

TROPICULTURA

2015 Vol. 33 N°2

Trimestriel (avril-mai-juin)

Driemaandelijks (april-mei-juni)

Trimestral (abril-mayor-junio)

Quarterly (April-May-June)



Troupeaux de moutons et de bovins sur le plateau des Batéké en RDC

Crédit: G. Mergeai

Editeur responsable / Verantwoordelijke uitgever: J. Bogaert

Avenue Louise 231
1050 Bruxelles/Brussel
Belgique/België

Avec le soutien de

l'Académie Royale des Sciences d'Outre-mer (ARSOM), www.kaowarsom.be;
l'École régionale postuniversitaire d'aménagement et de gestion intégrés des forêts et
territoires tropicaux (ERAIFT), www.eraiftrdc.cd;
la Région de Bruxelles Capitale, be.brussels.be

Met de steun van

de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen (KAOW), www.kaowarsom.be;
de École régionale postuniversitaire d'aménagement et de gestion intégrés des forêts et
territoires tropicaux (ERAIFT), www.eraiftrdc.cd;
het Brusselse Gewest, be.brussels.be



EDITORIAL/EDITORIAAL/EDITORIAL

Soil – the Key to our Future

Le sol, clé de notre avenir

De bodem, de sleutel tot de toekomst

Suelo - la clave de nuestro futuro

G. Mergeai

65

ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

Analysis of the Technical/Economic Performance of Four Cropping Systems Involving *Jatropha curcas* L. in the Kinshasa Region (Democratic Republic of the Congo)

Analyse des performances technico-économiques de quatre systèmes de culture basés sur la production de *Jatropha curcas* L. dans la région de Kinshasa (RDC)

Analyse van de technische en economische prestaties van vier verschillende teeltsystemen op de productie van *Jatropha curcas* L. in de regio van Kinshasa (Democratische Republiek Congo)

Análisis del desempeño técnico y económico de cuatro sistemas de cultura basados en la producción de *Jatropha curcas* L. en la región de Kinshasa (RDC)

J.D. Minengu, P. Mobambo & G. Mergeai

67

Crop Production of Northern Mindanao, Philippines: Its contribution to the Regional Economy and Food Security

Production végétale à Mindanao nord, Philippines: contribution à l'économie régionale et à la sécurité alimentaire

Plantaardige productie in Noordelijk Mindanao, Filippijnen: bijdrage tot de regionale economie en tot voedselzekerheid

Producción vegetal en Mindanao norte, Filipinas: contribución a la economía regional y a la seguridad alimentaria

G.M. Dejarme–Calalang, L. Bock & G. Colinet

77

Effect of Substrates on Germination and Seedling Emergence of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) at the Yongka Western Highlands Research/Garden Park, Bamenda-Cameroon

Effet des substrats sur la germination et l'émergence des plantules de tournesol

(*Helianthus annuus* L.) au Yongka Western Highlands Research/Garden Park, Bamenda-Cameroun

Effect van substraten op kiemkracht en de opkomst van de zaailingen van zonnebloem

(*Helianthus annuus* L.) in het Yongka Western Highlands Research/Garden Park, Bamenda- Kameroen

Efecto de los substratos sobre la germinación y la emergencia de plántulas de girasol

(*Helianthus annuus* L.) en Yongka Western Highlands Research Park, Bamenda-Cameroun

B.P.K. Yerima, Y.A. Tiamgne, L. Fokou, T.C.M.A. Tziemi & E. Van Ranst

91

Cassava Mosaic Disease Yield Loss Assessment under Various Altitude Agro- ecosystems in the Sud-Kivu Region, Democratic Republic of Congo

Evaluation des pertes de rendements dues à la mosaïque africaine du manioc dans

les agro-écosystèmes d'altitude au Sud-Kivu, République Démocratique du Congo

Evaluatie van de opbrengstverliezen van maniok als gevolg van de Afrikaanse mozaïek in

agro-ecosystemen van de hoge regio van Zuid-Kivu, Democratische Republiek Kongo

Evaluación de las pérdidas de rendimientos debidas al mosaico africano de la yuca en

los agro-ecosistemas de altitud en Sud-Kivu, la República Democrática del Congo

E. Bisimwa, J. Walangululu & C. Bragard

101

Caractérisation des bovins de race Baoulé dans le "Pays Lobi" de Côte d'Ivoire: rôles socio-économiques, modes d'élevage et contraintes de production	
Karakterisering van Baoulé vee in het "Lobi Land" van Ivoorkust: sociaaleconomische functies, veeteelttechnieken en productie knelpunten	
Caracterización de los bovinos de raza Baoulé en el "Pays Lobi" en Costa de Marfil: roles socioeconómicos, modos de ganadería y limitaciones de producción	
B. Soro, D.P. Sokouri, G.K. Dayo, A.S.P. N'Guetta & C.V. Yapi-Gnaoré	111
Effets de l'association du compost et de la fumure minérale sur la productivité d'un système de culture à base de cotonnier et de maïs au Burkina Faso	
Combinatie van compost en minerale meststoffen op de productiviteit in rotatie systeem van katoen en mais in Burkina Faso	
System in Burkina Faso Efectos de la asociación de compost con fertilizantes minerales sobre la productividad de un sistema de cultivo a base de algodón y maíz en Burkina Faso	
B. Koulibaly, D. Dakuo, A. Ouattara, O. Traoré, F. Lompo, P.N. Zombré & A. Yao-Kouamé	125
Germination et croissance de quatre espèces de Combretaceae en pépinière	
Kieming en groei van vier soorten van Combretaceae in boomkwekerij	
Germinación y crecimiento de cuatro especies de Combretaceae en vivero	
A. Amani, M.M. Inoussa, I. Dan Guimbo, A. Mahamane, M. Saadou & A.M. Lykke	135
SIG et gestion des espaces verts dans la ville de Porto-Novo au Bénin	
GIS en het beheer van de groene ruimten in de stad Porto-Novo in Benin	
SIG y gestión de las zonas verdes en la ciudad de Porto-Novo en Benin	
A.A. Osseni, I. Toko Mouhamadou, B.A.C. Tohozin & B. Sinsin	146
ANNONCES/ AANKONDIGINGEN/ ANUNCIOS	157

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

Soil - the Key to our Future

At its 68th meeting, the United Nations General Assembly (A/RES/68/232) decreed that 2015 would be the International Year of Soils and appointed the Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO) to organise this event, as part of the Global Soil Partnership, in cooperation with the governments and secretariat of the United Nations Convention to Combat Desertification. The main objective of this initiative is to raise awareness and understanding of the importance of soil, in terms of ensuring food safety and enabling ecosystems to fulfil their essential functions. It also serves to make civil society and decision-makers all over the world aware of the threats facing soils. These dangers are mainly linked to increasing urbanisation, deforestation, salinisation, over-exploitation, unsustainable land management practices, pollution, over-cultivation and climate changes. The current levels of soil degradation actually jeopardise our capacity to meet the needs of future generations in many regions of the world.

It is very important to raise awareness, due to the lack of visibility and knowledge of the essential functions of soils, especially in relation to political decision-makers. The majority of people in the developed countries do not know how their food is produced. Nor do they have any knowledge of what agriculture is and the essential role of soil in sustainable farming. In addition to producing food from cultivated plants and livestock, soil supports other types of vegetation, which are sources of primary materials for the agrifood industry and green chemistry (fibres, rubber, wood, molecules of interest). It plays an essential role in regulating services, such as limiting the risk of flooding and services aimed at supporting favourable living conditions on the planet. The relatively long time that it takes to provide these services makes it difficult for people to understand them. The infiltration of water is a process that takes weeks or even months. Storage of CO₂ as humus, which is so important when it comes to limiting global warming, also takes a great deal of time. The majority of our contemporaries think that the soil is an inert substrate and essentially mineral, whereas it is an environment that contains many different life forms, which are vital if all the earth's ecosystems are to function and we are to survive.

As you will have seen in previous editions, Tropicultura fully supports the objectives of the International Year of the Soils. We actually publish many different articles about everything that soil does for us. In this edition, for example, you will learn about effective fertility management practices and combating soil degradation in Burkina Faso, using a combination of compost and mineral fertiliser inputs.

I hope you will enjoy reading it.

Guy Mergeai
Editor in Chief

Le sol, clé de notre avenir

Lors de sa soixante-huitième session, l'assemblée générale de l'ONU (A/RES/68/232) a décrété 2015 comme étant l'année internationale des sols et a désigné l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) pour mettre en œuvre cet événement dans le cadre du Partenariat mondial sur les sols en collaboration avec les gouvernements et le secrétariat de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification. Le principal objectif de cette initiative est d'accroître la sensibilisation et la compréhension de l'importance des sols pour assurer la sécurité alimentaire et permettre aux écosystèmes de remplir leurs fonctions essentielles. Il s'agit d'une manière d'alerter la société civile et les décideurs du monde entier par rapport aux menaces qui pèsent sur les sols. Ces dangers concernent principalement l'urbanisation croissante, la déforestation, la salinisation, la surexploitation et des pratiques de gestion non durables des terres, la pollution, le surpâturage et les changements climatiques. Les taux actuels de dégradation des sols mettent en effet en péril notre capacité de répondre aux besoins des générations futures dans de nombreuses régions du monde.

Cette sensibilisation est très importante du fait du manque de visibilité et de connaissance des fonctions essentielles réalisées par les sols. Surtout au niveau des décideurs politiques. La majorité des gens des pays développés ne savent plus comment leur nourriture est produite. Ils n'ont plus aucune connaissance de ce qu'est l'agriculture et du rôle essentiel joué par le sol pour le fonctionnement durable de celle-ci. Outre la production d'aliments via les plantes cultivées et l'élevage, le sol sert de support à d'autres type de végétations qui sont sources de matière premières pour l'agro-industrie et la chimie verte (fibres, caoutchouc, bois, molécules d'intérêt). Il joue un rôle essentiel dans les services de régulation, notamment la limitation des risques d'inondation, et dans les services de soutien aux conditions de vie favorables sur terre. Le temps relativement long nécessaire à la réalisation de ces services rend difficile leur appréhension par les gens. L'infiltration de l'eau est un processus qui prend des semaines, voire des mois. Le stockage du CO₂ sous forme d'humus, si important pour limiter le réchauffement climatique, prend également beaucoup de temps. La majorité de nos contemporains pensent que le sol est un substrat inerte, essentiellement minéral, alors qu'il s'agit d'un environnement contenant de nombreuses formes de vie qui sont essentielles au fonctionnement de tous les écosystèmes terrestres et donc à notre survie.

Comme vous pouvez le lire dans ses différents numéros, Tropicultura souscrit pleinement aux objectifs de l'année internationale des sols. Nous publions en effet de nombreux articles qui concernent tous les services rendus par les sols. Dans ce numéro vous pourrez notamment découvrir des pratiques efficaces de gestion de la fertilité et de lutte contre la dégradation des sols au Burkina Faso basées sur la combinaison de l'apport de compost et d'engrais minéraux.

Je vous en souhaite une excellente lecture.

Guy Mergeai
Rédacteur en chef

Analysis of the Technical/Economic Performance of Four Cropping Systems Involving *Jatropha curcas* L. in the Kinshasa Region (Democratic Republic of the Congo)

J.D. Minengu¹, P. Mobambo¹ & G. Mergeai²

Keywords: *Jatropha*- Crop combinations- Yield- Family farm income- Kinshasa- DR Congo

Summary

In order to assess the sustainability of cultivating *Jatropha curcas* L. in rural areas in the Kinshasa region, four cropping systems were compared: cultivation of *J. curcas* as a sole crop with and without fertilisers, a combination of *J. curcas* with subsistence crops (maize - *Zea mays* L., the common bean - *Phaseolus vulgaris* L.) with and without fertilisers. The major attacks by pests (mainly *Aphthona* sp.) suffered by *J. curcas* plants in the region make it vital to conduct at least two insecticide treatments per year. Dry seed yields of *J. curcas* obtained in the 4th year of cultivation amounted to 753 kg ha⁻¹ when *J. curcas* was cultivated as a sole crop without fertilisers, 797 kg ha⁻¹ for intercropping without fertilisers, 1158 kg ha⁻¹ when *J. curcas* was cultivated as a sole crop with fertilisers and 1173 kg ha⁻¹ for intercropping with fertilisers. Yields from the two annual crops were not improved by the application of mineral fertilisers on the *J. curcas* plants. They amounted to an average of 815 kg ha⁻¹ for maize and 676 kg ha⁻¹ for the beans. It is more profitable to cultivate *J. curcas* with maize and beans than to cultivate it as a sole crop. By combining crops in this way, a one-hectare farm can earn 1102 USD ha⁻¹ without fertilisers and 1049 USD ha⁻¹ with fertilisers. Sustainable cultivation of *J. curcas* under the test conditions requires the development of efficient weed/pest control methods and improved soil fertility management, in order to minimise the use of mineral fertilisers as well as strong improvement of labour productivity for seed harvesting.

Résumé

Analyse des performances technico-économiques de quatre systèmes de culture basés sur la production de *Jatropha curcas* L. dans la région de Kinshasa (RDC)

Afin d'évaluer la durabilité de la production de *Jatropha curcas* L. dans la partie rurale de la région de Kinshasa, quatre systèmes de culture de la plante ont été comparés: la culture pure de *J. curcas* avec et sans engrais, l'association de *J. curcas* avec des cultures vivrières (maïs *Zea mays* L., haricot commun *Phaseolus vulgaris* L.) avec et sans engrais. Les fortes attaques de ravageurs (principalement *Aphthona* sp.) subies par les plantes de *J. curcas* dans la région rendent indispensable la réalisation d'au moins deux traitements insecticides par an. Les rendements en graines sèches de *J. curcas* obtenus en 4^{ème} année de culture s'élevaient respectivement à 753 kg ha⁻¹ en culture pure de *J. curcas* sans engrais, 797 kg ha⁻¹ en cultures associées sans engrais, 1158 kg ha⁻¹ en culture pure de *J. curcas* avec engrais et 1173 kg ha⁻¹ en cultures associées avec engrais. Les rendements des cultures vivrières n'ont pas été améliorés par l'application d'engrais. Ils s'élevaient en moyenne à 815 kg ha⁻¹ pour le maïs et 676 kg ha⁻¹ pour le haricot commun. La rentabilité de l'association de *J. curcas* avec le maïs et le haricot commun est meilleure que la culture pure de *J. curcas*. Le revenu agricole d'un ha de cette association s'élève respectivement à 1102 USD ha⁻¹ sans engrais et à 1049 USD ha⁻¹ avec engrais. L'exploitation durable de *J. curcas* dans les conditions d'étude nécessite la mise au point de méthodes efficaces de contrôle des adventices et des ravageurs et d'amélioration de la fertilité du sol minimisant l'emploi d'engrais minéraux ainsi qu'une forte amélioration de la productivité du travail de récolte des graines.

¹University of Kinshasa, Faculty of Agricultural Sciences, Kinshasa, Democratic Republic of the Congo.

²University of Liege, Gembloux Agro-Bio Tech, Laboratory of Tropical Crop Husbandry and Horticulture, Gembloux, Belgium.

*Corresponding author: E-mail: jminengum@yahoo.fr

Received on 11.03.13 and accepted for publication on 17.04.13.

Introduction

Jatropha curcas L. is a plant from the Euphorbiaceae family and comes from Central America. It was introduced to the Cap Verde islands by Portuguese sailors in the 16th century, followed by Guinea-Bissau. It later spread across Africa and Asia. It is cultivated in the tropical regions of the world (4). With its seeds rich in oil (35% on average) with a high fuel value, *J. curcas* has attractive characteristics for agrofuel production. However, the development of *J. curcas* plants and yields are low in most regions where it is grown (15). Some authors state that *J. curcas* can be cultivated on marginal land without the use of inputs (16, 19).

The Batéké Plateau near Kinshasa is an ideal place for testing the possibilities opened up by the cultivation of *J. curcas*, in terms of making full use of largely infertile land in a humid tropical climate. Using the soil for cultivation in this area actually leads to a rapid fall in its fertility, due to the mineralisation of the humus accumulated during fallow time. Different *J. curcas* cropping systems co-exist in this area, which are characterised by cultivation of this crop alone or in intercropping with subsistence crops (mainly the common bean *Phaseolus vulgaris* L. and maize *Zea mays* L.) and the quantity of mineral fertilisers used. This article aims to assess the technical/economic performance of the four cropping systems used for *J. curcas* cultivation (sole cropping with and without fertilisers; intercropping with maize, followed by beans with and without fertilisers) on a 4-year old plantation established in poor quality soil in rural areas in the province of Kinshasa.

Materials and methods

Characteristics of the study site

The study site is located on the Batéké Plateau (4°47' latitude south, 16°12' longitude east) at an altitude of 684 m. The plantation was set up after a short fallow period (5 years) on an area covering 3 ha in December 2007 in very poor soil, the arable horizon of which consisted of 94.2% sand (48.7% coarse sand 0.2–2 mm, 45.5% fine sand 0.05–0.2 mm), 1.4% silt (1.1% coarse silt 0.02–0.05 mm,

0.3% fine silt 0.002–0.02 mm), 3.3% clay (<0.002 mm), 5.3 g/kg organic carbon and 1.1% humus, with a pH of 5.3. The climate belongs to the AW4 type, according to Köppen's classification system. This humid tropical climate is characterised by a rainy season that lasts from mid-September until mid-May and is interrupted by a brief dry season between mid-January - mid-February. The first part of the rainy season occurring before the short dry season is called "season A" and the second part of the rainy season occurring after the short dry season is called "season B". The long dry season lasts four months – from mid-May until mid-September. The average annual temperature is 25 °C and rainfall fluctuates at around 1500 mm/year (18). Plant formations on the Batéké Plateau consist mainly of shrub savannahs, which alternate with grassy savannahs (23).

Composition and arrangement of test plots

The study was conducted on a plantation established on completely flat terrain. The planting density was 2500 plants per ha⁻¹ (2 m x 2 m). The planting materials consisted of plants grown from seedlings from seeds collected from a Mwabo ecotype (Bandundu Province in the DRC), which were grown for 3 months in a nursery. In order to increase the number of shoots, the *J. curcas* plants were pruned twice using the method advocated by Henning (12).

No inputs were used on the plants, which were not combined with other crops in the first two years after planting. Dry seed yields of *J. curcas* obtained during the first three years, after the plantation was established, rose to 97 kg ha⁻¹ in the first year, 182 kg ha⁻¹ in the second year and 372 kg ha⁻¹ in the third year. In April 2011, the total area of the plantation was divided into four 0.5 ha plots (100 m x 50 m) on which the treatments indicated in Table 1 were applied in a random fashion.

Mineral fertilisers (50 kg urea ha⁻¹ and 50 kg NPK 17-17-17 ha⁻¹) were applied on 5 April 2011 within 30 cm-radius circles at the foot of each *J. curcas* plant. As the canopy of *J. curcas* was still far from covering all the soil, 4 years after the plantation was established, the space left free made it possible to plant intercrops (Figure 1).

Table 1
J. curcas cropping systems compared in the test.

