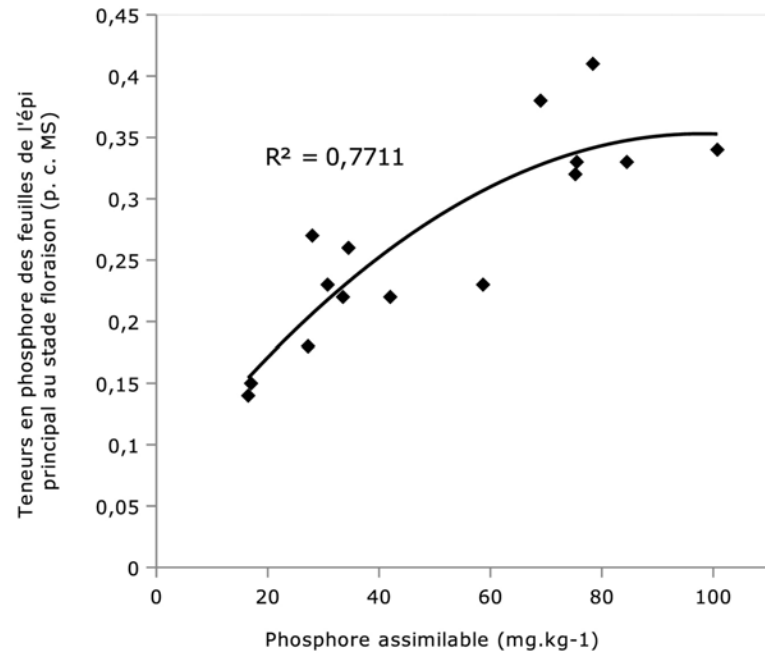


Figure 2a: Modèle d'évolution des teneurs en phosphore, des feuilles de l'épi principal de maïs au stade floraison femelle, en fonction du phosphore assimilable.

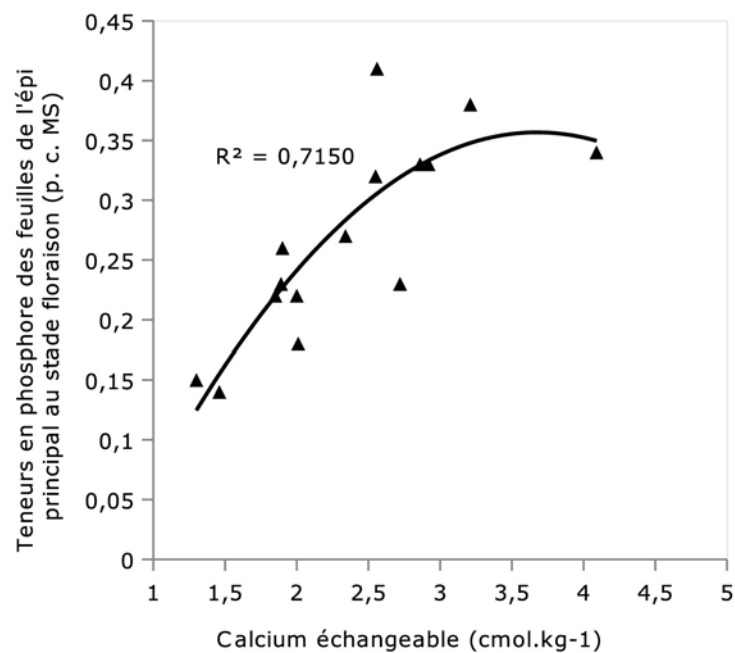


Figure 2b: Modèle d'évolution des teneurs en phosphore, des feuilles de l'épi principal de maïs au stade floraison femelle, en fonction du calcium échangeable.

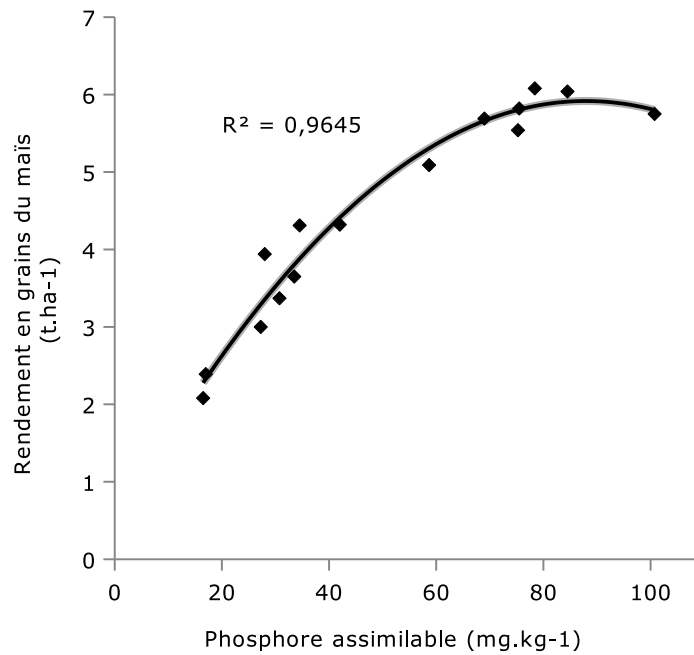


Figure 3a: Modèle d'évolution du rendement en grains du maïs en fonction du phosphore assimilable.