System without fertilisers (1 ha)	System with fertilisers (1 ha)
<i>Jatropha</i> crops alone 0.5 ha	<i>Jatropha</i> crops alone 0.5 ha
<i>Jatropha</i> combined with beans, followed by maize 0.5 ha	<i>Jatropha</i> combined with beans, followed by maize 0.5 ha

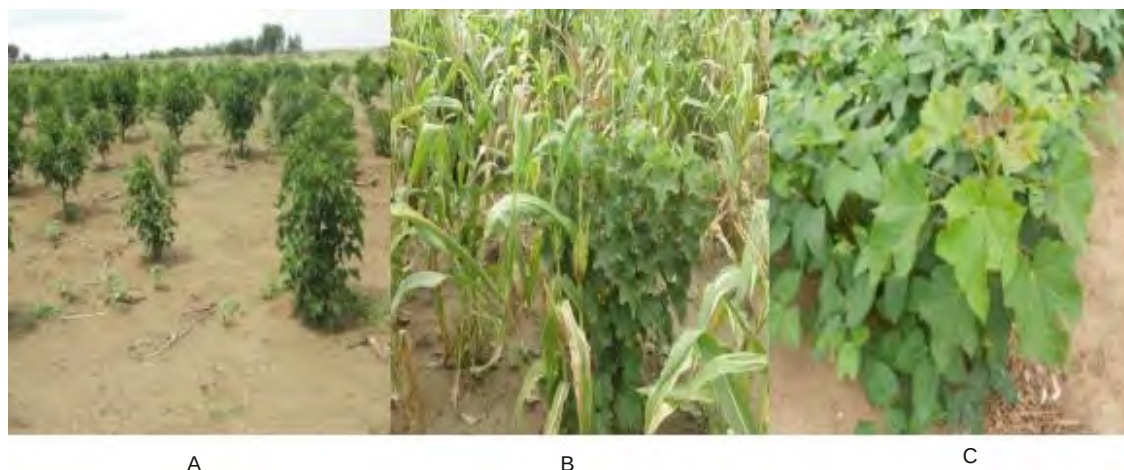


Figure 1: *Jatropha* cultivated on its own (A), intercropping of *Jatropha*-maize (B) and *Jatropha*-beans (C) in the 4th year of cultivating *Jatropha*.

Local varieties of the common bean (semi-erect dwarf variety from the Lower Congo, 10 April 2011) and maize (local population from the Batéké Plateau) were sown as intercrops on 3 October 2011, with 5 lines of beans (83,500 plants.ha⁻¹ – 0.3 m x 0.3 m) between two lines of *J. curcas* and 4 lines of maize (40,200 plants ha⁻¹ – 0.5 m x 0.4 m) between two lines of *J. curcas*.

Morphological observations and yields

The root collar diameter, plant height (main stem length) and total number of branches were measured on 3 April 2011 (first measurement) and 15 February 2012 (second measurement) on 125 *J. curcas* plants from each experimental unit. The dry seed yields of *J. curcas*, beans and maize were measured, after harvesting all the plants from each plot.

Calculation of technical/economic performance

This evaluation of the technical/economic performance of the different systems used to cultivate *J. curcas* is based on Dufumier's method (7). The amortisation period for *J. curcas* plantation

has been estimated at 30 years (4). For agricultural tools and drying racks, the amortisation period has been estimated at 5 and 2 years, respectively.

Validation of results

The study site is representative of the most unfavourable cultivation conditions on the plateau, in terms of soil fertility and pest pressure (*Aphthona* sp. and *Stomphastis thraustica* Meyrick). In order to compare the results measured during the test to those obtained for *J. curcas* crops at other locations in the region, the other *J. curcas* plantations established on the Batéké Plateau (Menkao, Domaine des Sources in Mongata and N'sele) were visited from early 2008.

Results and discussion

Morphological characteristics of *J. curcas* plants

The use of fertilisers promoted the plant development for all the parameters analysed (Table 2). Vegetative growth achieved by *J. curcas* after four years of cultivation is low compared to that observed in other regions of the world, such as Brazil (Aw climate and oxisol soil type) and other locations in the Kinshasa region, where cultivation

Table 2
Comparison of influence of treatments on vegetative growth of *J. curcas* plants.

Cultivation methods	Root collar diameter (cm)			Plant height (m)			Number of shoots		
	On 3 April 2011	On 15 February 2012	Growth (cm)	On 3 April 2011	On 15 February 2012	Growth (m)	On 3 April 2011	On 15 February 2012	Increase
<i>Jatropha</i> as a sole crop without fertilisers	10.5±1.2	15.1±2.2	4.6	1.6±0.1	1.9±0.1	0.3	10±2.1	14±3.3	4
<i>Jatropha</i> as a sole crop with fertilisers	10.4±2.1	16.6±3.1	6.2	1.7±0.2	2.1±0.2	0.4	9±1.8	16±2.4	7
<i>Jatropha</i> as an intercrop without fertilisers	11.1±2.3	14.8±1.7	3.7	1.6±0.1	1.8±0.1	0.2	11±3.0	15±2.8	4
<i>Jatropha</i> as an intercrop with fertilisers	10.8±1.9	17.1±2.3	6.2	1.8±0.1	2.0±0.1	0.1	12±2.3	16±1.9	4

The averages and standard deviations were calculated using 125 plants selected at random for each treatment.

Table 3
Crop yield.

Cultivation methods	Yield (kg/ha/year) System without fertilisers			Yield (kg/ha/year) System with fertilisers*		
	Season B 2011	Season A 2011	Total	Season B 2011	Season A 2011	Total
<i>Jatropha</i> as a sole crop	271	482	753	376	782	1158
<i>Jatropha</i> as an intercrop	287	510	797	353	820	1173
Average yield: <i>Jatropha</i>	279	496	775	365	801	1166
Beans cultivated with <i>Jatropha</i>	667	-	667	684	-	684
Maize cultivated with <i>Jatropha</i>	-	783	783	-	846	846

Season B: from March until May. Season A: from September until December. * 50 kg of urea ha⁻¹ and 50 kg NPK 17-17-17 ha⁻¹.

conditions are more favourable. A study of *J. curcas* in Brazil indicates that average plant heights at 12, 24 and 36 months were 1.3±0.4 m, 2.3±0.3 m and 2.5±0.3 m, respectively (17). In a market garden located in N'sele, in the suburbs of Kinshasa, where the plants are irrigated and regularly fertilised, *J. curcas* grows to a height of over 2 metres after three years and the number of shoots per plant is well over 20. If, at the same time, we consider plants cultivated as sole crops and intercrops, the use of mineral fertilisers results in increased root collar diameter, height and number of branches. If we consider plants cultivated with and without the use of fertilisers, those that were cultivated as sole crops show the most growth in terms of the observed parameters.

Crop yields

The productivity of *J. curcas* depends on the rainfall, which determines the number of fructifications and therefore annual harvests (16). In the Kinshasa region, *J. curcas* can be harvested twice per year (Table 3). The first production is harvested between April and July (this period extends from Season B until the start of the dry season) and the second production is harvested between September and December (Season A). The better yields obtained in Season A can be explained by the higher and better distribution of rainfall during this period. Season B is shorter and rainfall is more irregular. Due to the very poor soil water economy, approx. 70% of the seeds contained in the capsules produced during the short rainy season fail to reach maturity, as the last stage of their development

occurs after the start of the long dry season (July). Tests involving the application of mulch on soil on *J. curcas* plots close to our crops have shown that this technique makes it possible to significantly improve the maturation of seeds produced during the short rainy season. The yield obtained by cultivating *J. curcas* is subject to the same order of magnitude, whether it is a sole crop or intercrop. If fertilisers are not used, it amounts on average to 774 kg ha⁻¹ (753 kg ha⁻¹ as a sole crop and 797 kg ha⁻¹ as an intercrop). If fertilisers are used, it reaches an average of 1166 kg ha⁻¹ (1158 kg ha⁻¹ as a sole crop and 1173 kg ha⁻¹ as an intercrop).

The use of mineral fertilisers only makes it possible to obtain an average gain of 396 kg ha⁻¹, which is equivalent to 4 kg of *J. curcas* seeds kg⁻¹ of fertiliser used. Until now, no research has been conducted, in order to determine the most suitable formula and dosage of mineral fertilisers for promoting *J. curcas* growth in the soil of the Batéké Plateau. It is possible that higher yields could be obtained with a different dosage of mineral fertilisers than that used during our test.

The average yields obtained for annual intercrops, with or without the use of fertilisers, were approx. 815 kg ha⁻¹ for maize (783 kg ha⁻¹ without fertilisers and 846 kg ha⁻¹ with fertilisers) and 675 kg ha⁻¹ for the common bean (667 kg ha⁻¹ without fertilisers and 684 kg ha⁻¹ with fertilisers). The absence of any effect caused by intercrops on the *J. curcas* yield can be attributed to the fact that *J. curcas* plants grown by seed propagation develop taproots, which hardly compete with the subsistence crops that are cultivated with them (6). This is true, as long as the perennial plant does not grow too much, in relation to the density of the two intercrops.

J. curcas is a plant, whose growth depends greatly on soil fertility and responds positively to the use of mineral fertilisers (20). The yields obtained after four years of cultivation are lower than those indicated for crops of the same age in Nicaragua (2500 kg ha⁻¹) with 650 mm rainfall year⁻¹ (8), in Sadivayal (India) (4000 kg ha⁻¹) with 2000 mm rainfall per year⁻¹ (11) and in Allahabad (India) (2000 kg ha⁻¹) with 1000 mm rainfall year⁻¹ (1). The very low soil fertility and major pest pressure suffered by the plants in the test area may explain

the low yields obtained. According to different authors (14, 19, 21), *J. curcas* produces its full potential yield after 3-5 years. However, recent studies (3, 5) have shown that it could take longer than 5 years for the shrubs to produce their maximum yield. It is likely that the *J. curcas* plants on the plots observed in Mbankana will continue to grow and therefore produce a higher yield during the next few years. It is difficult to predict with accuracy the maximum yield that they should produce, but it is unlikely that the latter will exceed the estimated yields suggested by Trabucco et al. (22) (2500 kg ha⁻¹) for the region, once they have reached their full potential.

Technical/economic performance of *J. curcas* cultivation systems

Gross income

As there are still no structured markets for *J. curcas* seeds in the DRC, the price of 0.125 USD kg⁻¹, based on the average selling price in other African countries where a market already exists (10), has been used to calculate the gross income generated. The gross income generated by cultivating *J. curcas* seeds as a sole crop and without using fertilisers (94 USD ha⁻¹) is lower than that generated by the corresponding intercrops (1236 USD ha⁻¹) (Table 4). The use of fertilisers on *J. curcas* only makes it possible to obtain an additional gain of approx. 100 US dollars ha⁻¹, if it is cultivated as an intercrop with subsistence crops, and about 50 US dollars ha⁻¹ if it is cultivated as a sole crop.

Inputs

In cropping systems without mineral fertilisers, the most costly inputs are the insecticides (40 USD ha⁻¹ year⁻¹) (Table 5). The use of pesticides is vital in the study area, if *J. curcas* is to be cultivated. If they are not used, the leaves and buds are completely destroyed by a beetle of the *Aphthona* genus (18). In cropping systems with mineral fertilisers, the latter represent by far the most costly input (150 USD ha⁻¹ year⁻¹).

Table 4
Gross income ha⁻¹ year⁻¹.

Cropping systems	<i>Jatropha</i> (USD)			Maize			Beans			Total GI (USD)
	Harvest (kg.ha ⁻¹)	Selling price (USD kg ⁻¹)	GI (USD)	Harvest (kg.ha ⁻¹)	Selling price (USD kg ⁻¹)	GI (USD)	Harvest (kg.ha ⁻¹)	Selling price (USD kg ⁻¹)	GI (USD)	
<i>Jatropha</i> as a sole crop without fertilisers	753	125	94	-	-	-	-	-	-	94
<i>Jatropha</i> cultivated as a sole crop with fertilisers	1158	125	145	-	-	-	-	-	-	145
<i>Jatropha</i> cultivated as an intercrop without fertilisers	797	125	100	783	0.6	470	667	1	667	1236
<i>Jatropha</i> cultivated as an intercrop with fertilisers	1173	125	147	846	0.6	508	684	1	684	1338

Key: GI (gross income)

Table 5
Inputs.

Expenses	Production costs USD ha ⁻¹ year ⁻¹			
	<i>Jatropha</i> as a sole crop without fertilisers	Intercropping (<i>Jatropha</i> +beans+maize) without fertilisers	<i>Jatropha</i> as a sole crop with fertilisers	Intercropping (<i>Jatropha</i> +beans+maize) with fertilisers
Fertilisers (Urea+NPK)	0	0	150	150
Insecticides	40	40	40	40
Bean seeds	0	15	0	15
Maize seeds	0	10	0	10
<i>Jatropha</i> harvest bags	10	11	15	16
Maize harvest bags	0	5	0	5
Bean harvest bags	0	3	0	3
Total	50	84	205	239

Table 6
Cost of planting one hectare of *J. curcas* shrubs (2,500 plants).

Expenses	Cost in USD/ha
<i>Jatropha</i> seeds	18
Ploughing and harrowing (tractor)	160
Preparing and maintaining plants in the nursery for 3 months (5 man-days)	50
Stumping (10 man-days)	20
Staking out and digging (15 man-days)	30
Planting <i>Jatropha</i> plantlets (5 man-days)	10
Replanting <i>Jatropha</i> (2 man-days)	4
Total	292

Table 7
Required labour (man-days ha⁻¹ year⁻¹).

Activities/tasks	<i>Jatropha</i> as a sole crop without fertilisers	Intercropping (<i>Jatropha</i> +beans+maize) without fertilisers	<i>Jatropha</i> as a sole crop with fertilisers	Intercropping (<i>Jatropha</i> +beans+maize) with fertilisers
Maize seeding	0	10	0	10
Bean seeding	0	15	0	15
Weeding	80	80	80	80
<i>Jatropha</i> plant pruning	5	5	5	5
Mineral fertilisation	0	0	10	10
Phytosanitary treatment	10	10	10	10
<i>Jatropha</i> harvesting and shelling	47	50	72	73
Maize harvesting	0	10	0	10
Bean harvesting and shelling	0	15	0	15
Maize shelling	0	15	0	15
Total	142	210	177	243

Table 8
Family farm income.

Cropping systems	GI ha ⁻¹ year ⁻¹ (USD)	I.C. ha ⁻¹ year ⁻¹ (USD)	Amortisation ha ⁻¹ year ⁻¹ (USD)	Land rent ha ⁻¹ year ⁻¹ (USD)	FI ha ⁻¹ year ⁻¹ (USD)	No. man-days ha ⁻¹ year ⁻¹	F.I. man-days ⁻¹ (USD)
<i>Jatropha</i> as a sole crop without fertilisers	94	50	46	4	-6	142	0
Intercropping without fertilisers	1236	84	46	4	1102	210	5,2
<i>Jatropha</i> as a sole crop with fertilisers	145	205	46	4	-144	177	-0,8
Intercropping with fertilisers	1338	239	46	4	1049	243	4,3

Key: GI (Gross income), IC (Input cost), FI (Family farm income).

Amortisation

In this context, amortisation refers to the initial cost of establishing the plantation and purchasing small agricultural equipment. The cost of setting up a one-hectare plantation is estimated at 292 USD (Table 6) and the life span of this investment is estimated at 30 years. The small equipment used for the cultivation of *J. curcas* consists of small agricultural tools (hoes, spades, rakes and backpack pressure sprayer), which cost a total of 80 USD and pay for themselves over 5 years (16 USD year⁻¹). The last fixed asset consists of trays used for drying *J. curcas* seeds, two of which are needed per ha. They cost 20 USD each and pay for themselves over a 2-year period. The total value of annual amortisations is therefore 46 USD.

Labour

Weeding, harvesting and shelling *J. curcas* fruit are the most labour-intensive tasks (Table 7). Eighty man-days ha⁻¹ year⁻¹ are needed for weeding and 50 man-days ha⁻¹ year⁻¹ for harvesting and shelling fruit, for an average yield of 800 kg ha⁻¹ year⁻¹ of dry seeds, based on 16 kg of dry seeds collected per person and per day (harvesting and shelling of the capsules).

As the longer the plantation is cultivated the more the yield increases, it is certain that the labour required to complete seed collecting tasks will also increase. The high number of man-days devoted to weeding is linked to major pressure from weeds (*Cynodon dactylon* L., *Digitaria* sp., *Imperata cylindrica*, etc.) on cultivated plots on the Batéké Plateau. The quantity of seeds obtained per man-

day under the conditions of our test appears low compared to figures published for other parts of the world (9). It is, however, consistent with the figures put forward by Henning (13) based on observations in Mali. The number of capsules harvested per working hour depends on a range of factors: the height and width of the shrub, method used to collect fruits, planting density and productivity of each shrub (the higher the yield, the more efficient the collecting process becomes) (5).

Land rent

The land rent (4 USD year⁻¹) was calculated by dividing the purchase price of the land, on which the plantation was established (120 USD ha⁻¹), by the life span of the plantation (30 years).

Family farm income

As a sole crop, if the selling price is 0.125 USD kg⁻¹ for dry seeds, the cultivation of *J. curcas* results in a loss of family farm income amounting to 6 USD ha⁻¹ without fertilisers and 144 USD ha⁻¹ with fertilisers (Table 8). Based on the price of 0.125 USD kg⁻¹, the dry seed yields that need to be produced, in order to cover the costs associated with *J. curcas* cultivation as a sole crop, amount to 872 kg ha⁻¹ without fertilisers and 2112 kg ha⁻¹ with fertilisers. In order to make 2 USD man-day⁻¹, depending on conditions when the plantation was established, the selling price of *J. curcas* seeds should be 0.52 USD kg⁻¹ without fertilisers and 0.54 USD kg⁻¹ with fertilisers. The profitability of combining *J. curcas* cultivation with maize and beans is better than that of cultivating *J. curcas* as a sole crop, in terms of income per ha and income per man-day. Due to the selling price of *J. curcas* seeds, the use of mineral fertilisers is not at all viable. One kg of fertilisers costing on average 1.5 USD only makes it possible to increase production by 4 kg dry seeds or 0.5 USD (for a seed selling price of 0.125 USD). The application of at least two insecticide treatments is vital for the growth of *J. curcas* plants. As has been observed in other parts of the world, it is likely that pest pressure increases as the cultivated areas are extended (2, 6). The very high cost of inputs (fertilisers and insecticides), the amount of work that it takes to weed the plots and

the small quantities of seeds harvested per man-day are the main causes of the very small amounts paid for family labour, as calculated for the cultivation of *J. curcas* as a sole crop.

A major reduction in production costs for *J. curcas* as a sole crop could be obtained, by planting a cover crop that requires little or no maintenance. However, with the productivity observed during the test in terms of collecting seeds, even an infinite yield increase would not make it possible to pay family workers an amount that would correspond to the labour opportunity cost (2 USD day⁻¹). In fact, the amount paid for one working day spent harvesting, shelling pods and drying seeds corresponds to its opportunity cost (16 kg of dry seeds day⁻¹ x 0.125 USD kg⁻¹ = 2 USD day⁻¹). This means that, based on the selling price of 0.125 USD kg⁻¹, the cultivation of *J. curcas* as a sole crop will always result in a loss, as long as no solution is found, in order to increase the productivity of work devoted to harvesting and post-harvesting. In other regions of the world, the increased yield ha⁻¹ and use of mechanical shellers (6, 9) make it possible to achieve yields of 40 kg seeds collected per man-day. With this kind of daily yield, based on a seed selling price of 0.125 USD kg⁻¹, the yield to be achieved per ha, in order to cover all expenses, if fertilisers are used (including the labour at its opportunity cost), amounts to 6129 kg ha⁻¹ with manual weeding and 3549 kg ha⁻¹ if a cover crop is planted. If we allow for a seed collection yield of 40 kg man-day⁻¹ and current production costs (with the use of fertilisers and labour costs estimated at their opportunity cost), the selling price of seeds, in order to cover running costs, if the maximum yield reaches 2500 kg ha⁻¹, amounts to 0.215 USD kg⁻¹ with manual weeding and 0.143 USD kg⁻¹ if a maintenance-free cover crop is planted.

Conclusion

The quantification of the technical and economic performance of *J. curcas* sole cropping, with and without the use of fertilisers, on a 4-year old plantation in the Batéké Plateau region, has made it possible to highlight the absence of financial profitability for the production of this crop, using the cultivation methods compared in this study. Based

on a seed selling price similar to that given in other African countries ($0.125 \text{ USD kg}^{-1}$), losses in family farm income per ha amount to 6 USD if no fertilisers are used and 144 USD if fertilisers are applied. The low yields obtained, the very high cost of inputs (fertilisers and insecticides) and weeding, combined with the small quantities of seeds harvested per man-day, are the main causes of the low income generated by cultivating of *J. curcas* as a sole crop. The profitability of combined cultivation of *J. curcas* shrubs with maize and beans is greater than for the

cultivation of *J. curcas* as a sole crop. Family farm income from one ha, if crops are combined in this way, amounts to 1102 USD ha^{-1} without fertilisers and 1049 USD ha^{-1} with fertilisers. Cultivating *J. curcas* as an intercrop with subsistence crops therefore appears the best solution for establishing rural plantations in the region. Sustainable cultivation of these plantations will require, however, the development of efficient methods for controlling weeds and pests, as well as improving soil fertility, while minimising the use of mineral fertilisers and pesticides.

Literature

1. Achten W.M.J., Verchot L., Franken Y.J., Mathijs E., diesel production and use, *Biomass Bioenergy*, 32, 1063-1084.
2. Achten W.M.J., Maes W.H., Aerts R., Verchot L., Trabucco A., Mathijs E., Singh V.P. & Muys B., 2010, *Jatropha*: from global hype to local opportunity, *J. Arid Environ.*, 74, 1, 164-165.
3. Anonyme, 2011, Evaluation et optimisation du potentiel de développement d'une culture oléagineuse à hautes performances énergétique et environnementale pour la production de biodiesel, le *Jatropha curcas*. Rapport final Cirad, Enerbio, Fondation Tuck. <http://www.fondation-tuck.fr/resultats/projets/2008/documents-projet-01/2008-P01-rapport-final.pdf>, (29/02/2012).
4. Brittain R. & Litaladio N., 2010, *Jatropha*: a smallholder bioenergy crop. The potential for pro-poor development. Integrated Crop Management, vol 8. Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome.
5. De Jongh J. & Nielsen F., 2011, Lessons Learned: *Jatropha* for local development. Report for FACT Foundation.
6. Domergue M. & Pirot R., 2008, *Jatropha curcas* L. Rapport de synthèse bibliographique, CIRAD, France, 118.
7. Dufumier M., 1996, Les projets de développement agricoles, manuel d'expertise. Karthala, Paris, France.
8. Foidl N., Foidl G., Sanchez M., Mittelbach M. & Hackel S., 1996, *Jatropha curcas* L. as a source for the production of bio-fuel in Nicaragua, *Bioresour. Technol.*, 58, 77-82.
9. Franken Y.J. & Nielsen F., 2010, Plantation establishment and management. In: *The Jatropha Handbook: From Cultivation to Application*, Eds: Jan de Jongh. Fact Foundation, Netherlands, 8-27
10. GEXSI, 2008, Global Market Study on *Jatropha*. Final Report. Prepared for the World Wide Fund for Nature (WWF). London/Berlin: Global Exchange for Social Investment.
11. Gunaseelan V.N., 2009, Biomass estimates, characteristics, biochemical methane potential, kinetics and energy flow from *Jatropha curcas* on dry lands, *Biomass Bioenergy*, 33, 589-596.
12. Henning R., 2007, Identification, selection and multiplication of high yielding *Jatropha curcas* L. plants and economic key points for viable *Jatropha* oil production costs. (Henning paper).
13. Henning R., 2009, The *Jatropha* System- An integrated approach of rural development. The *Jatropha* Book.
14. Jongschaap R.E.E., Corre W.J., Bindraban P.S. & Brandenburg W.A., 2007, Claims and facts on *Jatropha curcas* L.: Global *Jatropha curcas* evaluation, breeding and propagation programme. Report 158 (Plant Research International BV, Wageningen, The Netherlands and Stichting Het Groene Woudt, Laren, The Netherlands).
15. Les Amis de la terre, 2010, Afrique: terre(s) de toutes les convoitises, Ampleur et conséquences de l'accaparement des terres pour produire des agrocarburants. Rapport, 36.

16. Maes W.H., Trabucco A., Achten W.M.J. & Muys B., 2009, Climatic growing conditions of *Jatropha curcas* L, *Biomass Bioenergy*, 33, 1481-1485.
17. Moreira Miquelino E.T.C., Antônio Gonçalves Jacovine L., De Paula Toledo D., Pedro Boechat Soares C., Cerruto Ribeiro S. & Cristina Martins M., 2011, Biomass and Carbon stock in *Jatropha curcas* L. *Cerne, Lavras*, 17, 3, 353-359.
18. Nyst J., 2010, Contribution à l'étude des possibilités de culture de *Jatropha curcas* L. sur le Plateau des Batéké RDC. Travail de fin d'études présenté en vue de l'obtention de diplôme de master bioingénieur en sciences agronomiques, orientation agronomie tropicale, Université de Liège-Gembloux Agro-Bio Tech, Belgique, 81.
19. Openshaw K., 2000, A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise, *Biomass Bioenergy*, 9, 1-15.
20. Patolia, J., Ghosh A., Chikara J., Chaudhary D.R., Parmar D.R. & Bhuva H.M., 2007, Response of *Jatropha curcas* grown on wasteland to N and P fertilization. Expert Seminar on *Jatropha curcas* L. Agronomy and Genetics. Wageningen
21. Rao G.R., Korwar G.R., Shanker A.K. & Ramakrishna Y.S., 2008, Genetic associations, variability and diversity in seed characters, growth, reproductive phenology and yield in *Jatropha curcas* (L.) accessions, *Trees- Structure Function*, 22, 5, 697-709.
22. Trabucco A., Achten W.M.J., Bowe C., Aerts R., Van Orshoven J., Norgrove L. & Muys B., 2010, Global mapping of *Jatropha curcas* yield based on response of fitness to present and future climate. *Global Change Biol, Bioenergy*, 2, 3, 139-151.
23. Vermeulen C. & Lanata F., 2006, Le domaine de chasse de Bombo-Lumene: un espace naturel en péril aux frontières de Kinshasa. *Parcs et réserves*, 61, 2, 4-8.

J.D. Minengu, Congolese, PhD Student, Assistant, University of Kinshasa, Faculty of Agricultural Sciences, Kinshasa, Democratic Republic of the Congo.

P. Mobambo, Congolese, PhD, Professor, University of Kinshasa, Faculty of Agricultural Sciences, Kinshasa, Democratic Republic of the Congo.

G. Mergeai, Belgian, PhD, Professor, University of Liege, Gembloux Agro-Bio Tech, Laboratory of Tropical Crop Husbandry and Horticulture, Gembloux, Belgium.

Crop production of Northern Mindanao, Philippines: Its contribution to the Regional Economy and Food Security

G.M. Dejarne–Calalang^{1*}, L. Bock² & G. Colinet²

Keywords: Northern Mindanao- Crop production- Economic contribution, Food security, Crop export- Philippines

Summary

This paper presents the contribution of primary agricultural crops produced in Northern Mindanao to its economy and food security of people with the situational analysis and insights of the authors. Rice as the staple food of most Filipinos is insufficient in quantity produced. Corn production is more than enough for the total regional demand. White corn is preferred as secondary staple food, however the corn industry emphasizes yellow corn production and the bulk of this goes to raw materials for livestock and poultry feeds. Coconut, sugar, pineapple and bananas significantly contribute to agricultural exports. Coconut is processed before exporting which can offer employment in the rural areas. Sugarcane, pineapple and bananas have created a change in the land use and hence compete with rice and corn. Northern Mindanao is one of the leading producers of tomatoes, carrots and potatoes, yet farmers have encountered deterring factors in attaining potential income from these products. Although Bukidnon province is the top agricultural producer in the region, poverty in the area remains high.

Résumé

Production végétale à Mindanao nord, Philippines: contribution à l'économie régionale et à la sécurité alimentaire

Cet article présente l'état de la situation et l'éclairage des auteurs quant à la contribution des principales plantes cultivées à l'économie et à la sécurité alimentaire de la population dans la région nord de Mindanao. Le riz qui constitue l'aliment principal de la plupart des Philippins n'est pas produit en quantité suffisante. La production de maïs est excédentaire par rapport à la demande régionale. Le maïs blanc est préféré comme second aliment principal, bien que l'industrie encourage la production de maïs jaune; la majeure partie de ce dernier servant à l'alimentation du bétail et de la volaille. Les plantations de cocotiers, de canne à sucre, d'ananas, et de bananier contribuent significativement aux exportations agricoles. La récolte des noix de coco est transformée avant exportation; ce qui offre de l'emploi en milieu rural. La canne à sucre, l'ananas et la banane ont provoqué un changement dans l'utilisation des terres et entrent désormais en compétition avec le riz et le maïs. Mindanao nord est une des plus importantes régions pour la production de tomates, de carottes et de pommes de terre, même si les agriculteurs rencontrent des difficultés pour atteindre les revenus potentiels de ces «spéculations». Bien que le Bukidnon soit la province la plus importante de la région en matière de production, la pauvreté y reste élevée.

^{1*}Xavier University, College of Agriculture, Cagayan de Oro City, Philippines.

²University of Liege-Gembloux Agro-Bio Tech, Gembloux, Belgium.

Corresponding author: Email: gcalalang@xu.edu.ph

Received on 5.03.14 and accepted for publication on 9.07.14

Introduction

The colonization of the Philippines by foreign powers, until the country was granted its independence by the United States in 1946, had shaped the social and political system of the nation and consequently influenced the use and management of its natural resources including land. This had resulted in unequal distribution of the country's wealth among Filipinos and until now the disparity of land ownership prevails. Landlordism characterized the country's land ownership and in this feudalistic system the farmers working on landlord lands became tenants and their children after them generation after generation (14). The opening up of large areas in Mindanao through logging and/or agriculture paved the way for migrants to establish resettlements and cultivate the soil. In Bukidnon, this forced the integration of the natives into the dominant community. Those who followed a different path had to move deeper into the forests and the areas they vacated were occupied and titled under the names of the settlers (10).

The country's agriculture industry was made visible to the outside world during the Spanish colonization when Filipino farmers produced agricultural crops like tobacco (*Nicotiana tabacum*, Linn.), abaca (*Musa textilis*, Nee), coffee (*Coffea* spp.) and spices for export (14). Agriculture, fishery and forestry sector employ most of the rural workforce. In 2006, agriculture employment in Northern Mindanao was estimated to be 47% of the region's total workforce (17) and in 2012 it still absorbed 43% of the total employment (1). Recent employment has shifted towards services. Modernization of the Philippine agriculture had started for a long time, however the food security of people remains an important issue. From 2006 to 2012, poverty incidence among Filipino families remained unchanged (18). Since agriculture is dependent on environmental and climatic factors, subsistence farmers are the most vulnerable to adversities brought about by environmental degradation and climate anomalies. This is because these farmers have small landholdings, are cultivating marginal lands, lack technical knowledge, and have meager or no financial support.

This paper presents the status of production of rice (*Oryza sativa*, Linn.), corn (*Zea mays*, Linn.), coconut (*Cocos nucifera*, Linn.), pineapple (*Ananas comosus*, Linn. Merr.), bananas (*Musa sapientum*, Linn.), commercial vegetables and root crops and their contribution to the regional economy and food security in Northern Mindanao. It also presents the strengths and potentials of its agricultural crop production and the underlying issues and concerns. Information gathered on this topic depicts two opposing scenarios. First, crop production significantly contributes to the flourishing economy of Northern Mindanao. Second, although agriculture is a major contributor to the rising economy, poverty is still prevalent and thus threatens the people's security on food. These two antagonizing situations of the Northern Mindanao economy have to be reconciled. The "trickle down" effects of economic gains should be felt by the majority for regional development to be effective. Balanced information is needed in order to draw a clear picture of how crop production has supported the household economy of Northern Mindanao and to find a common ground for better recommendations in development planning.

Methodology

Sources of information in this paper were taken from on line journals, reviews, compilation of agricultural research reports for Northern Mindanao, graduate program theses, reports from local and national government offices, and government websites. This also includes results of crop yield investigations and soil fertility assessments in the highlands of Bukidnon conducted by the authors.

Profile of Northern Mindanao

Northern Mindanao occupies a land area of 20,186 km² which is the fifth biggest area among the 17 regions of the Philippines. Figure 1 shows the map of Mindanao, Northern Mindanao and Philippines.

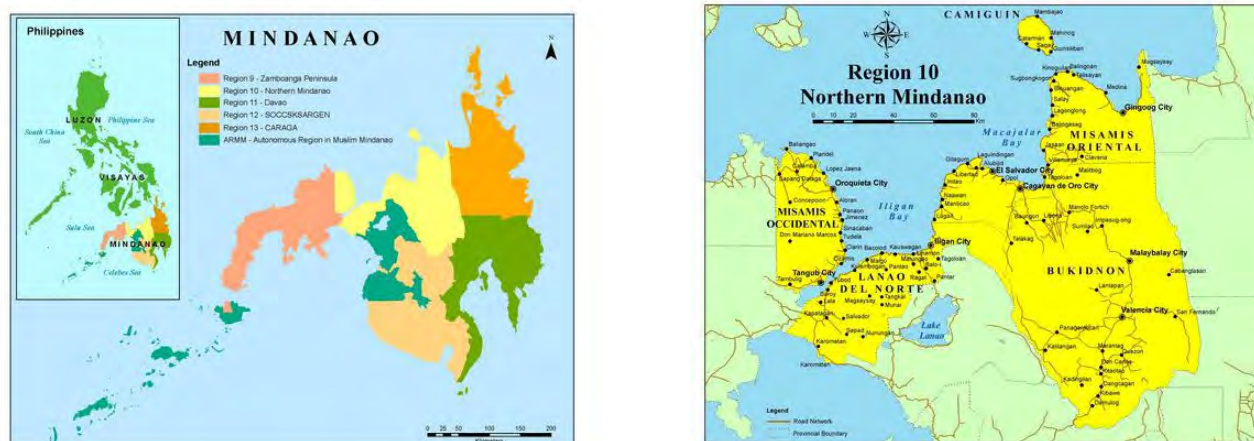


Figure 1: Map of Northern Mindanao and Mindanao, Philippines inset (Courtesy: Mark Alexis O. Sabines, XUCA, Geomatics, Philippines).

The Regional Population

Based on the 2010 census, Northern Mindanao has a population of 4.297million, with an average household size of 4.7 and a population density of 210 persons per square kilometer (19). There are 1,137.197 indigenous peoples living in Northern Mindanao (27) and Bukidnon Province is the home of the seven tribes.

The Political Structure

The region is politically subdivided into five provinces namely: (i) Bukidnon with Malaybalay and Valencia as its two cities, (ii) Misamis Oriental with Cagayan de Oro City as the regional capital, El Salvador City and Gingoog City, (iii) Misamis Occidental with its two cities, Tangub and Oroquieta, (iv) the Island Province of Camiguin, (v) and Lanao del Norte, the province that was added to the region in 2001. It has 12 congressional districts, 84 municipalities and 2,020 barangays. The congressional districts are represented by a Congressman/woman to the country's House of Representatives. The province is headed by a Governor, the municipality by a Mayor and the barangay, the smallest government unit, by a Barangay Captain. For indigenous communities, two leaders are recognized, the Barangay Captain, who is voted by his/her constituents and recognized by the Philippine government to attend to the political affairs, and the Datu, whom by virtue of succession, takes charge of the community's cultural affairs.

The Regional Economy of Northern Mindanao

The Gross Regional Domestic Product (GRDP) of Northern Mindanao was PhP367.1 billion (€6,107 billion at currency conversion rate of PhP60.11: €1:00) putting it as the second largest economy in Mindanao and ranks seventh of the 17 regions in the Philippines (16). Figure 2 shows the distribution of GRDP. Agriculture and its related enterprises are the second largest contributor to the expansion of the regional economy. The regional poverty incidence among population and families are 43.1% and 35.6%, respectively (18). Bukidnon is the food basket of the region but has the highest per capita poverty incidence among population and families which are 50.8% and 43.3% respectively (18).

Major crops of the region

The Philippine government's agricultural programs for the region are for rice, corn, high value crops, and livestock. Large portions of land dedicated to agriculture are used to grow coconut, bananas, pineapple, corn and rice.

Rice, the staple food

Paddy is a traditional crop and the staple food of most Filipinos. The 2012 national production was 18.033 million tons with a sufficiency level of 94% (1). Importation of rice was already noted in the latter part of the nineteenth century during the rapid development of abaca, tobacco and coconut for the international market (24) and at present the country is importing about 1 million tons from other Asian countries (1).

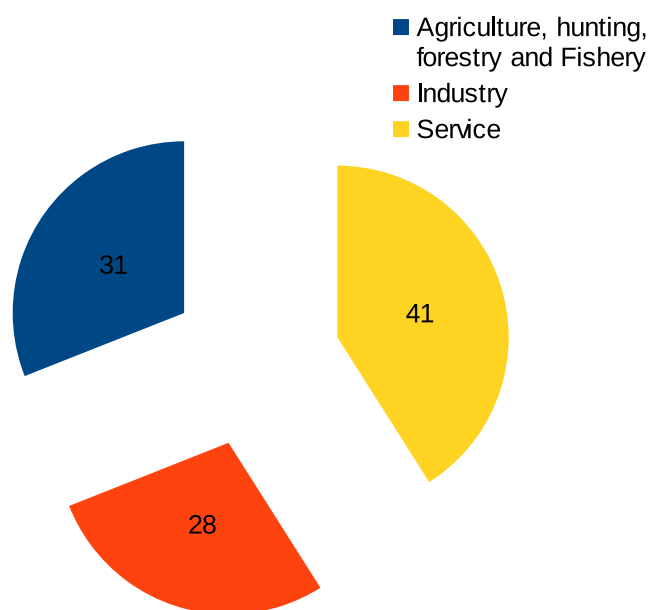


Figure 2: Per cent GRDP distribution of the three major sectors of Northern Mindanao at current prices in 2011.

Source: 16

Its contribution to the regional economy

The 2012 rice production data of the region revealed that the regional area planted to rice was 154,712 ha with an overall production of 637,348 t at a farm gate price of PhP16.78 (€0,28) per kilogram (1). Figure 3 presents the production trend from 1994 to 2012. Bukidnon is the highest producer with production value in 2012 at PhP6.291 billion (€0,105 billion). Although production is increasing over the years, rice supply does not satisfy the regional demand.

Production risk management

Farmers insure their crops to secure their investments against losses due to natural calamities and pest infestations. Typhoons, floods, droughts, rat and insect infestations are the causes of crop production losses. The main insect pests and diseases that are infesting on paddy fields are stem borers, army worms, tungro virus, rice blast, and bacterial leaf blight. The 2000 to 2010 Bukidnon data shows that a total of 23,583 hectares of rice lands of 16,105 farmers were covered with a Total Sum Insured (TSI) of PhP369.766 million (€6,151 million) (21). The indemnity claims of aforementioned insurance coverage for these years amounted to PhP17.329 million (€0,288 million) for

4,913 hectares and the average payment received per hectare was PhP3,527 (€58,68) (21). Paddy rice production cost is PhP10.04 (€0,17) per kilogram and therefore at a yield of 4.12 t ha⁻¹, the estimated total production cost per hectare is PhP41,368 (€688,20) (1). Since Northern Mindanao is frequently hit by calamities, compensation for the damage is generally not enough to cover the production cost and the farmers have to incur financial losses.

Rice contribution to food security

The per capita utilization of rice in the country is 391 g day⁻¹(1) and therefore a family of six consumes 2.35 kg day⁻¹. The retail prices of milled rice ranges from PhP33.00 (€0,55) to PhP45.00 (€0,75) per kilogram. A worker in Northern Mindanao receives an average minimum wage of PhP289.00 (€4,81) daily (20) and therefore his/her family of six spends at least PhP78.00 (€1,30) daily for rice alone. The scenario in the rural areas is worse because the availability of jobs is seasonal and thus the workers'

income is low. Agricultural workers are hired during peak seasons (planting and harvesting periods) only and if more labor is available the wage is brought down below the minimum legal rate. At a yield of 4.12 t ha⁻¹, rice sufficiency level in Northern Mindanao is only at 71.8% (16). Northern Mindanao outsources rice from other regions in the Philippines or from abroad. Among the reasons of rice production decline is the shifting of land use to banana, pineapple and sugarcane by multinational agro industries (17). As the country does not have a unified land use policy the increasing exportation of fruits and cane sugar may have triggered the conversion of rice lands into plantations. Moreover, rice production has been abandoned in some areas where irrigation facilities are no longer working due to poor maintenance. With high production cost that makes rice farming less profitable, the farmers may opt to sell or offer their lands to rent. Conversion of rice lands into housing and industrial development uses is observed in many parts of the Philippines.