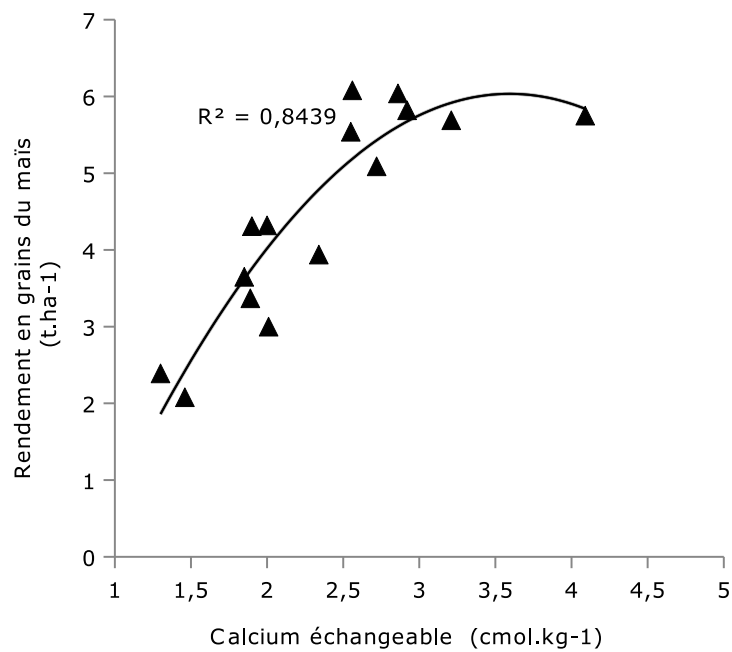


Figure 3b: Modèle d'évolution du rendement en grains du maïs en fonction du calcium échangeable

Diagnostic des carences du sol selon le rendement

A l'instar de la nutrition phosphorée, les fonctions de production établies, selon le rendement, affichent des coefficients de détermination (R^2) plus élevés et compris entre 0,84 et 0,96. Ils interprètent que, dans 84 et 96% des cas, le rendement du maïs est déterminé, respectivement, par le calcium échangeable et le phosphore assimilable. Ces valeurs de R^2 , représentant les fractions de la variation du rendement du maïs expliquées par la régression, classent le phosphore au premier rang des facteurs limitants (Figure 3a). Il est suivi par le calcium échangeable (Figure 3b). A l'étape de l'analyse finale, il apparaît que les résultats obtenus sont plausibles (15). En effet, l'utilisation croisée des données de nutrition phosphorée à celles des analyses de sol d'une part, et de rendement à celles des analyses de sol d'autre part, montre que le plan factoriel utilisé a pleinement joué son rôle en permettant de mettre en évidence les principaux facteurs influents du milieu notamment le phosphore et le calcium optimisant ainsi la réponse attendue (15). Les résultats acquis aussi bien par la nutrition phosphorée que par le rendement sont parfaitement cohérents pour révéler les mêmes facteurs décisifs du sol ferrallitique, dans un ordre nettement harmonieux. D'autres facteurs de l'environnement (climat et fertilité intrinsèque du sol) sont crédités, de 23 à 28% des variations de l'assimilation du phosphore par le maïs, et de 4 à 16% des variations du rendement du maïs (10). Ces résultats corroborent ceux de Barroin (7) et ceux de Ndiaye et Sidibé (25) qui affirment que le phosphore est le nutriment le plus limitant, comparé à l'azote et au carbone. Le phosphore et le calcium étant déjà connus, en zone forestière de Côte d'Ivoire, comme facteurs limitants de la nutrition et de la production, nos résultats corroborent celui de Gigou (11). Dans le sol d'une zone agro pédoclimatique donnée, plusieurs déficiences sont toujours bien établies. La nutrition et la production sont limitées par le facteur le plus éloigné de son optimum conformément à la loi du minimum ou d'interaction (18). Et, tant que la correction du facteur le plus limitant n'est pas réalisée, les actions sur les autres sont peu efficaces (10, 18).