Figure 3
Northern Mindanao annual rice production volume from 1994 to 2012.

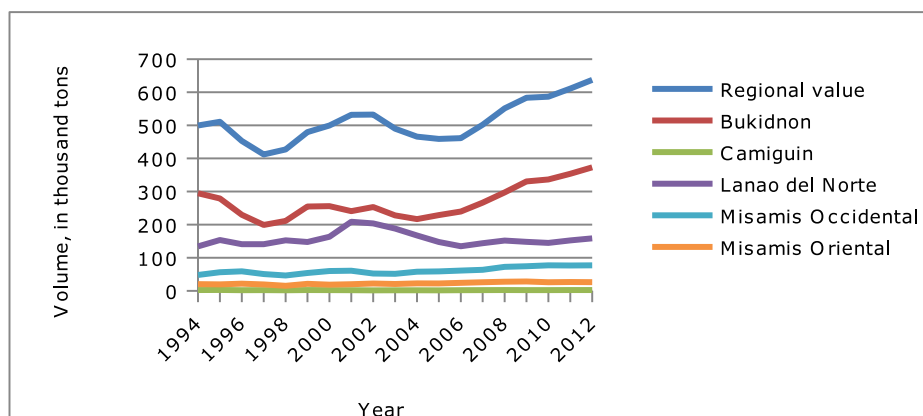


Table 1

Northern Mindanao and its Provinces	Volume (x1000 t)			Yield (t/ha ⁻¹)		Sufficiency Level (%)
	Yellow	White	Total	Yellow	White	
Northern Mindanao	864,8	363,9	1228,7	4,72	1,88	142,9
Bukidnon	780,3	65,2	845,5	4,74	2,37	124,6
Camiguin	0,1	0,5	0,6	1,67	1,25	7,5
Lanao del Norte	18,1	205,8	223,9	3,77	2,02	109,6
Misamis Occidental	3,9	45,5	49,4	3,90	1,81	120,9
Misamis Oriental	62,4	46,9	109,3	4,83	1,22	396,9

Source: 1

Corn, the largest contributor to the regional agricultural economy

In 2012, corn production contributes PHP94 billion (€1,564 billion) to the Philippine economy and Northern Mindanao shares 15.7% (1). White corn is preferred by Filipinos as the secondary staple food and yellow corn is the main ingredient of poultry and livestock feeds and as raw material for manufacturing starch syrup, oil and other starch derivatives.

The regional corn production

Table 1 shows the 2012 corn production volume, yield and sufficiency level of Northern Mindanao and its provinces. Bukidnon ranks first in production of white and yellow corn followed by Lanao del Norte. Yellow corn production is significantly higher than white corn because Bukidnon that contributes 70% to the regional production emphasizes the yellow variety. Generally, corn supply satisfies the demand of each province except for Camiguin which is a small island.

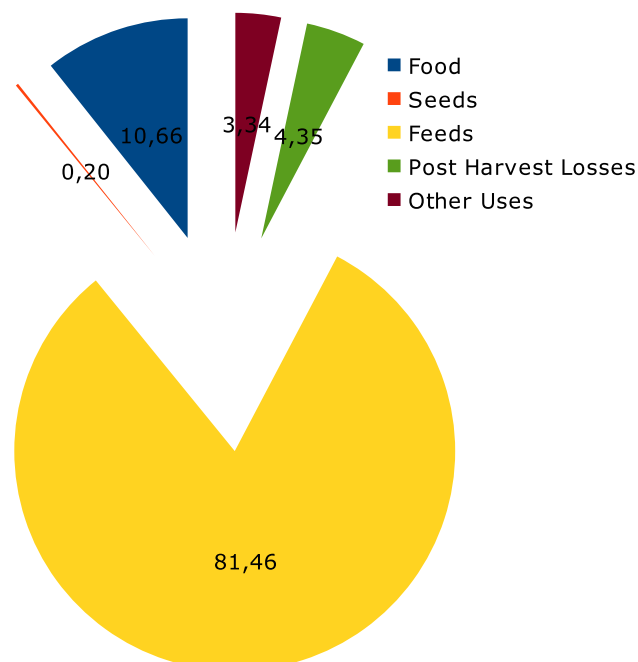


Figure 4: Uses of produced corn from Northern Mindanao in 2011.

Source: 16

Misamis Oriental produces almost four times its demand although it is not the top producing province in the region. Although Bukidnon takes the biggest share of production in the region, its sufficiency level is only 25% over what is required. Corn demand is high in the province because it is the location where most of the poultry and livestock industries of the region which use the bulk of corn harvest are found there (Figure 4). The 2012 annual national average yield value for white corn is 1.65 t ha⁻¹ while Bukidnon has 1.88 t ha⁻¹ (1). The average production cost of white corn is PhP11.31 (€0,19) per kilogram while of yellow corn is PhP7.68 (€0, 13) per kilogram (1).

A study conducted in Dalwangan, (Bukidnon province) on open pollinated white corn variety from 1997 to 1999 revealed that using a combination of organic and inorganic fertilizers the highest yield was 5.07 t ha⁻¹ during the wet season (12). Yield measurement studies conducted by the authors on the volcanic foot slope of Mt. Kalatungan, Miarayon, Talakag, Bukidnon found out that the average yield of native white corn in a harvest is 3.61 t ha⁻¹, which is higher than the average provincial yield. Farmers in Miarayon plant corn for home consumption and as rotation crop for carrots and potatoes. Crop maintenance does not include fertilizer application. The nutrients that were previously applied for carrots or potatoes may be slowly released from the soil in available forms hence corn as the succeeding crop will utilize them. Miarayon soils have been intensively cultivated for more than 50 years however crops in the area produced competitive yields. Therefore the regional harvest value indicates that corn production has not attained its potential yield.

There is disproportionate allocation of area between yellow and white corn in Bukidnon. Yellow corn occupied 85.66% of the total provincial area intended for corn while white corn is at 14.34% (16). It is observed that yellow corn is planted in areas along steep slopes in Cabanglasan, Malaybalay and Talakag, Bukidnon. White corn which is most preferred by corn-eating Filipinos can be a counterbalance to rice insufficiency. However, particularly in Bukidnon, the yellow corn occupies almost all of the areas planted to corn putting the

white variety at a less significant level.

There is need to examine carefully the economics of white and yellow corn production to come up with a sound decision on which of the two varieties shall be popularized. This should consider the aspects on crop suitability to soil characteristics, crop management, labor requirement, fertilizers and pesticides (type and quantity), cost of seed procurement, quality of product (for food and feed use), and the environmental impacts of production. The high use of agricultural inputs for yellow corn production and the planting of these shallow rooted crops on fragile slopes have to be checked. The production and use of white corn as food crop should be emphasized to compensate the demands in areas where rice is insufficient.

Production losses and risk management

Corn production losses are due to natural disasters, pest infestations and post-harvest inefficiencies. Farmers insure the crops against typhoon, flood, drought, pests and diseases. In Bukidnon alone, the TSI from 2000 to 2010 was PhP281.662 million (€4,686 million) with total area coverage of 27,448 hectares and the total indemnity paid was PhP32.358 million (€0.538 million) to 12,976 farms (21). In 2010, the average claims per hectare was PhP2,682 (€44,62) (21) which is only a small fraction of the total production costs per hectare of PhP18,722 (€311, 46) for white corn and PhP32,930 (€547, 83) for yellow corn (1).

Postharvest losses also affect the economic returns of corn production. Reasons cited for post-harvest losses were bad weather conditions, labor shortage, inefficiency of machine used, improper postharvest practices and lack of awareness on the part of the workers or handlers (22). Philmech's estimate on postharvest losses in corn in 1994 was 13% (22). An assessment of postharvest losses in Northern Mindanao particularly in the provinces of Bukidnon and Misamis Oriental found out that high losses were incurred in harvesting and shelling (5). Improvement of facilities may have caused the decrease of postharvest losses. The efficiency of postharvest activities in the region has increased and in 2011, the value of losses had decreased to 4% (16).

Table 2

Number of trees, total nut production, green nut production, copra production, number of issued permits to cut, number of trees cut and coconut product exports in Northern Mindanao for 2010 and 2011.

Parameter	2010	2011	% Change
Total nut production (in million pieces)	1,746	1,737	-0,52
Green nut production (in million pieces)	2,293	2,222	-3,10
Copra production (t)	423.200	471.200	-1,42
Number of permit to cut issued	333	580	74,17
Number of trees cut	12.292	64.848	427,56
Coconut product export (in million \$)	417.665	528.588	26,56

Source: (16)

Table 3

The regional status of significant coconut product export of Northern Mindanao for 2010 and 2011 (in million PhP and Euros).

Coconut Product	2010		2011		%Change
	Million PhP	Million €	Million PhP	Million €	
Coconut Chemical	188,854	3.142	288,997	4.808	53,03
Coconut oil	181,167	3.014	222,066	3.694	22,58
Dessicated coconut	14,99	0,249	28,763	0,479	92,48
Copra cake/meal	18,207	0,303	12,251	0,204	-32,71
Coconut shell charcoal	6,807	0,113	13,351	0,222	96,14
Coconut water	0,702	0,012	10,014	0,167	1326,50
Coconut milk powder	2,704	0,045	4,795	0,080	77,33
Activated carbon	2,031	0,034	3,335	0,055	64,20
Coconut cream	1,573	0,026	3,275	0,054	108,20
Reduced fat coconut	0,372	0,006	0,916	0,015	146,24
Sweetened coconut			0,380	0,006	
Palm oil fatty acid			0,235	0,004	
Coconut vinegar	0,006	0,000	0,024	0,000	300,00

Source: (16)

Currency conversion rate: PhP60.11: €1.00

Coconut, the highest value in export

The contribution of coconut to the regional economy is PhP9.05 billion (€0,151 billion) and Lanao del Norte, Misamis Occidental and Misamis Oriental are the three top coconut producing provinces in Northern Mindanao (1).

Regional coconut production data in 2010 and 2011 are shown in table 2. The slight decrease in total nut production, green nut production and copra production were due to the increase in the number of coconut trees that were cut. However, its effects on the total nut produced are very slight because the coconut trees that were cut for lumber are those that were senile and economically unproductive. Furthermore, in 2011, the moratorium on the cutting permit issuance and the subsequent transport of coconut lumber was lifted (16).

In spite of the decrease in nut production, there is an increase of coconut product export.

Table 3 presents the status of exportation of coconut commodity in Northern Mindanao. It can be noted that the exported products had passed through processing. The overall coconut product exports between 2010 and 2011 had increased by more than 26.56% and total export value was PhP14.14 billion (€0,235 billion) with 64.21% share to the total export of the region (16). Except for copra cake/meal, exports of coconut product commodities had increased significantly in 2011. There is significant increase in demand of desiccated coconut, shell charcoal, coconut water, cream, reduced fat coconut and coconut vinegar. Markets on sweetened coconut and palm oil fatty acid are found abroad.

Table 4

Top five vegetables produced in Northern Mindanao in 2011 (values in PhP and Euros).

Vegetable		Volume	Value	Value
Scientific Name	Common Name	(t)	(x1000 PhP)	(x1000 €)
<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill	Tomato	51.109	247.041	4,111
<i>Maxima cucurbita</i> Duchesne	Squash	15.825	29.910	498
<i>Solanum tuberosum</i> Linn.	White Potato	6.745	66.843	1,112
<i>Brassica oleracea</i> Linn.	Cabbage	5.752	39.342	655
<i>Solanum melongena</i> Linn.	Eggplant	4.102	21.196	353

Source: (16)

Currency conversion rate: PhP60.11:€1.00

Table 5

Carrot production volume in the Philippines in 2012.

Region	Volume (t)
Cordillera Autonomous Region	60.123
Central Visayas	4.169
Ilocos Region	4.143
Davao Region	1.423
Northern Mindanao	1.296

Source: 5

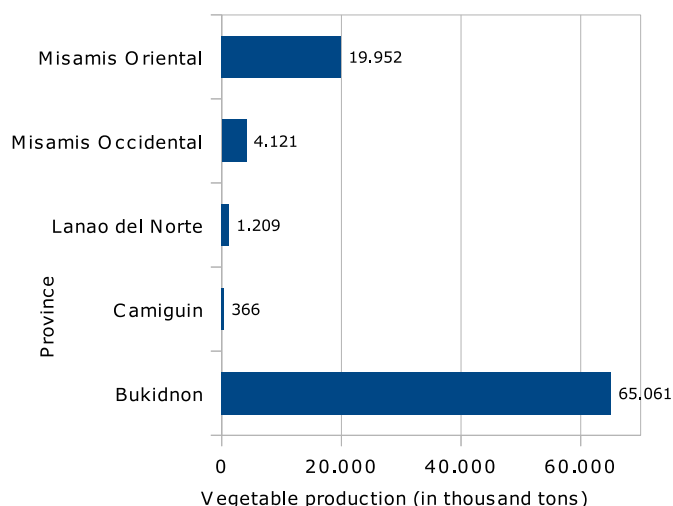


Figure 5: Vegetable production of Northern Mindanao by province, 2008.

Source: 4

Export values are increasing and high values are on products that had undergone processing. Refining coconut products before selling abroad create jobs in the labor market which can provide the financial and food security of the people in the region. Coconut water which was once a waste in copra making is recently a multi-million pesos worth of export. Furthermore, the increasing demand of coconut vinegar and sweetened coconut in the international market may be a good opportunity for home or cottage industries to flourish which can augment household income. Coconut product development that does not need intensive capital may be worth exploring.

Vegetables and their contributions to the regional economy

Growing vegetables is appropriate for farmers with small land holdings because of its relatively short growing period, it is labor intensive, it is characterized by high land productivity and it can fit well as rotation crops in traditional agricultural production systems (8). Most of the vegetable varieties have higher market values than rice or corn. Bukidnon leads the vegetable production in Northern Mindanao (4). The regional vegetable production is presented in figure 5. Because of favorable climatic conditions, vegetable farming is a lucrative venture in the province which is a source of income to small farm holders (11). Table 4 shows the 2011 major vegetable productions in Northern Mindanao. Tomato is primarily produced in Northern Mindanao and the region is the top producer in the Philippines and the region is second in cabbage production (2). Although carrot (*Daucus carota* var. *sativus*) production does not belong to the top vegetable industry in Northern Mindanao, the region's contribution to the national production volume is significant as it ranks fifth (Table 5). Vegetable plot sizes along the slopes of Mt. Kalatungan in Marayon do not exceed even half a hectare.

The modal class of plot sizes are from 1,250 to 1,750 square meters with the smallest is 160 square meters and the largest; 4,175 square meters. Although vegetable gardens are labor intensive, the work requirements in a relatively small size area can be supplied mostly by farm owners. As harvest frequency is higher, farmers can get income regularly.

Carrots and White Potatoes (*Solanum tuberosum* L.) as high value commercial vegetables

The national volume of carrot production in 2012 (1) was 68,438 t with an average yield of 13.91 t ha⁻¹ while the regional estimates on production volume and yield are 1,296 t and 9.5 t ha⁻¹ respectively (1). Carrots in the region are predominantly grown along the volcanic foot slopes of Mt. Kitanglad and Mt. Kalatungan, (Bukidnon, province). In the study conducted by the authors on the predominant crops at Miarrayon Village in Kalatungan, yield of carrots is 19.6 t ha⁻¹, which is higher than the regional and national average values. Soils developed on volcanic parent materials are generally believed to be productive (25) and can support intensive commercial agriculture (23). Soils in Miarrayon which are intensively used for commercial vegetable crop production are derived from volcanic materials.

The national yield average for potato in 2012 was 14.77 t ha⁻¹ and the Bukidnon average value is 11.91 t ha⁻¹ (1). Twenty commercial white potato varieties were evaluated in Impasugong, Bukidnon, seven of which made a total yield of 40 t ha⁻¹, when Granola, the check variety gave 28.91 t ha⁻¹ (6). These figures are higher than the yields obtained by Duna et al. (6) in an adaptation trial carried out in Miarrayon, Lirongan and San Miguel. In this trial the white potato productions were respectively 26.16 t ha⁻¹, 23.19 t ha⁻¹ and 25.63 t ha⁻¹ (26). White potato yield measurements conducted by the authors in Miarrayon revealed that the average in two locations, Salsalan and Mambuaw were 28.91 and 20.01 t ha⁻¹ respectively. Therefore, the average yield value in Miarrayon is higher than the provincial and national values.

Miarrayon area had long been identified as suitable for white potato crops because of its favorable soil, elevation and climatic conditions (13). The disparity of yield results between the macro statistics and the field yield investigations may indicate that potential yield of carrots and potatoes in the region is not attained.

Vegetable production support system

A study of marketing commercially grown vegetables in Bukidnon found out that vegetable production was for the market and most of the farmers preferred to sell their products to the wholesalers (15). This is practiced by farmers for forty years. Miarrayon does not have processing facilities to handle product surpluses and therefore the commodity is highly affected by price fluctuations. Historically, products were brought to the vegetable terminals in Calapat, Talakag or to Songco, Lantapan and were transported by animal driven sledge, carts or by people. At present, vegetables from Miarrayon are brought directly to the wholesalers at the West Bound Terminal Market in Bulua, Cagayan de Oro City. Trucks may also be owned by financiers who are wholesalers/retailers. Horses are used to haul the products from the field towards the road where the trucks pick the vegetables up and deliver them to the market. Carrots, potatoes and cabbages are packed in empty nylon bags initially used for rice and feeds. Tomatoes are stored in boxes. Broccoli are wrapped in paper and put in bamboo baskets. Transport from Miarrayon would go to Cagayan de Oro market through the Talakag road as this can save kilometers of travel. However, during rainy seasons, at instances when road is not passable, the transport goes through the Lantapan-Malaybalay road which is almost double the distance of the Talakag route. This situation can delay the shipping of perishable products and increase the cost of transport.

The 1972 vegetable marketing study reported that buyers and neighbors were the main sources of price information and prices of vegetables aired on radio station was useful to the farmers to some extent (15).

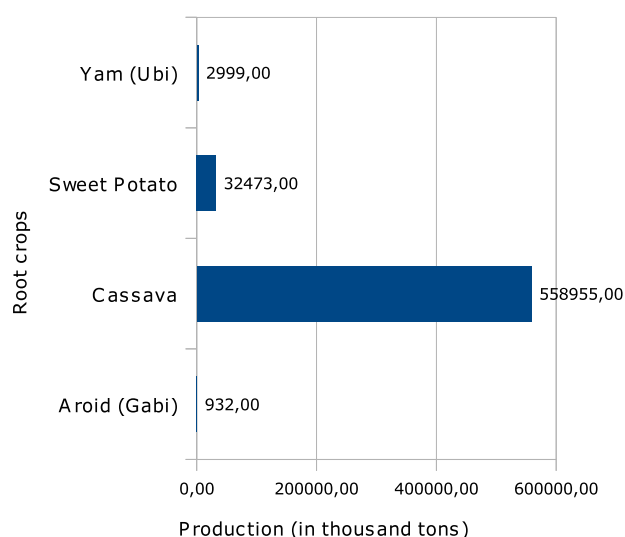


Figure 6: Root crop production volume by commodity of Northern Mindanao in 2012.

Source: 1

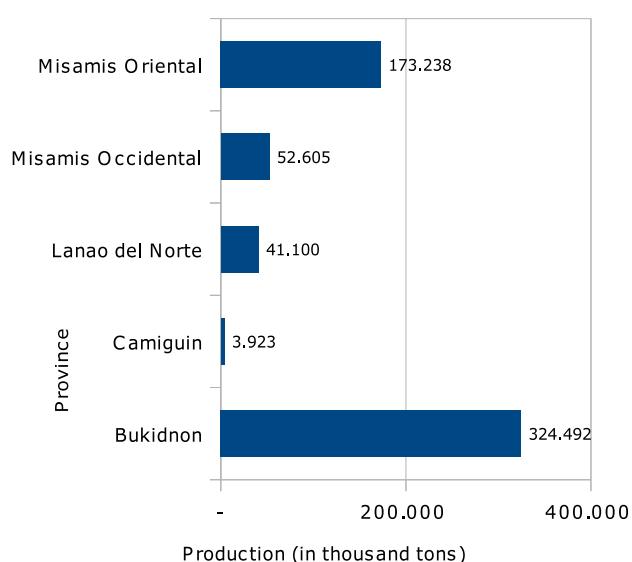


Figure 7: Root crop production volume of Northern Mindanao by province in 2012.

Source: 1

Presently, the field financiers are the ones who advise the farmers on the prices and dictate the schedule of harvests according to market supply and demand. If commodity supply is high, the farmer may shortly delay the harvest schedule for a few days. Farmers do not know the exact volume of vegetables produced when harvested because these are brought to the wholesalers' stall in Westbound

Market Terminal for weighing and valuation. If the farmer will opt not to accompany his/her products to the market, the financier will advise the value of goods through a statement of his/her accounts.

The vegetable industry in the region is more focused on production and marketing as fresh vegetables. Not many activities are geared towards processing and value adding. Over supply in the market pulls down the prices below the level farmers would accept to sell. Farmers would prefer to leave the vegetables to rot in the fields rather than bring them to the markets because the transport itself can add to their losses. In Miarayon for instance, when price of carrots will go down to the point where the farmers will incur losses, more rejected tubers will be generated because these cannot be sold in the market. If these could be processed and market is available, those unsold tubers would be beneficial. Product development and value adding are worth exploring for the vegetable industry to be more beneficial to the small farmers.

As mentioned, vegetable farming is a lucrative business in Bukidnon but who profits most? In a farmer's plot financing system, farmers get their inputs from the financiers who are the middlemen, who are at the same time transportation owners and buyers of the produce. The agro production chain of the commodity needs to be studied for appropriate valuation of the products in order to identify which part in the chain gets the most benefit. Moreover, the values of cooperation among farmers have to be encouraged. The absence of credit unions makes the farmer-owner or farmer-crop sharer dependent on the financiers for farm inputs.

Root crops, for food and industrial processing

Important root crops in Northern Mindanao are: cassava (*Manihot esculenta* Crantz), sweet potato (*Ipomea batatas* Linn.), aroids or gabi (*Colocasia esculenta* Linn Poir), and yam or ubi (*Dioscorea alata* Linn.).

Figure 6 shows the estimated volume of production for the four regional important root crops and figure 7 shows the estimate of root crop production of Northern Mindanao. The volume of cassava in 2011 is 551,123 t. At a farm gate price of PhP2.70 (€0,04), this has total production value of PhP1.448 million (€0,024 million) (1).

Among the five provinces in the region, Bukidnon is the highest producer of root crops followed by Misamis Oriental (Figure 7).

Root crops are important raw materials for both food and industrial processing. These are also essential and even staple food for people in the mountains who do not/seldom have access to rice or corn. Cassava is the region's major root crop product followed by sweet potato. Cassava is used for food and raw materials for starch and livestock feeds.

Root crops are important to highland marginal farmers during dry season because they are resistant to drought. These are the sources of food and income during lean periods when vegetables and other water demanding crops would not survive. Developing food products from root crops and value adding can augment home or cottage industries income. This may also enhance the micro scale marketing of root crops. Producers who are the sellers shall have direct contact with the buyers omitting as many middlemen as possible.

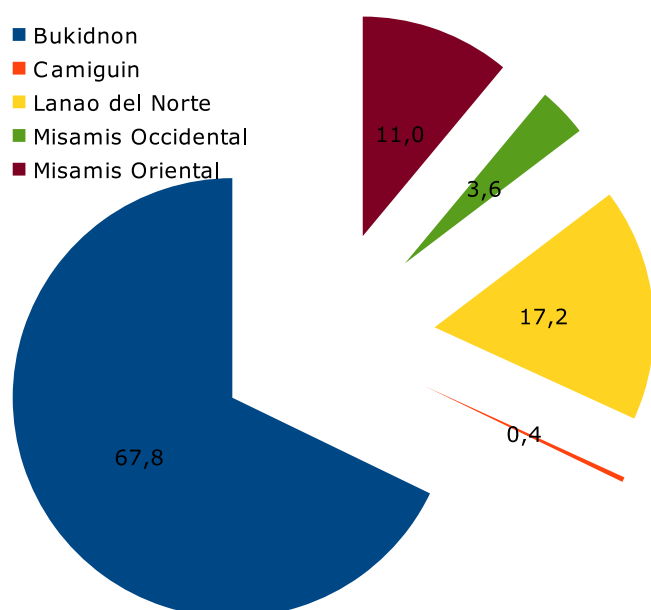


Figure 8: Banana production volume of Northern Mindanao by province in 2012.

Source: 1

Sugarcane, bananas and pineapples, the top industrial and fruit exports of Region 10

Before the Second World War, sugar had comprised 60% of the Philippine exports and contributed over 40% to the income of the government (9).

The first sugar industry in the Philippines was established in Negros Oriental when Iloilo opened its port to the British in 1855 and the first sugar mill was put up in 1857 (24). Latest data shows that the national sugarcane production volume is 26.396 million tons with a current price value of PhP42.497 billion (€0.707 billion) (1). In Northern Mindanao, sugarcane can only be found in Bukidnon. The sugar industry in the province formally started in 1975 when it was discovered that Bukidnon's wide lands are suitable for sugarcane (10). Recently its contribution to the national production is 15.33% with a current value of PhP6.513 billion (€0.108 billion) (1). The value of exported cane raw sugar is PhP2.805 billion (€0.047 billion), the fourth in the top ten export commodity list of the region in 2011 (16).

Pineapple is a major product of Bukidnon. The first pineapple plantation in the country, the Philippine Packing Corporation, now Del Monte Philippines was established in the province in 1926 by the California Packing Company, an American agribusiness firm (24). In 2012, Bukidnon's pineapple had contributed 53.34% to the country's total volume of production with a current value of PhP7.59 billion (€0.126 billion) (1). Pineapple is exported to other countries as fresh or canned fruits. In 2010, the value of exported canned and fresh pineapples were PhP3.265 billion (€0.054 billion) and PhP514.630 million (€8.561 million) respectively (3).

Regional production volume of banana (*Musa sapientum* Linn.) was estimated to be 1.726 million tons (1). Figure 8 shows the banana production volume by province. Banana varieties are cavendish, lakatan and saba, the later two are native varieties. The first cavendish banana industry in Bukidnon was opened in 1999 by Dole Philippines Incorporated. A significant increase in production was noted in 2008 when the cavendish production in Bukidnon was doubled.

Sugarcane, bananas and pineapples are competitors to corn and rice in using the land because of their demand in the international market. In the region, corn and rice fields are converted into plantations of sugarcane or bananas or pineapple due to higher profitability of the latter. This trend threatens food self-sufficiency in the region. Since these commodities are for markets abroad, there is also virtual export of water and soil nutrients. Therefore, there is need to study the social and environmental impacts of the shifting land use to plantation crops in relation to food supply and availability in the region for a better decision making.

Bukidnon soils

The contributions of soil to an agricultural economy and likewise to the food security of the society are indirect. However, as an indispensable natural resource, it is necessary for the agriculture stakeholders to be informed on its status for appropriate management in order for this asset to sustainably support crop production. Bukidnon as the source of most agricultural crops in the region has soils which are mostly derived from volcanic parent materials that generally can support intensive commercial agricultural production. Socio-economic reasons such as agricultural land ownerships, land use competitions in the lowlands and rising population in the highlands had prompted the use of marginal lands for crop production. Marginal lands as the frontiers of the Philippine agriculture are encroached. In Bukidnon, there are undifferentiated areas in mountainous lands which are left unstudied thus soil information in these areas are not available. Availability of detailed soil information and yield data at plot level in these areas are constrained.

The study conducted by the authors in Miarayon which is located along the foot slopes of Mt. Kalatungan on the relationships between soil, rock and relief revealed two soil types using the World Reference Base of the Food and Agriculture Organization (7), the "Andic" Cambisol in more exposed, flat and convex positions, and "Andic" Umbrisol at the foot slopes and in concave positions. Investigations further found out their potentials (Umbrisols) such as topsoil high organic

matter content (10.6 to 23.2%), generally high in CEC (38.3 to 82.0 $\text{cmol}+\text{kg}^{-1}$) in topsoil and in subsoil (20.2 to 52.2 $\text{cmol}+\text{kg}^{-1}$), low bulk density (0.68 to 0.97 kg dm^{-3}), high water retention (0.75 to 0.151 cm cm^{-3}) but was observed to have rapid drainage during intense rainfalls. The soil characteristics in these areas and the yields of prevailing crops generally indicate that soils are fertile except for the levels of available Phosphorus ($<1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) as an "apparent" limiting nutrient which is typical in soils of volcanic parent material origin. Constraints found were presence of rock outcrops, stoniness, high soil erodibility, low topsoil pH (<5.5) with associated risks of Aluminum toxicity and high Phosphorous retention (68 to 98%).

Conclusion

Agriculture is a significant contributor to the economy of Northern Mindanao. Opportunities are there because its environment is generally favorable to cultivation of a broad range of crops. Although for many years advancements in agriculture have occurred in the region and the sector employs the greatest number of workforce in the rural areas, poverty remains high. Food security issues and how these can be addressed by rural agriculture are challenges to be met. One has to look into how the macro scale economy affects the individual households in order to have a realistic view of the holistic economic situation of Northern Mindanao. This paper presents the situation of agriculture in Northern Mindanao and the contribution of its major crops to the regional wealth. This also describes how vegetable and other major products have impacted to the economy.

The region has a deficit in terms of rice supply which jeopardizes the food security of many. Corn is the biggest contributor to the region's monetary resources. However, yellow corn production is given more attention than white corn. Coconut is the top export commodity with processed products that are sold in international markets. Promotion of processing and manufacturing would create jobs which are good for the micro and macro economy. Vegetable farming is a promising venture for small land holders. However, there is need to study the

agro production chain of the commodity to address the challenges that farmers are facing.

Product development for vegetables and root crops need to be explored. For agro-industrial crops, the carrying capacity of the land has to be studied and its impacts on food availability have to be quantified for better decision making in land use shift.

Acknowledgement

The authors acknowledge the support of the Cooperation of Universities for Development– Inter University Program of Belgium to the EPaM Project conducted in the Philippines and to the project partners: the University of Liege-Gembloux Agro-Bio Tech, the Catholic University of Louvain and the University of Namur in Belgium, and in the Philippines, the Environmental Science for Social Change, Xavier University and Ateneo de Davao University. Likewise, we are grateful to the anonymous reviewer for the comments and suggestions to the paper.

Literature

1. Bureau of Agricultural Statistics, 2013, Country Stat of the Philippines. Bureau of Agricultural Statistics, Quezon City, Philippines, www.bas.gov.ph.
2. Bureau of Agricultural Statistics, 2012, Major Vegetables and Root Crops, Quarterly Bulletin, October to December 2011, Volume 6, Number 1, Bureau of Agricultural Statistics National Office, Quezon City, Philippines.
3. Bureau of Customs, 2010, Export Performance by Commodity, Region 10. Performance Level Monitoring. Bureau of Customs Region 10, Cagayan de Oro City, Philippines.
4. Department of Agriculture Regional Field Unit-10, 2009, Agricultural Profile of Northern Mindanao, Department of Agriculture Rural Field Unit Region 10, Cagayan de Oro City, Philippines.
5. Dumayaca C.A., Madriaga C.S., Gamila E.B., Margate E.E., Bercero D.II., Embajador M.B., Arao J.B., Rejas R.T., Maquiso J.A. & Intong J.F.B., 2002, Postharvest Losses Assessment in the Identified Corn Farm Clusters in Region 10, Research Compendium, Northern Mindanao Integrated Agricultural Research Center, Department of Agriculture Regional Field Unit 10, Dalwangan, Malaybalay City, Philippines, 31- 53.
6. Duna L.V., Tumapon A.S., Salvani J.B., Maghanoy C.C. Jr., Ramos L.A. & Winters M., 2002, Adaptation Trial of Various Potato Cultivars for Yield, Processing and Bacterial Wilt Resistance, Research Compendium 2002, Northern Mindanao Integrated Agricultural Research Center, Department of Agriculture Regional Field Unit-10, Dalwangan, Malaybalay City, Philippines, 19-30.
7. Food and Agriculture Organization, 2006, World Reference Base for Soil Resources, A framework for international classification, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy, 128p.
8. Holmer R.J., 1997, Sustainable vegetable production for small farmers on problem soils in the highlands of Bukidnon, Philippines for fresh market and processing, PhD Dissertation. Technical University of Munich, Germany, 239p.
9. Honrado P.A., 1952, Philippine Sugar: The Long View in Half a Century of Philippine Agriculture, Bureau of Agriculture, Philippines. Bureau of Agriculture Golden Jubilee Committee. Philippines, 190-198, 463 p.
10. Lao M. M., 1992, Bukidnon in Historical Perspective 1946-1985, A Tale of Growth and Progress of an In land Mindanao Province after World War II, Volume II, Central Mindanao University, Musuan, Bukidnon Philippines, 166-192.
11. Lapoot C.R., Salvani J.B., Duna L.V, Bicomon R. & Tulin A.B., 2010, Enhancing farmers knowledge on

- soil and crop nutrient management for vegetable production in Bukidnon, Northern Mindanao, Philippines, Paper presented to the 19th World Congress in Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 1 to 6 August 2010. Brisbane, Australia, 158-161.
12. Lapoot C.R. & Duna L.V., 2001, Balanced Fertilization of Corn, Research Compendium 2001, Northern Mindanao Integrated Agricultural Research Center, Department of Agriculture Regional Field Unit 10, Dalwangan, Malaybalay City, Philippines, 162- 188.
 13. Mariano J.A., Yniguez T.M., Aguas E. H., Marfori R.T., & Villanueva I. E., 1955, Soil Survey of Bukidnon Province with a Discussion of the Chemical Characteristics and Fertilizer Requirements of the Soils of Bukidnon Province, Department of Agriculture and Natural Resources, Manila, Philippines, 90 p.
 14. Merino G., 1952, Introduction, in Half a Century of Philippine Agriculture, Bureau of Agriculture, Philippines. Bureau of Agriculture Golden Jubilee Committee, Philippines, 463 p.
 15. Mugot I.O., 1972, Marketing of Commercially Grown Vegetables in Bukidnon, Unpublished MSc Thesis, Graduate School, Xavier University, Cagayan de Oro City, Philippines, 212 p.
 16. National Economic Development Authority, Region 10, 2012. Northern Mindanao Socio Economic Report 2012, National Economic Development Authority Northern Mindanao Region 10, Cagayan de Oro City, Philippines, 62 p.
 17. National Economic Development Authority, Region 10, 2006, Northern Mindanao Socio Economic Report 2006, National Economic Development Authority Northern Mindanao Region 10, Cagayan de Oro City, Philippines, 62 p.
 18. National Statistical Coordination Board, 2013, First Semester Per Capita Poverty Threshold and Poverty Incidence among Families by Region and Province: 2006, 2009 and 2012. Government of the Philippines, URL:<http://www.nscb.gov.ph>, Downloaded 13 July 2013.
 19. National Statistics Office, 2013, Census and Housing Population, Quickstat Region X 2013. Government of the Philippines, URL:www.census.gov.ph, Downloaded 13 July 2013.
 20. National Wages and Productivity Commission, 2013, Summary of Current Regional Daily Minimum Wages Rates, Department of Labor and Employment, Philippines. [Http://www.nwpc.dole.gov.ph/pages/statistics/stat_current_regional.html](http://www.nwpc.dole.gov.ph/pages/statistics/stat_current_regional.html), Downloaded: 2 December 2013.
 21. Philippine Crop Insurance Corporation-Region 10, 2010, 11-Year Insurance Production: Palay and Corn Total Sum Insured. Department of Agriculture, Region 10, Cagayan de Oro City, Philippines.
 22. Philippine Center for Postharvest Development and Mechanization, 2012, Comparative Loss Ranges by Postharvest Operations for Corn, Department of Agriculture, Republic of the Philippines. www.philmech.gov.ph/?page=phlossinfo. Downloaded 5 September 2013.
 23. Poudel D.D. & West L.T., 1999, Soil Development and Fertility of a Volcanic Slope in Mindanao, the Philippines. Soil Sci. Soc. Am. J., 63, 1258-1273.
 24. Putzel J., 1992, A CAPTIVE LAND. The politics and agrarian reform in the Philippines. Ateneo de Manila University Press, Bellarmine Hall, Katipunan Avenue, Loyola Heights, Quezon City, Philippines, 427p.
 25. Raymundo M.E., & Vicente P.R., 1985, Crop Production Capabilities of a Volcanic Ash Soil and Tropical Latosols in the Philippines, Soil Taxonomy: Tool for Agro technology Transfer. Proceeding of the 7th International Forum on Soil Taxonomy and Agro technology Transfer, 195- 207.
 26. Tatoy B.F., Abragan F.N., Lapoot C.R., Apiag C.T., Salvani J.B., Madriaga C.S., Bach, A.P., Tumapon A.S., Duna L.V., Dumayaca C.A., Flores M.A., Ramos L.A. & Maape E.S., 2001, Bacterial Wilt Management in Potato through Agro-Technical Approach, Research Compendium 2001, Northern Mindanao Integrated Agricultural Research Center, Department of Agriculture Regional Field Unit-10, Dalwangan, Malaybalay City, Philippines, 34- 55.
 27. World Bank Group-Asian Development Bank, 2007, PHILIPPINES. The Indigenous Peoples Rights Act: Legal and Institution Frameworks, Implementation and Challenges, Discussion Papers. Sustainable Development Department, East Asia and the Pacific, World Bank, Manila, Philippines, 67p.

G. M. Dejarne–Calalang, Filipino, PhD, Associate Professor, Xavier University, College of Agriculture, Cagayan de Oro City, Philippines.

L. Bock, Belgian, Professor, University of Liege-Gembloux Agro-Bio Tech, Gembloux, Belgium.

G. Colinet, Belgian, Associate Professor, University of Liege-Gembloux Agro Bio-Tech, Gembloux, Belgium.

Effect of Substrates on Germination and Seedling Emergence of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) at the Yongka Western Highlands Research/Garden Park, Bamenda-Cameroon

B.P.K. Yerima^{1*}, Y.A. Tiamgne², L. Fokou³, T.C.M.A. Tziemi³ & E. Van Ranst⁴

Keywords: African Giant- Germination rate- Seedling growth- Development parameters- Yongka Western Highlands Research/Garden Park- Bamenda- Cameroon

Summary

A study was carried out at the Yongka Western Highlands Research Garden Park, Nkwen-Bamenda in Cameroon to evaluate the effect of substrates on the germination and seedling emergence of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Seeds of African Giant variety were used with six substrate media (sawdust, sand, soil, sawdust-sand, sawdust-soil and sand-soil). The experiment was laid out in a Randomized Complete Block Design in three replications. Germinated seeds were counted daily for a 15 days period. To estimate seedling emergence from two Weeks After Sowing (WAS) up to four WAS, data on seedling height and number of leaves were recorded. The results showed that germination started 8 days after sowing for all substrates. Germination rate was significantly affected by the substrates but the rates were less than 80%. The highest germination rate was recorded on the soil substrate (75%) while the lowest rate (25%) was recorded on the sawdust substrate. Seedlings on the sawdust substrate were also less vigorous and had less leaves (12.67 cm height and 4.7 leaves) than those on other substrates at four WAS (50–63 cm and 12.6–15.3 leaves). Based on the results, it is recommendable to use the soil substrate to nurse African Giant seeds.