Le fumier, moyennement pourvu en phosphore (1645 mg.kg^{-1}) selon Zoro *et al.* (35), a corrigé la carence du sol ($16,5 \text{ mg.kg}^{-1}$) en cet élément. Dans le cas spécifique de cette carence absolue ou primaire en phosphore du sol ferrallitique de Man, celui-ci reste évidemment pauvre en cet élément. Mais un apport de fumier a permis de lever cette carence. Ce résultat est en accord avec celui de Haddad (13) sur la pomme de terre. Suite à la correction du premier facteur déficient, c'est un autre qui prend sa place (10) précisément le second ou le calcium échangeable dans le cas présent.

Conclusion

Les résultats de cette étude montrent l'intérêt indéniable de combiner des engrais minéraux aux fumures organiques pour améliorer la fertilité des sols, la nutrition minérale et les rendements des cultures vivrières. L'utilisation croisée des données de nutrition à celles du sol d'une part, des données de rendement à celles du sol d'autre part, montre que le plan factoriel utilisé a pleinement joué son rôle en permettant de mettre en évidence les principaux facteurs influents du milieu ou d'optimiser la réponse attendue. L'analyse des fonctions de nutrition phosphorée et de production de la culture de maïs démontre que le phosphore et le calcium expliquent nettement la nutrition et les rendements. Ce sont des facteurs limitants du sol ferrallitique de la région. Dans ces sols ferrallitiques, le principe du diagnostic des facteurs décisifs s'est confirmé. Par ailleurs, la nutrition, un phénomène plus complexe de physiologie, a également authentifié le principe dans les conditions de réalisation de cet essai. La persistance de faibles rendements des cultures, dans les différentes zones agro écologiques du pays, trouve en ce concept une explication cohérente des facteurs déficients, mis en évidence par les fonctions de production du maïs. Elles certifient bien que la réponse des cultures aux apports de fertilisants constitue un acquis incontestable. Les formules de fumure doivent donc être adaptées au sol et à la culture, en corrigeant toutes les déficiences insoupçonnées du milieu. L'apport de 15 t.ha^{-1} de fumier constitue l'optimum de ce facteur.

Cette matière organique combinée aux engrais minéraux, résout les problèmes de chute de teneurs en éléments organiques du sol et de nutrition tout en maintenant des rendements élevés et stables. L'amélioration de la fertilité des sols ferrallitiques et la correction des carences, imputables aux apports combinés des deux types d'engrais, pourraient témoigner d'une gestion durable de la fertilité, de l'amélioration de la nutrition, de l'accroissement des rendements et de la sédentarisation des systèmes de cultures. En conséquence, cette expérience mériterait d'être menée dans d'autres zones agricoles du pays.

References bibliographiques

1. Akanza K.P. & Yoro G., 2003, Effets synergiques des engrais minéraux et de la fumure de volailles dans l'amélioration de la fertilité d'un sol ferrallitique de l'Ouest de la Côte d'Ivoire, *Agron. Afric.*, **15**, 135-144.
2. Anonyme, 1967, *Classification des sols*, Rapport d'exécution DCGTx. Abidjan. 63.
3. Anonyme, 2003, *Gestion de la fertilité des sols pour la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne*, Publication FAO, No 25, Rome. 63.
4. Anonyme, 2011, *Les cultures vivrières pluviales en Afrique de l'Ouest et du Centre, Eléments d'analyse et propositions pour l'action*, AFD - CIRAD - FIDA, Editions La Fertoise. 195.
5. Assié K.H., Angui K.T. & Tamia A.J., 2008, Effets de la mise en culture et des contraintes naturelles sur quelques propriétés physiques d'un sol ferrallitique au Centre Ouest de la Côte d'Ivoire: conséquences sur la dégradation des sols, *Eur. J. Sci. Res.*, **23**, 149-166.
6. Bado B.V., Sédogo P.M., Cescas M.P., Lompo F. & Bationo A., 1997, Effet à long terme des fumures sur le sol et les rendements du maïs au Burkina Faso, *Cah. Agric.*, **6**, 571-575.
7. Barroin J., 2004, Phosphore, azote, carbone...du facteur limitant au facteur de maîtrise. *Courr. Environ.*, INRA, **52**, 1-52.
8. Boissezon P., 1970, Etude du complexe adsorbant des ferralsols forestiers de Côte d'Ivoire, *Cah. ORSTOM, série Pédologie*, **3**, 391-418
9. Diouf A., Diop T.A., Ndiaye M.A.F., Ndiaye A.S. & Gueye M., 2008, Impact de la biomasse de *Gliricidia sepium* utilisée comme engrais vert sur la culture du maïs (*Zea mays*) au Sénégal, *J. Sci.*, **8**, 10-17.
10. Dugué P. & Gigou J., 2002, *La gestion de la fertilité*, pp 601-641, In: *Mémento de l'Agronome*, Editions CIRAD-GRET, Paris, 810.
11. Gigou J., 1987, L'importance de la carence en phosphore pour les cultures annuelles en Côte d'Ivoire, *Agron. Trop.*, **42**, 20-28.
12. Giroux M. & Lemieux M., 2006, Comparaison de différentes méthodes d'évaluation de la fertilité azotée des sols et détermination de la dose N optimale du maïs ensilage. *Agrosolutions*, **17**, 39-50
13. Haddad M., 2014, *La fertilisation de la pomme de terre, Journée fertilisation de la pomme de terre de Djanatu El-Arif (Zawya) du 08/09/2014*. 28. www.ccidahra.com/agrimosta2014. Consulté le 20/02/2015
14. Hainzelin E., 1984, *Variétés de maïs recommandées en Côte d'Ivoire*, Rapport IDESSA/DCV, Ministère de la Recherche Scientifique, Abidjan. 20.
15. Karam S., 2004, *Application de la méthodologie des plans d'expériences et de l'analyse de données à l'optimisation des processus de dépôt*. Thèse de Doctorat, Université de Limoges, 234.
16. Latham M. & Brookfield H. C., 1983, Iles Fidji orientales. *Etude du milieu naturel et de son évolution sous l'influence humaine*. Rapport général n° 3 du projet UNESCO/FNUAP. Travaux et documents de l'ORSTOM n° 162, Paris, 194 p.