Résumé

Effet des substrats sur la germination et l'émergence des plantules de tournesol (*Helianthus annuus* L.) au Yongka Western Highlands Research/Garden Park, Bamenda-Cameroun

Une étude a été menée au Yongka Western Highlands Research Garden Park, Nkwen-Bamenda au Cameroun, pour évaluer l'effet de différents substrats sur la germination et l'émergence des plantules de tournesol (*Helianthus annuus* L.). La variété African Giant a été utilisée avec six substrats (sciure, sable, sol, sciure-sable, sciure-sol et sable-sol). L'essai a été installé selon un dispositif en blocs aléatoires complets avec trois répétitions. Les graines germées étaient comptées tous les jours pendant 15 jours. Pour l'émergence des plantules entre deux Semaines Après Semis (SAS) et quatre SAS, des données ont été collectées sur leur hauteur et leur nombres de feuilles. Les résultats ont montré que la germination a débuté après huit jours pour tous les substrats. Les substrats ont significativement affecté les taux de germination qui étaient tous inférieurs à 80%. Le taux le plus élevé a été enregistré sur le substrat constitué de sol (75%) contre 25% pour le substrat constitué de sciure. De même, les plantules cultivées dans la sciure étaient moins vigoureuses avec moins de feuilles (12,67 cm de hauteur et 4,7 feuilles) que les autres à quatre SAS (50–63 cm et 12, 6–15,3 feuilles). De ce fait, il est recommandé l'utilisation d'un substrat composé de sol pour faire germer les graines de la variété African Giant.

¹University of Dschang, Department of Soil Science, Faculty of Agronomy and Agricultural Sciences, Dschang, Cameroon; and Yongka Western Highlands Research Garden Park Nkwen-Bamenda, NW Region, Cameroon.

²Ministry of Agriculture and Rural Development, Crop Production, Cameroon, Bafang, Cameroon.

³University of Dschang, Faculty of Agronomy and Agricultural Sciences, Dschang, Cameroon.

⁴Ghent University, Department of Geology and Soil Science, Gent, Belgium.

* Corresponding author: Email: bernardyerima@yahoo.com

Introduction

Vegetable oils are an important source of calories in the human diet providing 38 kJ/g compared to 17.8 kJ/g for proteins and carbohydrates (32). In addition to the traditional oil plants such as groundnuts, soybean, coconut and sesame, it is necessary to develop other new oil crops such as sunflower (*Helianthus annuus* L.) in Africa. Sunflower is an important oil seed crop which can be adapted to different agroecological conditions of the world (32). Sunflower oil is the fourth important vegetable oil seed in world trade at present with an annual production around 9 million tons (32). The cultivated area is over 22 million hectares, mainly concentrated in the Russian Federation, Ukraine, India and Argentina, who have more than 50% of sunflower acreage worldwide (32). Sunflower is considered to be one of the most promising oil crops that can meet the oil needs because it is characterized by high unsaturated fatty acids and vitamin E contents (10). It is rich in oil content (38-50%) and the oil cake contains higher amounts of protein (40-44%) and balanced amino acids compared to other oil crops (20).

Sunflower is cultivated in the rainy season (March to October), but it has been found to be more or less drought resistant (20). For the establishment of a good crop stand and uniform and maximum germination of seeds, an emergence of strong and sturdy seedlings are necessary as they are able to survive under stress conditions. For a better germination and growth of plants, fertile soils are necessary (12). To grow the largest sunflowers, it is essential to sow seeds that have attained maturity and are viable directly into the garden rather than start them in pots of any kind. This is because sunflowers have long tap roots that grow quickly and become stunted if confined (20).

With time, deep soil tillage, application of high amounts of inorganic fertilizers and herbicides, burning of crop residues and continuous cropping, result in a progressive deterioration of soil fertility (6), degradation of soil aggregate stability (15), increased soil compaction (30), nitrate losses and gravitational water pollution (28), and thus have negative consequences not only on the soil

properties, but also on the environmental quality. As such, it is necessary to use sustainable agricultural practices (16). Soil degradation has become one of the most important problems facing agriculture. Erosion, salinization, compaction and loss of organic matter are the main forms of soil deterioration. Addition of organic matter could be a way to improve soil structure and aeration, creating a better environment for plant growth. The growth and distribution of the roots depends to a great extent on the soil environment. Soil aggregation can provide physical protection of organic matter against rapid decomposition (25) and the aggregate formation seems to be closely linked with soil organic matter storage in soils (8). Microorganisms too are the fundamental component of soils, playing a key role in essential processes such as organic matter nutrient cycling dynamics, degradation of residues, development of soil structure and aggregation.

Literature on the soil environment for the cultivation of this crop is scarce in Cameroon. Though, it has been reported that direct seeding is preferred to nursing of seedlings in pots prior to transplantation into the field, due to problems of low germination rates with some sunflower seeds, it was necessary to test the behaviour of *Helianthus annuus* in varying substrates likely to cover the range of soil properties which would be conducive for its cultivation in the field. This study was undertaken to find out the effect of using soil, sand, sawdust, sawdust-sand, soil-sand and soil-sawdust substrates on the seed germination and seedling growth of sunflower in polyethylene bags.

Materials and methods

The study was conducted at the Yongka Western Highlands Research Garden Park Nkwen-Bamenda located in the Western Tropical Highlands region of Cameroon from the months of July to August 2011. It receives monomodal rainfall with a peak in August and having a mean annual precipitation of 2500 mm (33).

The African Giant variety constituted the planting material of the experiment. To examine the effects of substrate media on germination and seedlings development of sunflower over four weeks, six

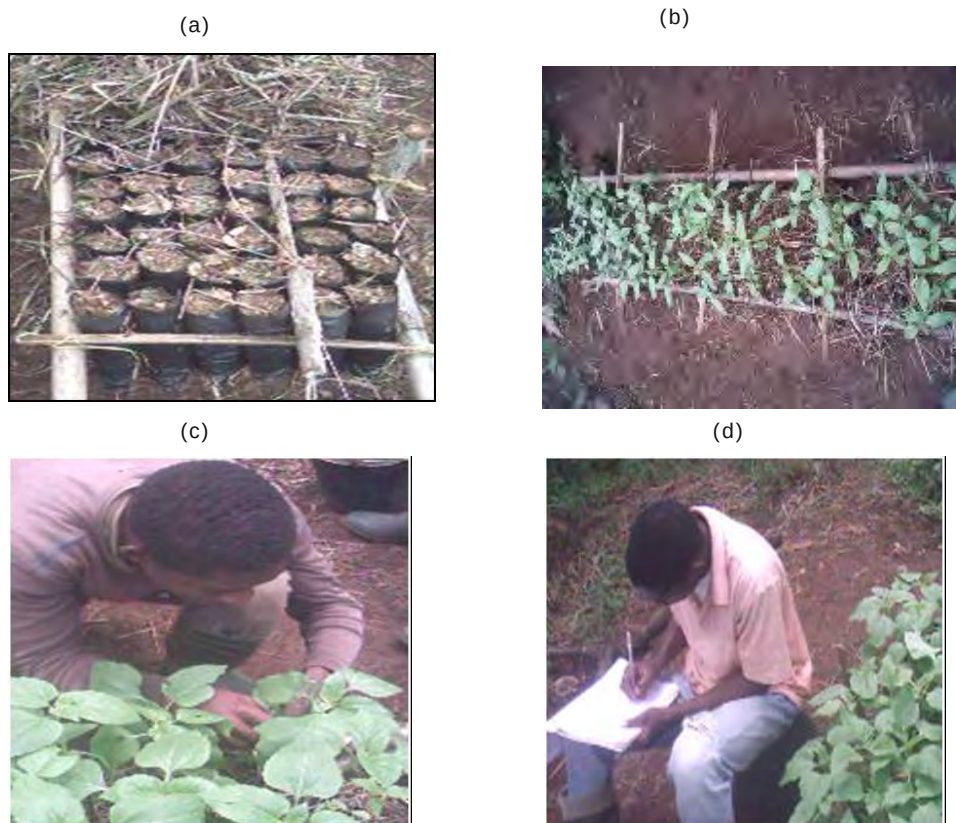


Figure 1: Lay out of one replicate (a), Experiment eight days after sowing (b), Seedling height measurement (c), Data recording in the field (d).

different substrates were used: (i) sawdust; (ii) sand; (iii) soil; (iv) sawdust-sand; (v) sawdust-soil; and (vi) sand-soil. They were chosen based on their porosity, water retention capacity and nutrient potential. Sand was collected from the Yongka Park German trench which constitutes colluvium regularly brought down by runoff from the adjoining road. A dark-colored organic matter-rich silty clay loam soil was collected from the Ap horizon of a Cambisol in the Yongka Park. The sawdust was obtained in town. Heaps of sand, soil, and sawdust cones were made, and a spade was used to homogenize them. Two-component substrates were well mixed using a 1/1 proportion. Ten cups of poultry manure were added to all treatments. After leveling and delimitating a 150×30 cm panel with bamboo, the nursery was laid out in a Randomized Complete Block Design with 3 replicates and 6 pots per treatment in the block (Figure 1a). Before sowing, a viability test was carried out to detect the seeds having the embryo. Three seeds were sown per pot at 2 cm depth as

recommended by guidelines for sunflower growing (22). The planting time coincided with the period of high rainfall intensity and thus no additional water through irrigation was applied.

To study seed germination, the germination rate was measured (Figure 1b); this test gives an idea of the viability of seeds. It expresses in percent the number of seeds that germinate in a short period (15 days) of time. This test is important to the farmer who can then estimate the number of seeds able to constitute a homogenous lot of seeds. Data collection on plant height (cm) and number of leaves was initiated two WAS (Weeks after Sowing) (Figure 1 c and d). Leaves were counted daily while plant height was recorded every two days. Data collection was discontinued four WAS as it was observed that the seedlings were vigorous and ready to be transplanted into the field. Germination rates, plant height and number of leaves were analyzed using the analysis of variance at $p \geq 0.05$ (9) and means were compared with the Duncan Multiple Range Test.

Based on data on germination rate and plant height, the evolution of germination and seedlings development with time on the different substrates was graphically represented (21). Correlation relationships were studied between the percent substrate components and the selected seedling parameters. Regression equations were developed for those parameters that showed significant correlations (21).

Results

Effect of substrate on seed germination

For all the substrates, the germination rates were below 80% two WAS. Results showed that substrates of soil (soil, sawdust-soil and sand-soil) had the highest germination rates (Figure 2). However, seeds sown in sawdust had a constant and low germination rate (25%) after the two WAS in contrast to those sown on sawdust-soil where the maximum rate of 75% was reached 9 days after sowing. Substrates thus had a significant effect ($p \geq 0.05$) on the germination of seeds of *Helianthus annuus* (Table 1).

Germination performed significantly better on soil and sand-soil substrates than on sawdust. On sand, sawdust-sand and sawdust-soil substrates, intermediate germination rates of 66.67, 58.33 and 66.67%, respectively were observed (Figure 2).

Based on germination rate, the substrates are classified as follows soil $\geq$ sand-soil $>$ sand $\geq$ sawdust-soil $>$ sawdust-sand $>$ sawdust. Therefore, the African giant variety has a germination rate of 75% when sown on a dark colored, organic matter -rich silty clay loam soil.

Effect of substrate on emergence of sunflower seedlings

In general, parameters of vegetative seedlings development (seedling height and number of leaves) evolved differently over time on the six substrates. Two WAS, significant differences among the treatments were observed for seedling height but the substrates had no statistical effect on the number of leaves. The seedling heights at two WAS, reported on the sand, soil, sand-soil, sawdust-sand substrates were all statistically similar, but higher than that on sawdust.

Sawdust-soil occupied an intermediate position. At four WAS, the number of leaves and seedling height showed similar relative performances on the different substrates. Vegetative development was less in sawdust than in the other substrates (Table 1). Over time, sand had the highest seedling height of 16.50 and 63.16 cm, respectively for two WAS and four WAS. Sand is closely followed by soil, sand-soil, sawdust-soil and sawdust-sand substrates. For number of leaves, seedlings on the soil substrate performed best developing 3 leaves two WAS and 15.3 leaves four WAS, respectively followed by sand and other substrates. A general increase of the seedling height was observed (Figure 3) as the initial heights which were between 10 and 20 cm 16 days after sowing increased to 50-60 cm 31 days after sowing. Growth curves of sand and soil coincide from 20 days after sowing up to 29 days after sowing. The same situation is observed between sawdust-soil and sawdust-sand from 26 to 31 days after sowing. The curves showed that the variation from none to significant difference between sawdust and sawdust-soil over time, observed in table 1, started 26 days after sowing. Except for sawdust-soil and sawdust, the substrates maintained uniform growth tendencies over time. Thus, sand and soil are the best substrates in terms of vegetative development.

Regressions between percent substrate components and selected seedling parameters

There is a significant, strongly negative correlation between the rate of sawdust present in the substrate (0, 50 and 100%) and the number of germinated seeds (Table 2). As such, when the sawdust quantity increases, the germination rate decreases. Linear regression relationships between germination rate and sawdust percentage (Figure 4a) indicate a high correlation ($R^2=0.82$). The percentage of sawdust present in the substrate thus explained 82% of the variance in germination rates. There is a non-significant positive trend towards higher germination rates with increased soil percentages in the substrate (Table 2).

Regression equations between sawdust percentage and selected vegetative development parameters (Figure 4b, c) indicate that the relationship of

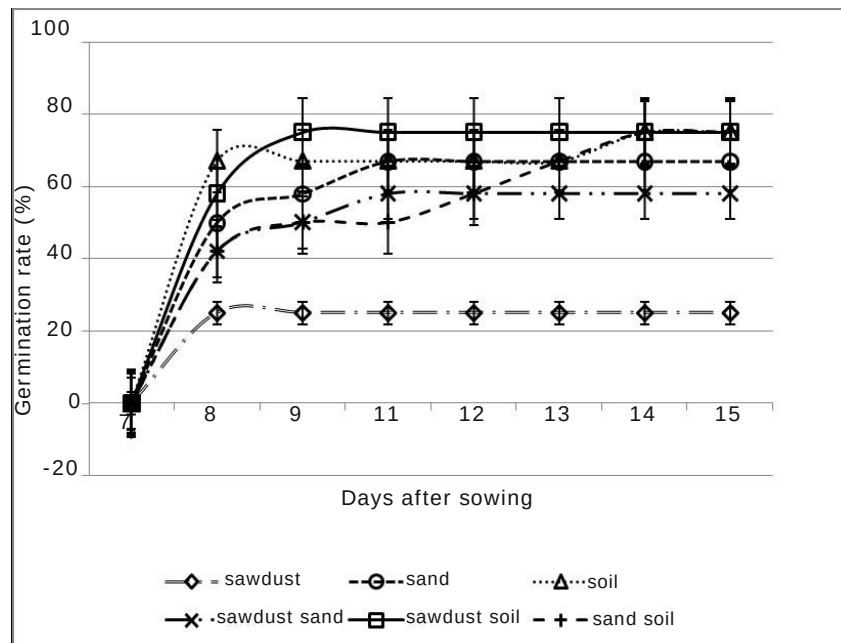


Figure 2: Effects of substrates on germination of *H. annuus* seeds 2 WAS. Each point is the mean of three replicates.

Table 1

Analysis of variance of the germination and vegetative development of sunflower on 6 different substrates.

Data are means of three replicates. Means with same letter are not significantly different at $p \geq 0.05$.

Variables	Substrates	Weeks after sowing (WAS)	
		2 WAS	4 WAS
Average germination rate (%)	sawdust	25.0±14.1a	-
	sand	66.6±14.1ab	-
	soil	75.0±14.1b	-
	sawdust-sand	58.3±14.1ab	-
	sawdust-soil	66.6±14.1ab	-
	sand-soil	75.0±14.1b	-
Average plant height (cm)	sawdust	4.4±2.6a	12.7±8.5a
	sand	16.5±2.6b	63.2±8.5b
	soil	15.0±2.6b	58.8±8.5b
	sawdust-sand	13.1±2.6b	50.5±8.5b
	sawdust-soil	12.5±2.6ab	51.3±8.5b
	sand-soil	14.6±2.6b	54.7±8.5b
Average number of leaves per seedling	sawdust	2.0±0.5a	4.7±1.4a
	sand	2.6±0.5a	14.6±1.4b
	soil	3.0±0.5a	15.3±1.4b
	sawdust-sand	2.6±0.5a	12.6±1.4b
	sawdust-soil	2.3±0.5a	14.6±1.4b
	sand-soil	2.3±0.5a	14.6±1.4b

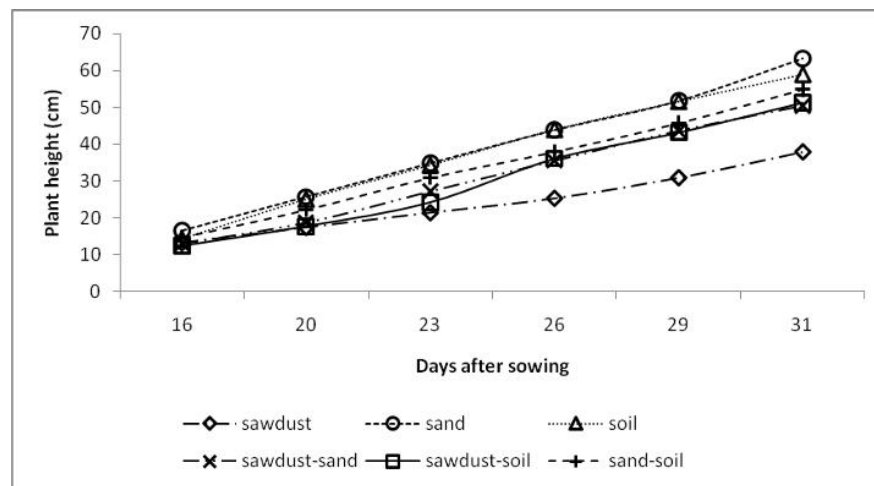


Figure 3: Effects of substrates on plant height of *H. annuus* seedlings during 4 WAS. Each point is the mean of three replicates.

Table 2

Correlation coefficient (r) between the substrate components and selected plant parameters.

Variables n= 6	Percent Sawdust	Percent Sand	Percent Soil
Germination rate	-907 (a)	290	617
Plant height 2WAS	-931 (b)	569	362
Plant height 4 WAS	-901 (a)	505	397
Number of leaves 2 WAS	-687	166	521
Number of leaves 4 WAS	-869 (a)	331	538

(a), (b): Significant at the 0.01 and 0.05 levels, respectively; WAS = Weeks After Sowing

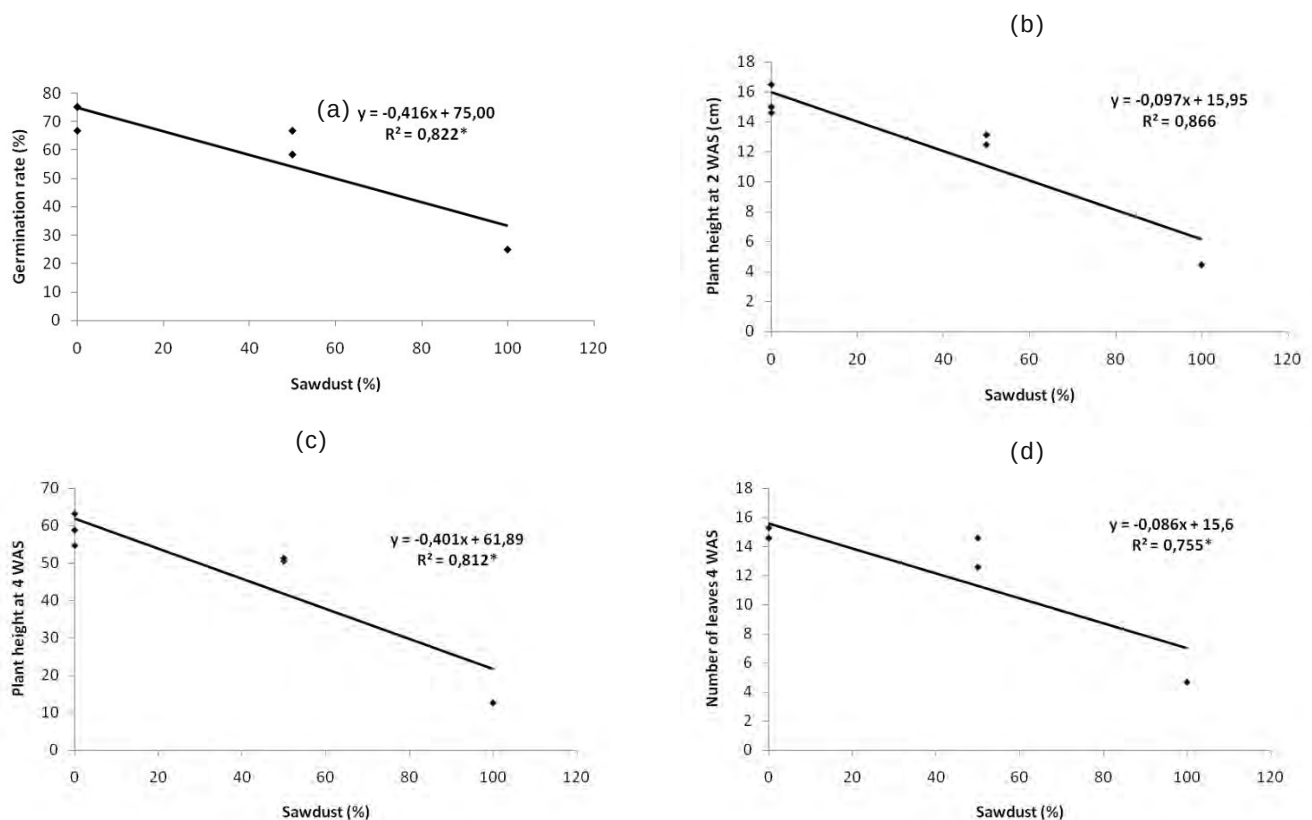


Figure 4: Relation of the percent sawdust with germination rate (a), plant height at 2 WAS (b), plant height at 4 WAS (c), and number of leaves (d).

sawdust percentage in substrate vs. plant height two WAS and sawdust percentage in substrate vs. plant height four WAS accounted for 86% and 81% of the variance, respectively. The above relationships appear linear. This indicates that the increase of sawdust in the substrate leads to the slowing down of seedling growth. The same result is obtained with number of leaves 4 WAS with an R^2 of 0.755 as shown in figure 4d. Correlations were significant at 5% and 1% levels of significance for seedling height, number of leaves four WAS and seedling height two WAS, respectively. The correlation of sand percentage in substrate vs. plant height and number of leaves overtime was positive but not significant. As the proportion of sand increases in the substrates, plant height and number of leaves also tend to increase over time (Table 2). However, this correlation was relatively higher for plant height than for number of leaves where they were very low (Table 2, $r=0.166$ and $r=0.331$, respectively for 2 and 4 WAS). Soil proportion was not highly correlated with plant height over the weeks (Table 2, $r=0.362$ and $r=0.397$, respectively for 2 and 4 WAS). However, the correlation coefficients were quite high when the proportion of soil was correlated with the number of leaves with r values of 0.52 and 0.54, respectively for 2 and 4 WAS. Hence, the increases in vegetative development parameters are well explained by the increase of sand substrate in the substrates for plant height and soil substrate for a number of leaves.

Discussion

It is hardly possible to attain a maximum seed yield without successful seedling establishment. The period of germination and seedling emergence prior to establishment is the most vulnerable stage in a crop life (24). Poor seedling emergence results in yield reductions. This may be due to poor soil water content (7), seed-soil contact (31), inaccurate seed placement, low and high soil temperatures (7), soil insects or soil-borne disease, soil compaction or smearing (23), and surface crusting after sowing and poor quality seeds (1). Seiler (27) suggested that optimal seedbed conditions are needed for successful seedling emergence in sunflower.

Sunflower, like other crops, requires proper seedbed conditions for optimum plant establishment. A suitable seedbed condition for germination and seedling emergence depends on soil physical properties (24). The soil organic matter is an important component of the soil. It has a profound impact on soil physical, chemical and biological properties (5, 29). The results indicate that the effects of substrates on germination were significant. They also indicate that, under unfavourable conditions, there would be a seedling emergence problem in substrates containing larger quantities of sawdust, possibly because of the unsuitable sawdust physical and biological properties. These results also indicate that substrates having soil in their composition were better media for good germination and emergence of seedlings. Good seedling emergence could reflect the quality of the soil physical properties (14, 24, 27). Based on the proportion of organic matter, the biological part of the soil is known to enhance seedbed conditions for desired seed emergence (2). Germination of sunflower seeds is often difficult, resulting in poor field seedling emergence. The problem of poor emergence under field conditions is even more pronounced in varieties characterized by large seeds and a thick pericarp (26). This may indicate why the germination rates in this study were less than 80%. However, some results support the hypothesis that the low germination rate is not only due to the mechanical barrier imposed by the seed coat, but to low embryo vigor (26). Seed germination and seedling emergence result from a sequence of biological events initiated by water imbibitions followed by enzymatic metabolism of stored nutrients (18). All these processes are regulated by the environment and the quality of the seed (13). Both suboptimal soil temperature and lack of soil moisture delayed and reduced the germination rate and seedling emergence (4). Apparently, substrates promoting optimal temperatures (around 15 °C) and having high water content such as those with a good proportion of organic matter and dominant particles less than 2 mm (soil, sand-soil, and sand) would give good germination and seedling emergence rates.

The efficiency of substrates with sand may be attributable to the addition of organic matter through manure. Regarding emergence, seedling growth is linked to root elongation and nutrient uptake, while growth and elongation of roots are a function of the type of substrates, water content, oxygen concentrations and gas exchange (19). Hence, substrates having higher amounts of these physical properties would give better seedling emergence and growth. The non statistical effect of substrates on the number of leaves can be attributable to the fact that in the early stage of growth, the seedlings still depended on nutrients in the seeds reserves.

The results of this study indicate that as the amount of sawdust increases the percent germination decreases. Sawdust has a high C/N ratio. In the sawdust-soil substrate, sawdust is considered as a residue to improve soil aeration, but does not decompose easily because it provides less surface area for moisture retention. Studies by Henriksen and Breland (11) indicate that contact between soil and residues have a major effect on the fate of carbon decomposition in soil. The extent of contact between residues and the soil matrix as determined by the method of residue incorporation, affects decomposition dynamics both under natural and experimental conditions associated with the amounts of water retained and the microbial activity

enhanced by the moisture content. An increase in germination rate was observed for all treatments except on sawdust between 8–14 days after sowing. Apparently the low surface area associated with sawdust limited the amount of moisture that would be required for germination. According to Myers (22), in guidelines for sunflower cultivation, if the soil is kept moist, seed germination will appear within 5-10 days.

Conclusions

Differences in morphological and physiological quality of seedlings produced on the six substrates evaluated were largely due to differences in the amount of water and nutrient retention capacities of the different substrates assuming other environmental variables that could influence germination and emergence of seedlings are similar. The seeds showed greater performance in some substrates than others. Seedling quality was significantly higher when grown on soil substrates than other substrates. The sand substrate with inherently low organic matter contents and low water and nutrient retention capacities had a similar performance to soils, when poultry manure was added to it. This indicates that addition of organic matter to poor or sandy soils would improve not only good seedling emergence, but also optimum plant growth at later stages.

Literature

1. Ahmad S., 2001, Environmental effects on seed characteristics of sunflower, *J. Agron. Crop Sci.*, 187, 213-216.
2. Anderson T.H., 2003, Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality, *Agr. Ecosyst. Environ.*, 98, 285-293.
3. Benbi D.K. & Senapati N., 2010, Soil aggregation and carbon and nitrogen stabilization in relation to residue and manure application in rice-wheat systems in northwest India, *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 87, 233-247.
4. Blackshaw R.E., 1991, Soil temperature and moisture effects on downy brome vs. winter canola, wheat and rye emergence, *Crop Sci.*, 31, 1030-1040.
5. Carter M.R., 2002, Organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. Soil quality for sustainable management. *Agron. J.*, 94, 38-87.
6. Convertini G., Ferri D., Maiorana M., Giglio L. & La Cava P., 1997, Influenza dell'interramento dei residui coltura sulla sostanza organica e su alcune proprietà biologiche del terreno in un'area a lungo termine in ambiente mediterraneo. *Proc. Of the Annual Congress of the Italian Society of Soil Science*. P. 169-181.
7. Forbes J.C. & Watson R.D., 1992, Plant growth and development; seed and seedling. *Plants in Agriculture*. Cambridge Univ. Press., New York, USA; 110-129.
8. Golchin A., Clarke P., Oades J.M. & Skjemstad J.O., 1995, The effects of cultivation on the composition of

- organic matter and structural stability of soils, *Aust. J. Soil Res.*, 33, 975-993.
9. Gomez K.A. & Gomez A.A., 1984, Statistical procedures for agricultural research. John Wiley and Sons Inc. New York, USA.
 10. Gosal S.S., Vasiljevic L. & Brar D.S., 1988, Plant biotechnology and sunflower improvement. *Proc. 12th Int. Sunflower Conf. Inter. Sunflower Association*, Novi. Sad Yugoslavia, 11, 599-607.
 11. Henriksen T.M. & Breland T.A., 1999, Evaluation of criteria for describing crop residue degradability in a model of carbon and nitrogen turnover in soil, *Soil Biol. Biochem.*, 31, 1135-1149.
 12. Jalaluddin M. & Hamid M., 2011, Effect of adding inorganic, organic and microbial fertilizers on seed germination and seedling growth of sunflower, *Pak. J. Bot.*, 43, 6, 2807-2809.
 13. Kondra A.P., Campbell D.C. & King J.R., 1983, Temperature effects on germination of rapeseed. *Can. J. Plant Sci.*, 63, 377-384.
 14. Kushwala C.P., Tripathi S.K. & Singh K. D., 2001, Soil organic matter and water stable aggregates under different tillage and residue conditions in a tropical dry land agro ecosystem, *Appl. Soil Ecol.*, 16, 229-241.
 15. Lynch J.M. & Eliot L.F., 1983, Aggregate stabilization of volcanic ash and soil during microbial degradation of straw, *Appl. Environ. I Microbiol.*, 45, 4, 1398-1401.
 16. Maiorana M., Montemurro F., Convertini G. & Ferri D., 2004, Soil tillage depths and crops organic fertilization; effects on productive parameters of sunflower and durum wheat in Mediterranean environment. *ISCO 2004-13th Inter. Soil Conservation Organization Conference*. Brisbane. July 2004, 4p.
 17. Makem A.C.F., 2010, Evaluation des terres du Yongka Western Highlands Research Garden Park pour la culture d'Avocatier (*Persea americana* M.), l'Anacardier (*Anacardium occidentale* L.), le Manguier (*Mangifera indica* L.) et le Jatropha (*Jatropha curcas* L.). Département des Sciences du Sol, FASA, Université de Dschang, Dschang, Cameroun, pp. 1-117.
 18. Maroufi K., Farahani H. A. & Aghdam A. M., 2011, Effect of nanopriming on germination in sunflower, *Adv. Environ. Biol.*, 5, 13, 3747-3750.
 19. Mengel D. 1995, Roots, growth and nutrient uptake. Dept. of Agronomy publications, Purdue University. 8 p.
 20. Meo A.A., Baig F. & Khan M.A., 2000, Response of water stress and nitrogen fertilizer on fresh matter production of sunflower. *Pak. J. Agr. Sci.*, 36, 60-62.
 21. Microsoft Office Excel, 2007, Microsoft Office Excel Corporation for Windows, Ed. 2007
 22. Myers R.L., 2012, Sunflower: A native oilseed with Growing markets. *Alternative crop guide*, Jefferson institute.
 23. Nasr H.N. & Selles F., 1995, Seedling emergence as influenced by aggregate size, bulk density and penetration resistance of the seedbed, *Soil Till. Res.*, 34, 61-76.
 24. Onemli F., 2004, The effects of soil organic matter on seedling emergence in sunflower, *Plant Soil Environ.*, 50, 11, 494-499.
 25. Pullman M.M. & Marinissen J.C.Y., 2004, Physical protection of mineralizable carbon in aggregates from long-term and arable soil, *Geoderma*, 120, 273-282.
 26. Saranga Y., Levi A., Horcicka P. & Wolf S., 1998, Large sunflower seeds are characterized by low embryo vigor, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 123, 3, 470-474.
 27. Seiler G.J., 1998, Seed maturity, storage time, temperature and media treatment effects on germination of two wild sunflowers, *Agron. J.*, 90, 221-226.
 28. Shepherd M.A., Davis D.V. & Johnson P.A., 1993, Minimizing nitrate losses from arable soils. *Soil Use Manage.*, 9, 94-99.
 29. Six J., Elliott E.T. & Paustian K., 2000,. Soil structure and soil organic matter II. A. Normalized stability index the effect of mineralogy, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64, 1042-1049.
 30. Stelluti M., Maiorana M. & De Giorgio D., 1998, Multivariate approach to evaluate the penetrometer resistance in different tillage systems, *Soil Tillage Res.*, 3, 4, 145-151.
 31. Stewart B. W., Albrecht S. L. & Skirvin K. W., 1999, Vigor transport vs. seed-soil contact in wheat germination, *Agron. J.*, 91, 783-786.
 32. Vollmann J. & Rajcan I., 2009, *Handbook of plant breeding*. Springer Dordrecht Heidelberg London-New York.

33. Yerima B.P.K, 2010, Protective measures taken for preserving species endangered of extinction due to the climate change in Yongka Western Highlands Research Garden-Park, Nkwen-Bamenda, NW Region, Cameroon, Support Africa Inter., 4-11.

B.P.K. Yerima, Cameroonian, PhD, Associate Professor, University of Dschang, Department of Soil Sciences, Faculty of Agronomy and Agricultural Sciences, Dschang, Cameroon.

Y.A. Tiamgne, Cameroonian, Agricultural Engineer, Ministry of Agriculture and Rural Development, Bafang, Cameroon.

L. Fokou, Cameroonian, Assistant Agricultural Engineer, Student, University of Dschang, Faculty of Agronomy and Agricultural Sciences, Dschang, Cameroon.

C.M. Tziemi Tchatchouang, Cameroonian, BSc., Assistant Agricultural Engineer, University of Dschang, Faculty of Agronomy and Agricultural Sciences, Dschang, Cameroon.

E.A. Pek Pek, Cameroonian, Student, Assistant Agricultural Engineer, University of Dschang, Faculty of Agronomy and Agricultural Sciences, Dschang, Cameroon.

E. Van Ranst, Belgian, Professor, Ghent University, Laboratory of Soil Science, Department of Geology and Soil Science, Gent, Belgium

Cassava Mosaic Disease Yield Loss Assessment under Various Altitude Agro-ecosystems in the Sud-Kivu Region, Democratic Republic of Congo

E. Bisimwa^{1,2}, J. Walangululu² & C. Bragard^{1*}

Keywords: Cassava genotypes- Distribution- Begomovirus- South-Kivu- Whitefly species- DRC

Summary

Cassava mosaic disease (CMD) is reported as the most important constraint on cassava production in Sub-Saharan Africa. Yield losses of 25-95% are reported. The use of resistant genotypes is one of the components for its integrated management. However its impact on genotype behavior depends on infection period, age of the infected plants, environment and virus species or strain. This study was carried out to assess its impact in farmers' fields and the behavior of 14 genotypes under high epidemic pressure in the Sud-Kivu province, in the East of Democratic Republic of Congo (DRC). Early infections have induced 77.5% to 97.3% of yield losses whereas 44.9 to 80% were recorded for cassava plants infected during thirteenth to twenty-fourth weeks after planting. The highest yield losses were recorded in low altitude where more EACMV-UG and dual infections were reported. Improved resistant genotypes MM96/002, MM96/0157 and MM96/1920 allowed harvesting more than 30 T/ha and didn't show any symptoms whereas MM96/6967 and Mvuama have developed symptoms at harvest. Local landraces were susceptible to CMD and developed symptoms during the whole season until harvest. However two of them, Pharmakina and Cizinduka yielded more than 50 T/ha of tubers and associated symptoms were moderate. Two improved and two local cassava genotypes are recommended in this area always making sure to use healthy cuttings.

Résumé

Evaluation des pertes de rendements dues à la mosaïque africaine du manioc dans les agro-écosystèmes d'altitude au Sud-Kivu, République Démocratique du Congo

La mosaïque africaine du manioc est la principale contrainte à la production du manioc en Afrique Sub-saharienne. Le recours à l'utilisation des génotypes résistants et productifs est le moyen le plus utilisé dans la gestion de la maladie. Cependant, l'impact de celle-ci sur le comportement de la plante dépend de l'âge de la plante à l'infection, du génotype et des virus en présence. Une évaluation de l'impact en champs paysans ainsi que le comportement de quatorze génotypes en conditions de forte pression des maladies virales a été réalisée dans la province du Sud-Kivu, à l'est de la République Démocratique du Congo (RDC). Des infections précoces, durant les trois premiers mois de la culture, ont induit 77,5% à 97,3% des pertes de rendement alors que 44,9 à 80% des pertes ont été enregistrées lorsque l'infection a lieu plus tard. Les pertes les plus élevées sont enregistrées en basse altitude où sont signalées la prédominance des souches EACMV-UG et des taux élevés infections mixtes. Les génotypes améliorés MM96/002, MM96/0157 et MM96/1920 ont donné des rendements supérieurs à 30 tonnes à l'hectare sans manifester des signes de maladie jusqu'à la récolte. Les génotypes locaux Pharmakina et Cizinduka ont produit des rendements de l'ordre de 50 tonnes à l'hectare avec une sensibilité modérée à la maladie. Les génotypes améliorés et les deux génotypes locaux identifiés au cours de cette étude sont donc recommandables aux producteurs de la région, tout en restant attentif à la nécessité de ne diffuser que des matériels de plantation sains.

¹Catholic University of Louvain, Earth and Life Institute, Applied microbiology-Phytopathology, Louvain-la-Neuve, Belgium.

²Catholic University of Bukavu, Faculty of Agricultural Sciences, Bukavu, Democratic Republic of Congo.

*Corresponding author: E-mail: claudie.bragard@uclouvain.be

Received on 4.11.11 and accepted for publication on 18.08.14

Introduction

Cassava is a key food security crop in Africa and DR Congo as more than 60 percent of the population uses it as an important staple and cash crop. Cassava mosaic disease (CMD) is the most important constraint (9). Its causal agents have been described and recognized in what is now known as African Cassava Mosaic Virus (ACMV) and East African Cassava Mosaic Virus (EACMV) both from Family Geminiviridae, Genus Begomovirus (9). ACMV occurred in all cassava growing areas in Africa while EACMV was mainly encountered in Eastern Africa. During the 1990s, consequent to CMD pandemic observed in Uganda, detection and diagnosis studies revealed a new virus, the East African Cassava Mosaic Virus-Uganda (EACMV-UGV), a recombinant form between the ACMV and EACMV (17).

EACMV-UGV rapid spread associated to dual infections with ACMV and high vector population were described as the main factors driving the severe epidemic disease in several African countries (9).

Actually, eight CMBs are occurring in Sub-Saharan Africa, the African Cassava Mosaic Virus (ACMV)(7), the East African Cassava Mosaic Virus (EACMV) and EACMV-like strains (7, 9, 17), the East African Cassava Mosaic Cameroon Virus (EACMCV) (5), the East African Cassava Mosaic Malawi Virus (EACMMV) (18), the East African Cassava Mosaic Zanzibar Virus (EACMZV) (11), the South African Cassava Mosaic Virus (SACMV) (2), the Indian Cassava Mosaic Virus (1) and the South East African Cassava Mosaic Virus (SEACMV) recently reported by Harimala et al. (6) and proposed as a new species.

Neuenschwander et al. (14) and Monde et al. (12) studies showed that only ACMV and EACMV-UGV are occurring in DR Congo in single or mixed infections. The direct consequence of the CMD epidemic spread led to serious crop failure and yield losses, ranging from 25 to 95% which seriously affected the local farmer's livelihood in Sub-Saharan Africa (8). Following the epidemic spread of CMD, yield loss study was reported by Fargette et al. (4) in Ivory Coast.