17. Le Buanec B. & Saint-Amand R. D., 1975, *Mise en évidence d'une carence en phosphore sur sols dérivés de granites en Côte d'Ivoire et contribution à la mise au point de tests permettant son diagnostic*. Annal. Univer. Abid. – Série C – Tome XI, 103-122.
18. Liebig J., 1841, *Chimie appliquée à la physiologie végétale et à l'agriculture*. Traduit de l'Allemand par Gerhardt Ch., Edition Masson, Paris 544.
19. Loué A., 1967, *Fertilisation minérale du maïs*. 2. *Diagnostic foliaire du maïs* pp 560-567, in : *Colloque sur la fertilité des sols tropicaux, Tananarive (Madagascar)* du 19-25/11/1967, Edition IRAT, 1968. <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:22129>. Consulté le 01/02/2015.
20. Loué A., 1984, *Maïs* pp 598-631, In: P. Martin-Prével, J. Gagnard & P. Gautier (Editors), *L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales*, Editions Lavoisier, Paris 810
21. Maltas A., Charles R., Bovet V. & Sokrat S., 2012, Effet à long terme des engrais organiques sur le rendement et la fertilisation azotée des cultures, *Rech. Agron. Suisse*, **3**, 156-163
22. Martin-Prével P., Gagnard J. & Gautier P., 1984, *L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales*, Editions Lavoisier. Paris, 810.
23. Morisseau L., 2005, *Etude du marché des fertilisants organiques*, Publication ITAVI, ITP, OFIVAL. <http://www.inra.fr>. Paris, 54 p. Consultation en avril 2014.
24. Moussa S., Mahamadou G., Amadou B. & Tabo R., 2012, *Phosphate : la recherche insiste depuis 40 ans sur ce facteur limitant des cultures pluviales, Investir dans la bonification des terres*, RECA, CORAF, Note d'information/Intrants n° 20, Niger, 5 .
25. Ndiaye M. & Sidibé M., 1992, *Recherche de formules d'engrais NPK économiquement rentables pour la culture de maïs pluvial*, Etudes et documents, ISRA Dakar, 29.
26. N'Zué B., Zohouri G.P., Yapi-Gnahoré V. & Djédji C., 2008, *Bien cultiver le manioc en Côte d'Ivoire, Fiche technique*, CNRA-CTA, Abidjan, 4.
27. Palm C.A., Myers R.J.K. & Nandwa S.M., 1997, *Combined use of organic and inorganic nutrient sources for soil fertility maintenance and replenishment*. Pp 123-217, In: R.J. Buresh, P.A. Sanchez & F. Calhon (Editors), *Replenishment soil fertility in Africa*, Soil Society of America, Special publication n° **51**, Madison, 320.
28. Pamo E.T., Boukila B., Tonfack L.B., Momo M.C.S., Kana J.R. & Tendongeng F., 2005, Influence de la fumure organique, du NPK et du mélange des deux fertilisants sur la croissance de *Moringa oleifera* LAM. dans l'Ouest Cameroun, *LRRD News*, **17**, 53-62.
29. Payne R., 2007, *A guide to Anova and Design. GenStat Discovery Nairobi (Kenya)*, ICRAF. 113.
30. Perraud A., 1971, *Les sols* pp 269-390, In: *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*, Mémoire ORSTOM n° **50**, Editions ORSTOM, Paris.
31. Rouanet G., 1997, *Le maïs, Le technicien d'agriculture tropicale*. CTA, Maisonneuve et Larose, Paris. 142.
32. Troupa S.G.F. & Koné M.H., 2003, *Recensement National de l'Agriculture 2001 et sécurité alimentaire*, Rapport de consultant FAO, EU, Minagra. Abidjan. 40.
33. Vidal P., 1963, *Croissance et nutrition minérale des mils (Pennisetum) cultivés au Sénégal*, Thèse de Docteur-Ingénieur de l'Université de Dakar, 150.
34. Vilain M., 1993, *La production végétale, La maîtrise technique de la production, Agriculture d'aujourd'hui. Sciences, Techniques, Applications*, Editions Lavoisier. Paris. 449.
35. Zro Bi G.F., Yao-Kouamé A. & Kouamé K.F., 2012, Evaluation statistique et spatiale de la fertilité des sols hydromorphes (gleysols) de la région du Bélier (Côte d'Ivoire), *Tropicultura*, **30**, 4, 236-2421.

K.P. Akanza, Ivoirien, PhD, Chercheur, Centre National de Recherche Agronomique, Abidjan, Côte d'Ivoire.

S. Sanogo, Ivoirien, PhD, Chercheur, Centre National de Recherche Agronomique, Abidjan, Côte d'Ivoire.

H.A. N'Da, Chercheur, Centre National de Recherche Agronomique, Abidjan, Côte d'Ivoire; Direction Régional de Korhogo, Station de Recherche de Ferkessédougou, Korhogo, Côte d'Ivoire.

Annonces Announcements	Aankondigingen Anuncios
---	--

Koninklijke Academie
voor
Overzeese Wetenschappen



Academie Royale
des
Sciences d'Outre-Mer

JAARLIJKSE WEDSTRIJDEN

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

a) Opstellen van de vragen en indiening van de werken

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

CONCOURS ANNUELS

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

a) Rédaction des questions et introduction des travaux

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

b) Beoordeling van de ingediende werken

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

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

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

b) Appréciation des travaux introduits

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

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

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

Yearly Competitions

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

a) Writing the questions and submitting the works

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

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

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

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

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

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

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

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

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

b) Assessment of the works submitted

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

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

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

Concursos anuales

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

a) Formulación de las cuestiones y presentación de las obras

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

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

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

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

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

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

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

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

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

b) Evaluación de las obras presentadas

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

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

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

Questions du concours 2017

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

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

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

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

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

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

Vragen voor de wedstrijd 2017

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

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

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

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

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

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

Questions du concours 2018

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

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

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

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

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

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

Vragen voor de wedstrijd 2018

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

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

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

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

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

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

Koninklijke Academie
voor
Overzeese Wetenschappen



Académie Royale
des
Sciences d'Outre-Mer

Young Researchers' Overseas Day

13 December 2016

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

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

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

Themes

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

Programme

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

Abstract preparation

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

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

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

Important dates

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

Venue

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

Journée «Jeunes Chercheurs Outre-mer»

13 décembre 2016

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

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

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

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

Thèmes

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

Programme

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

Participation et soumission d'un résumé

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

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

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

Deadlines

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

Lieu

Palais des Académies
Rue Ducale 1
1000 Bruxelles
Belgique

Contactdag «Jonge vorsers overzee»

13 december 2016

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

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

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

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

Thema's

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

Programma

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

Deelname en indiening van samenvatting

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

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

Deadlines

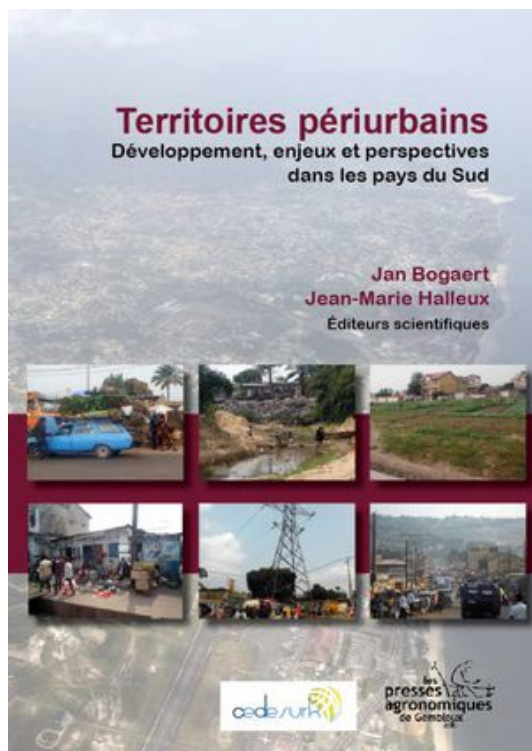
Indienen abstract:	30 september 2016
Bekendmaking aanvaarding abstract:	20 oktober 2016
Inschrijving:	15 november 2016

Locatie

Paleis der Academiën
Hertogsstraat 1
1000 Brussel
België

BIBLIOGRAPHIE BIBLIOGRAPHY

BOEKBESPREKING BIBLIOGRAFIA



Auteurs: Bogaert Jan, Halleux Jean-Marie

304 pages

ISBN 978-2-87016-136-4

BEL/ETR : 30 € + frais de port

Presses agronomiques de Gembloux

Passage des Déportés, 2, 5030 Gembloux, Belgique.

Commandes

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

Résumé

Nous assistons actuellement au peuplement des zones périurbaines de la planète par des centaines de millions d'individus. Cette évolution pose de redoutables problèmes et des difficultés inédites pour les politiques publiques. Si les effets de la périurbanisation sont relativement bien connus dans les pays du Nord, les analyses dédiées aux pays du Sud sont bien moins développées. L'ouvrage "Territoires périurbains: développement, enjeux et perspectives dans les pays du Sud" permet de lever un coin du voile sur cette problématique et sur les grands défis que la périurbanisation pose pour le Sud en général et pour l'Afrique centrale en particulier.

L'ouvrage débute en cherchant à clarifier ce qu'il faut exactement entendre par "territoire périurbain". A la suite de cette mise en contexte, il se poursuit par cinq parties organisées autour des problématiques des ressources naturelles, de la sécurité alimentaire, de la santé publique, des services publics et de l'aménagement des territoires. Pour chacune de ces problématiques, des chercheurs spécialisés issus de disciplines variées apportent des contributions qui, tout en soulignant l'ampleur des défis, permettent la mise en avant de solutions innovantes pour améliorer la gouvernance et le bien-être des populations.

Cet ouvrage s'adresse d'abord aux chercheurs préoccupés par les défis du développement. En parallèle, par les pistes pour l'action publique qu'il esquisse, il ne manquera pas d'également intéresser les décideurs et les praticiens qui opèrent dans le contexte des territoires périurbains des pays du Sud.

Presentation

Tropicultura is a multi-disciplinary journal, which publishes original articles, research and summary notes, overviews of books and essays, announcements and reports on films / audio-visual resources concerning all fields linked to rural development, as well as sustainable management of the environment in overseas countries.

Scientific patronage

Tropicultura is published by the non-profit organisation AGRI-OVERSEAS and benefits from the scientific patronage of the Belgian Royal Academy of Overseas Sciences (RAOS: www.kaowarsom.be).

Tropicultura serves the purpose fulfilled by the "Bulletin Agricole du Congo Belge et du Ruanda-Urundi" (Agricultural Bulletin of the Belgian Congo and Ruanda-Urundi) until 1963. The first volume of Tropicultura was published on paper in 1983 (ISSN 0771-3312). It was replaced by an electronic version from 2013 (eISSN 2295-8010).

Financial support

Tropicultura is published with financial support from the Brussels Capital region (be.brussels.be) and the Regional Post-Graduate Training School of Integrated Management of Tropical Forests and Lands (ERAIFT: www.eraift-rdc.org).

Tropicultura and CAMES

Publications in Tropicultura are approved by the African and Malagasy Council for Higher Education, which works for the promotion and the advancement of teachers and research scientists (CAMES: www.lecames.org).

Members of the Agri-Overseas non-profit organisation

Agri-Overseas asbl consists of individual members and representatives from the following Belgian institutions: the four faculties of agronomic sciences in Belgium (Gembloux - GxABT/ULg, Ghent - UGent, Leuven - KULeuven and Louvain-La-Neuve - UCL), the two faculties of veterinary medicine (Ghent - UGent and Liège - ULg), animal health units at the Department of Biomedical Sciences of the Institute of Tropical Medicine in Antwerp - IMTA, the Inter-Faculty Department of Agronomy of the Free University of Brussels - ULB, the Faculty of Sciences of the University of Namur (Namur - UNamur), the Department of Sciences and Environmental Management of the University of Liège (Arlon - DSGE ULg), and the Royal Academy of Overseas Sciences (KAOW - ARSOM).

Scientific fields

Tropicultura publishes articles on rural development and sustainable management of the environment in hot countries: crops and livestock farming, veterinary sciences, forest sciences, soil and earth sciences, rural engineering, environmental sciences, fisheries and fish farming, bio-industries, agri-foods, sociology and economics.

Frequency of publication

Tropicultura is published every quarter in March, June, September and December.

Open Access publication

Since it was created in 1983, all Tropicultura articles have been published with open access. The entire text of each article and summaries can be accessed free of charge. Articles are published under the Creative Commons licence (CC BY-NC 4.0 - <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.fr>).

Indexing on key databases

Tropicultura is indexed on the AGRICOLA, AGRIS, CABI, SESAME and DOAJ databases. Application for Tropicultura to be indexed on the SCOPUS database has been submitted.

Impact factor

Steps are currently being taken to obtain an impact factor.

Distribution of Tropicultura

Tropicultura was published as a printed version from 1983 until 2012. (2,650 copies of the paper version were printed and distributed in 110 different countries).

All articles, from the first pamphlet onwards, can be accessed in unabridged form on the website (<http://www.tropicultura.org/content/>) and on the DOAJ (<https://doaj.org/toc/0771-3312>).

In 2014, Google Analytics recorded 8,648 visits from 141 countries and regions. In 2014, the Tropicultura journal was downloaded 2,173 times in 101 countries.

Tropicultura can also be accessed via the EBSCO and Bielefeld websites (http://www.basemsearch.net/Search/Results?lookfor=dccoll%3Aftdoaj*+tropicultura.org&refid=dclink) and via Google Scholar (<https://scholar.google.be/scholar?q=Tropicultura>).

Addresses

Editorial committee

President: Prof. Dr. J. Bogaert (GxABT/ULg).

Editor-in-chief: Prof. Dr. Ir. G. Mergeai (GxABT/ULg).

Members: 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) and Prof. Dr. J. Verduyck (UGent).

Assistants to the editor-in-chief : Dr. Ir. Germain Harelimana, Mrs Caroline Louvet.

The board of directors consists of Prof. Dr. J. Bogaert (chairman), Prof. Dr. Ir. G. Mergeai (managing director), Prof. Dr. B. Losson (treasurer), Dr Eric Thys (secretary), Prof. Dr. J. Vercruyse (member) and Prof. Dr. S. Geerts (member).

Permanent guests: the permanent secretary of RAOS and director of ERAIFT.

Publisher

Agri-Overseas
Avenue Louise, 231
B-1050 Brussels (Belgium)
phone: 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>

Instructions to authors

Publication languages

Tropicultura publishes articles in English, Spanish, French and Dutch. Summaries are published in English and French (Spanish or Dutch, if the manuscripts are submitted in these languages).

Content of manuscripts

Priority is given to articles that focus on the widest possible range of original subjects. In other words, their content concentrates mainly on methodological aspects, which can be applied to many different environments and regions of the world.

Major emphasis is placed on the reliability of any information that is published, such as the number of test repetitions, in terms of time and space, which form the basis of the data obtained from the results of experiments.

Manuscripts must have not been previously published or simultaneously submitted to another scientific journal for publication.

Submission procedure

Manuscripts must be sent to the editor-in-chief by post, in triplicate, in the form of a paper document, or preferably directly to the electronic mail address of the editorial office as file attachments.

If possible, after the article is approved for publication, the author must provide his final proofread and revised version in electronic format. It is recommended that Word is used, but ASCII or RTF files are also acceptable.

Style

Manuscripts must be printed on single sides, double-spaced, using Times New Roman font (size 11), with a 2.5 cm margin around the printed area. They should include a maximum of twenty pages of text (not including the cover page).

The cover page must include the title, short title (maximum of 55 characters), the authors' full names, together with their qualifications, position, nationalities, full work/e-mail addresses and any acknowledgements. The corresponding author's name must be marked with a "*" and his address should include a telephone number.

The pages following the cover page must comprise:

- (i) the summaries (max. 200 words) in the language of the manuscript and in English, preceded by a translation of the title and followed by a maximum of six key words in each of the two languages;
- (ii) the body of the text;
- (iii) the bibliography;
- (iv) tables, which should be numbered using Arabic numerals;
- (v) illustrations, which must be clearly marked with a number on the reverse, if they are not sent electronically;
- (vi) table headings and illustrations.

All pages must be numbered consecutively.

The text must be divided into longer chapters (Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Conclusions), but must not be subdivided into more than two levels (one single level following the chapters). The chapter headings and paragraph subtitles must be very concise and should never be underlined.

The references must be quoted in the text, using numbers between brackets. If several references are quoted, their numbers should be indicated in increasing order.

Images must be of a professional standard. Photographs must be unmounted, with clear contrast on glossy paper. Photos provided as .jpg files must be of good quality, with a minimum of 300 pixels per inch (dpi).

Excel files must be provided, containing the relevant table and chart data, when the manuscript is submitted.

Bibliographical references must be listed in alphabetical order, according to the authors' names and in chronological order for individual authors. They must be numbered consecutively, beginning with 1".

Bibliographical references must be quoted in the text in the form of numbers.

The number of bibliographical references must not exceed fifty.

In the case of periodical articles, references must include the authors' surnames, followed by their initials, year of publication, full title of the article in its original language, the name of the periodical, with the volume number underlined and the first and last page numbers separated by a hyphen

Example: Poste G., 1972, Mechanisms of virus induced cell fusion. *Int. Rev. Cytol.* 33, 157-222.

For monographs, the following details are essential: the authors' names followed by their initials, year of publication, full title of the monograph, the editor's name, place of publication, first and last page of the chapter quoted and total number of pages.

Conference minutes should be treated in the same way as monographs. In addition, the location, date of the meeting and scientific editor(s) should be mentioned.

Example: Korbach M.M. & Ziger R.S., 1972, Heterozygote detection in Tay-Sachs disease: a prototype community screening program for the prevention of recessive genetic disorders pp 613-632, in: B.W. Volks & S.M. Aronson (Editors), *Sphingolipids and allied disorders*, Plenum, New York, 205 p.

Permission rights

By submitting their articles, the relevant authors grant Tropicultura non-exclusive permission to publish their work with open access. The author retains the copyright.

Permission for publication

In order to ensure that the manuscript is original and the supervisory organisations of the authors have agreed to its publication, the main author is asked to sign a sworn declaration.

Contribution to publishing costs

Authors are required to contribute 200 Euros towards the cost of publishing their articles. When articles are submitted, the relevant author must agree to these costs. This contribution must be paid when the manuscript is accepted for publication.

Plagiarism detector

All manuscripts are subjected to a plagiarism test before they are sent to readers.

Reading committee

The Tropicultura reading committee is made up of volunteer readers from the international scientific community, who specialise in all fields linked to rural development and sustainable management of the environment in other countries.

Authors must propose three internationally renowned readers when they submit an article.

Articles are submitted to one or more readers selected by the editorial committee.

These readers remain anonymous to the authors. The authors also remain anonymous to the readers.

The editorial committee reserves the right to reject any article that fails to meet the review criteria.

32% of articles submitted to Tropicultura between 2010 and 2015 were accepted.

Assistance with editing

The editorial office may advise authors how to improve their manuscripts. If readers so wish, the editorial office can put them in contact with the authors whose manuscript they are reviewing.

Texte français dans le n°1

Nederlandse tekst in Nr.3

Texto Español en el N°4

TROPICULTURA

2016 Vol. 34 N° 2

Four issues a year (April-May-June)

EDITORIAL

- What Solutions to the Challenge of Agricultural Mechanization in Sub-Saharan Africa? (*in English and French*)
G. Mergeai 111

ORIGINAL ARTICLES

- Fertilizer Use and Management Practices among Maize and Cowpea Smallholder Farmer in Ghana (*in English*)
C.B. Okebalama, E.Y. Safo, E. Yeboah, R.C. Abaidoo & V. Logah 113
- Anthropogenic Pressure and Landscape Dynamics in Semi-arid Rural Areas: the Case of Tibiri Commune, Maradi (Niger) (*in French*)
S.A. Sadda, A. Diouf, S. Lawali, M. Ouedraogo, J. Bogaert & A. Mahamane 127
- The Effect of Albendazole Treatment on Gastrointestinal Helminthes and Productivity of Weaned Cattle in the Adamaoua Cameroon (*in French*)
A. Mamoudou, D. Sakativa, N.J. Ebene, P.A. Zoli 140
- Growth of Djallonke Lambs fed with Soy Milk (*in French*)
Y. Toukourou, M. Abdoulaye, Y.E. Attakpa & I.T. Alkoiret 150
- Digestibility of Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) associated with sweet potato leaves and stems (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) (Panipo diet) or poison milk (*Euphorbia heterophylla* L.) (Paneuph diet) in Rabbits (*Oryctolagus cuniculus* L.) and in Guinea Pigs (*Cavia porcellus* L.) (*in French*)
N'G.D.V. Kouakou, M. Kouba & E. Thys 158
- Impacts of gravel extraction activities in Southern Benin: Residents' perception (*in French*)
A.L. Aïtondji, M. Toyi, J. Bogaert & B. Sinsin 166
- Consumer Acceptance of Cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) flour's fufu substituted by Sweet Potato (*Ipomoea batatas*, Lam) Flour (*in French*)
N.M. Amadou, N.C. Waingeh, M.S. Dung & H. Imele 180
- Contribution to the Local Economy of Grain Processing Micro-enterprises in the City of Maroua Cameroon (*in French*)
D.P. Folefack & S. Abou 186
- Anthropogenic Pressure and Vegetation dynamics in the Classified Forest of Tiogo in Burkina Faso: Contribution of Remote Sensing (*in French*)
B. Tankoano, M. Hien, N'Da H. Dibi, Z. Sanon, J.T. Yameogo & I. Somda 193
- Combined Influence of Manure and Fertilizers on Nutrition and Yield of Maize (*Zea mays*): Impact on the Diagnosis of Primary Soil Deficiencies (*in French*)
K.P. Akanza, S. Sanogo & H.A. N'Da 208

ANNOUCEMENTS

- ARSOM: Yearly Competitions 221
ARSOM: Young Researchers'Overseas Day 225

- BIBLIOGRAPHY 228

TROPICULTURA IS A PEER-REVIEWED JOURNAL INDEXED BY AGRICOLA, AGRIS, CABI, SESAME AND DOAJ