They observed greater yield decrease when plants were infected from cuttings than when it was realized by whiteflies. Yield losses were estimated at 40%.

In Uganda, Owor et al. (15) field study showed that CMD is responsible for 82% yield decreasing due to double infection ACMV-EACMV-UG2 'severe', while ACMV alone, EACMV-UG2 'mild' and ACMV-UG2 'severe' induced respectively 42%, 12% and 68% of yield losses. In Tanzania, Legg et al. (9) recorded 72 to 90% of yield loss on the three most cultivated local varieties in different locations. Malowa et al. (10) have recorded 68% of yield loss in Kenya.

This study was the planned to provide more information on CMD impact, considering cassava genotypes behavior, virus species involved, plant age at infection and the environment in which they are involved, especially in DR Congo where available data on CMD are limited.

Materials and methods

This study was realized in the Sud-Kivu province, in Democratic Republic of Congo. A survey was undertaken in different villages splitted up in three altitude agro-ecosystems. In the first agro-ecosystem corresponding to the tropical zone in low altitude (climate type AW1-3, altitude < to 1000 m, rainfall < 1300mm/year, annual mean temperature >24°C), Luvungi, Sange and Kiliba villages were selected as the survey sites. Within the second area corresponding to tropical zone mid-altitude (climate type AW3, altitude 1000-1400 m, rainfall > 1300 mm/year, annual mean temperature 20-23 °C), the villages of Kalehe, Katana, Kavumu, Mudaka were selected. Within the third agro-ecosystem corresponding to tropical zone in high altitude (climate type CW, altitude >1400 m, Rainfall >1300 mm/year, annual mean temperature 12-19 °C), the villages of Walungu and Nyangezi were selected. For the soil characteristics in the area of the study, it can be noticed that in Mid and high altitude, clay soils are predominant while in low altitude a predominance of sandy soils with alluvial deposits is observed. A field experiment was carried out to assess genotypes behavior under high CMD epidemic pressure.

Data collection from farmer's fields

The CMD impact on yield loss in farmer's fields was assessed in nine selected villages regarding ecological conditions, cultivated varieties, local farmer's practices and the CMD pressure (incidence and severity). In each village, three cassava fields were selected and in each field, three groups of 40 plants each were observed for the assessment. The three categories of groups were subdivided as following: (i) a group of CMD asymptomatic plants, (ii) a group with plants which showed CMD symptoms from plantation to twelfth week after planting (WAP) and (iii) a group with plants which showed CMD symptoms during the period from thirteenth to twenty-fourth WAP. A total of 2520 cassava plants were observed during the survey. Cassava farmer's fields were monitored since the plantation until harvest. The parameters like CMD severity score, plant growth and yield data were recorded. Yield loss was expressed as a percentage of the diseased plants yield compared to asymptomatic plants yield.

Yield loss under field experimental conditions

Field experiment was installed at Sange, at 3°05' S and 29°17' East, 890 m of altitude. Climate is semi-humid with two rainy seasons and two dry seasons, annual mean temperature is around 27 °C range from 22 °C to 32 °C. Stem cuttings of ten most commonly cultivated local genotypes and five improved genotypes were used for the experiment. Cuttings were planted at 1 m x 1 m in a completely randomized block with three replications spaced 2 m apart. Severely diseased plants of local variety Nambiyombiyo were planted all sides of each plot to reinforce the inoculum pressure. Each replication comprised 15 plots of 20 m² spaced 1 m apart. All routine cultural practices were adopted and no fertilizer was applied. The trial was installed during the 2007 September rainy season. Field data were recorded from plantation to harvest. The severity of CMD was scored using a scale of 1-5 where 1 represents a plant with no symptoms and 5 represents very severe symptoms including chlorosis, leaf distortion and stunting (16). CMD virus species was diagnosed by PCR. The plant

height, stem diameter, leaf square and yield were taken into consideration to attribute the score for CMD severity. Cassava tuber roots were separated in two groups (marketable and non marketable tubers) considering their size and weight. The total number, marketable and non-marketable tuber roots percentage per plant were also recorded. Collected data were compared with general analysis of variance (ANOVA) using GenstatDiscovery edition 3 (www.vsnl.co.uk) and yield loss was expressed as a percentage of the diseased plants yield compared to healthy and improved varieties plants yield.

Results

Collected results on the CMD impact in farmers' fields and field experiment are respectively summarized in tables 1 and 2.

Table 1 shows the effect of CMD appearance period on the yield and its components in different locations both in high and low altitude and low altitude. In the high altitude locations, when the disease appeared early, the yield varied from 1.34 tons per hectare at Katana to 3.16 at Kavumu. For mid-term infection plants, it produced 3.78 tons per hectare at Katana to 10.91 at Kavumu while healthy plants have produced 7.6 and 19.8 tons per hectare in those two locations.

In low altitude, the yields of early infected plants was comparable to those recorded in high altitude and varied from 1.47 tons per hectare at Sange to 4.33 tons at Kiliba. When infected at the mid-term of the crop cycle, the yield was 2.67 tons per hectare at Luvungi to 22.67 at Kiliba while when infected late the yield ranged between 14 tons per hectare at Luvungi and 54 tons at Sange. The recorded values of the yield components (tubers' number per plant, tubers' weight per plant, tubers' diameter and tuber length) described the same tendency as the global yield.

Table 2, is presenting field trial results, total tubers yield, biomass yield, percentage of dried matter, tubers' number per plant, percentage of marketable tubers and tuber's cyanide content.

Concerning the total tuber yield, improved have produced more than local genotypes. Among the improved varieties, the highest yield, 64 tons per hectare, was harvested with MM96/002 and the

Table 1
Impact of CMD infection period on cassava yield in farmer's field under different agro-ecosystems in South-Kivu, DRC (CMD= cassava mosaic disease, WAP= week after planting).

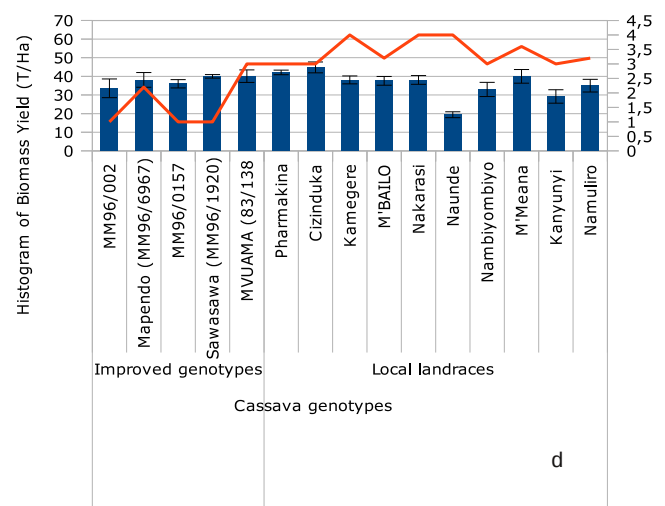
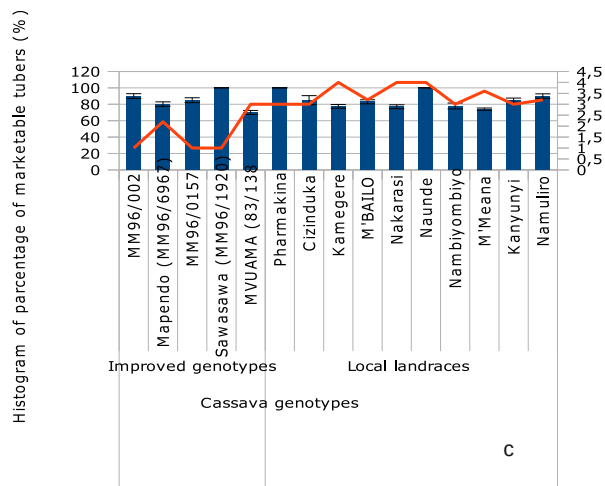
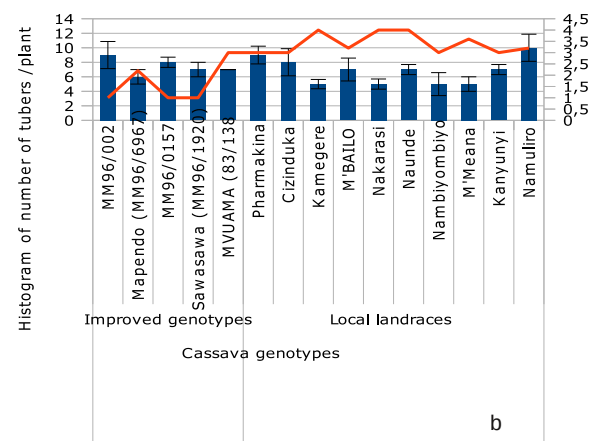
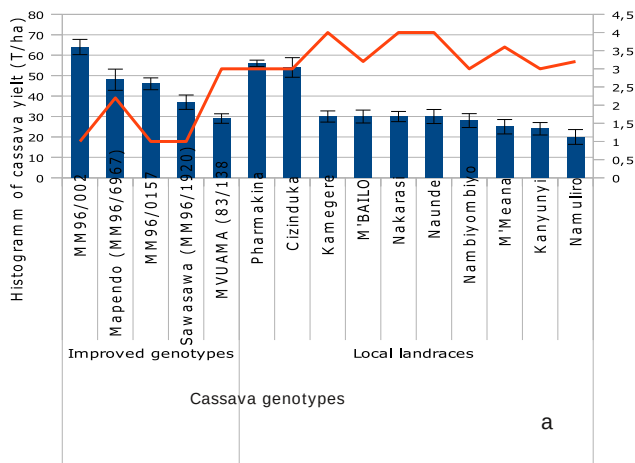
Agro-ecosystems	Villages	CMD symptoms appearance	Total yield t/ha	Tuber weight/plant(kg)	Tubers number/plant	Tuber diameter (cm)	Tuber length (cm)	Severity score					
NORTH (altitude >1000m, clay soils, rain > 1400mm/year, mean t°<24°C)	Kalehe Ihusi	0-12 WAP	1.89 ± 0.20	i	0.17±0.022	h	0.86±0.190	h	4,26±1.28	e	16,67±0.943	e	4
		13-24 WAP	4.01 ± 0.37	h	1.76±0.171	d	1.53±0.330	g	5.87±0.74	d	21,86±1.68	d	3
	Katana	Asymptomatic	7.6±0.87	g	2.67±0.810	b	4.63±0.442	d	7.63±0.45	bc	33±7.35	bc	1
		0-12 WAP	1.34±0.34	i	0.10±0.018	ih	1.33±0.074	g	2.97±0.40	g	15,96±1.38	e	3
	Kavumu	13-24 WAP	3.78±0.60	h	0.17±0.018	h	2.33±0.234	f	4.24±0.65	e	21,14±2.34	d	3
		Asymptomatic	17±1.17	d	0.73±0.046	fg	4.67±0.415	d	6.64±0.74	c	31,43±4.43	bc	1
		0-12 WAP	3.16±0.46	hi	0.17±0.022	h	2.33±0.117	f	3.43±0.43	f	17,1±1.58	e	3
		13-24 WAP	10.91±1.37	f	0.43±0.043	hg	3.33±0.355	e	4.71±0.75	e	23,29±2.87	d	3
	Mudaka Kalambo	Asymptomatic	19.8±1.51	c	0.83±0.101	f	4.76±0.686	d	5.43±0.97	de	30±3.83	c	1
		0-12 WAP	3±0.53	hi	0.13±0.020	ih	2.33±0.179	f	3.43±0.47	f	16,43±2.30	e	3
SOUTH (Altitude <1000m, sandy soils with alluvial deposits, rain <1300mm/year, mean t°>24°C)	Uvira Luvungi	13-24 WAP	4±0.37	h	0.13±0.026	ih	2.67±0.180	f	4.71±0.75	ef	21,86±1.68	d	2
		Asymptomatic	13,37±1.24	e	0.54±0.028	g	5±0.289	cd	5.43±0.95	de	33,86±5.40	b	1
		0-12 WAP	1.67±0.10	i	0.18±0.020	h	0.63±0.090	h	5.37±0.75	de	21,43±2.65	d	4
		13-24 WAP	2.67±0.17	hi	0.27±0.043	h	1.54±0.190	g	7.47±0.74	bc	31,71±3.50	bc	3
	Uvira Sange	Asymptomatic	14±1.19	e	1.44±0.072	e	4.63±0.281	d	9.76±1.47	a	43,14±3.53	a	1
		0-12 WAP	1.47±0.10	i	0.15±0.021	ih	0.63±0.054	h	5.71±0.95	de	21,43±2.64	d	4
		13-24 WAP	18,33±1.68	cd	1.83±0.179	d	5±0.563	cd	8.09±1	b	33±2.77	bc	3
		Asymptomatic	54±3.96	a	5.44±0.486	a	8.67±0.626	b	9.3±2.03	a	45,29±1.97	a	1
	Uvira Kiliba	0-12 WAP	4.33±0.66	h	0.43±0.043	hg	1.7±0.173	g	5.71±1	de	21,43±2.64	d	4
		13-24 WAP	22,67±2.70	b	2.27±0.314	c	5.17±0.390	c	7.36±1	bc	33,57±3.55	b	3
	Asymptomatic	53±4.2	a	5.3±0.469	a	9.1±0.893	a	9.64±1.11	a	43,57±2.82	a	1	
				Lsd= 1.674		Lsd= 0.264		Lsd= 0.399		Lsd= 1.073		Lsd= 3.323	

Collected data were analyzed by general analysis of variance (ANOVA) using GenstatDiscovery edition 3 (www.vsnl.co.uk). WAP: Week after plantation.

Table 2
CMD impact on cassava growth and yield in field trial at Sange, DRC.

Improved genotypes	Genotype name	Yield (t/ha)	Biomass yield (t/ha)	% of dried matter	Num. of tub/pl	% market. tubers	Comp.HCN (ppm)	Mean sev	
Local landraces	MM96/002	64 ± 3,74	a	33,6 ± 4,16	f	90 ± 2,92	b	20 ± 2,55	e
	Mapendo (MM96/6967)	48 ± 5,20	c	38,1 ± 3	cd	80,2 ± 2,77	de	100 ± 1,16	c
	MM96/0157	46 ± 2,92	c	36 ± 1,87	de	85 ± 3	c	105 ± 3,74	c
	Sawasawa (MM96/1920)	37 ± 3,54	d	40 ± 2,55	bc	100 ± 0	a	30 ± 1	e
	MVUAMA (Pronam 83/138)	29 ± 2,35	e	40,1 ± 1,43	bc	70 ± 2,45	h	50 ± 3,39	d
	Pharmakina	56 ± 1,58	b	42,1 ± 1,19	b	100 ± 0	a	50 ± 4,18	d
	Cizinduka	54 ± 4,18	b	44,8 ± 3,42	a	85 ± 5,52	c	200 ± 4,9	b
	Kamegere	30 ± 2,74	e	38,1 ± 1,82	cd	77,5 ± 2,29	f	100 ± 2,35	c
	M'BAILO	30 ± 3,16	e	37,6 ± 3,65	de	83 ± 2,45	cd	600 ± 30,7	a
	Nakarasi	30 ± 2,49	e	38,1 ± 0,22	c	77 ± 2,35	f	100 ± 3,54	c
Improved genotypes	Naunde	30 ± 3,43	e	19,4 ± 1,52	h	100 ± 0	a	100 ± 0,71	c
	Nambiyombiyo	28 ± 3,39	ef	33 ± 1	f	77,9 ± 3,54	ef	200 ± 24,8	b
	M'Meana	25 ± 3,54	fg	40 ± 2,83	bc	74 ± 1,41	g	200 ± 18,1	b
	Kanyunyi	24 ± 3,08	g	29,2 ± 3,11	g	85 ± 2,55	c	200 ± 3,7	b
	Namuliro	20 ± 3,61	h	35 ± 2	ef	90 ± 2,74	b	105 ± 5,34	c
	Lsd values	3,56	3,36	2,67	1,48	3	14,27	0,31	

The HCN composition is a cyanide acid rate have been determined tubers. The biomass yield was determined as the total weight of the aerial part of the plant when the total yield has been estimated was a total in tubers weight of the harvested plants per hectare. Numbers with different alphabetic letters are significantly different at p 0.05 level.



CMD impact was assessed on total tuber yield (a), number of tubers per plant (b), biomass yield (c), percentage of marketable tubers (d).

Figure 1: Cassava mosaic disease (CMD) severity and its impact on cassava genotypes growth and yield under field experiment conditions at Sange.

lowest, 37 tons per hectare, with Sawasawa. Nine of the ten local genotypes have produced 30 tons per hectare or less than it, while two of them (Pharmakina and Cizinduka) has produced 54 and 56 tons per hectare more than some of the improved genotypes.

The biomass yield described almost the same tendency as the total tuber yield, three of four improved varieties (excluding Sawasawa) and three local varieties (Pharmakina, Cizinduka and Naunde) have produced the high biomass quantity.

The percentage of dried matter didn't show any difference between improved and local genotypes, the best percentage was recorded for local genotypes Pharmakina and Cizinduka which also yielded a percentage of marketable tubers comparable to those of improved genotypes. The tuber cyanide content was higher in local than in improved genotypes.

Discussion

CMD yield losses in farmers' fields in various agro-ecosystems

Yield data collected from cassava farmers' fields in various agro-ecosystems showed a significant decrease of cassava yield depending on the period from when cassava plants have been infected. There are homogenous results of yield loss when cassava plants are infected from cuttings (0-12 WAP) independently of the agro-ecosystem, no significant difference has been observed within this group, total yield was less than 2 t/ha and yield losses were estimated in the range of 77.5% at Mudaka to 97.3% at Sange.

Within the second group (diseased plant during the period between 12-24 WAP), cassava yields were 3.8 t/ha; 4 t/ha; 4 t/ha and 10 t/ha respectively for Kalehe, Mudaka, Katana and Kavumu in high altitude while it was 18 t/ha and 22.67 t/ha for Sange and Kiliba in low altitude. Cassava yield significantly differed depending on the agro-ecosystems characteristics (climate and soil). In altitude, low temperature is responsible of cassava yield decrease resulting in growth reduction and crop cycle extension.

The associated percentages of yield loss induced by the CMD presence varied from 44.9% to 76% in high altitude and 58% to 80% in low altitude.

Healthy plants didn't produce the same cassava tubers volume depending on the agro-ecosystems characteristics (climate and soil). At Uvira (Kiliba and Sange) in low altitude, cassava yield recorded was 53-54 t/ha whereas it was 7-19 t/ha in high altitude agro-ecosystems.

These results demonstrate a greater yield decrease in low altitude mainly induced by the predominance of more virulent CMBs (EACMV-UG) alone or in mixed infections with ACMV which is associated to severe CMD symptoms and more damage than in high altitude where less virulent CMBs (ACMV alone) were predominant. Additionally, both in high and low altitude agro-ecosystems, early infection on cassava plants is responsible of more than 50% of tubers yield losses but the yield decrease is significantly high in low altitude agro-ecosystems. Curiously, it's the first time highest yield losses

percentages are recorded comparing to those which have been recorded elsewhere with a high virulent CMBs diversity (13).

The great percentages of total yield losses measured in this study were induced by several factors combination. The predominance of susceptible cassava genotypes in farmers' fields in the surveyed area, the plant age when plants were infected, the virus species and their interaction with the environment in which they are involved were combined to produce severe symptoms and yield losses greater than when each factor is considered alone. These results are similar with those of Fargette et al. (4) report, only the infection date and one virus species was considered, yield losses were low. Owor et al. (15) report in Uganda, measured yield loss induced by CMD virus species in single and dual infections EACMV-UG/ ACMV on a local susceptible variety, yield losses were higher in dual infection than in single infection. Legg et al. (9) report in Tanzania has considered the cassava genotypes in combination with the growth environment and showed that yield losses depend on the environment where cassava is grown.

Evolution of the CMD severity during the cultivation period

The development of the disease on local varieties from healthy and less diseased plants showed a CMD symptom progression from moderate to severe symptoms. The fact that at harvest, CMD recorded scores were ranged from 3 to 4, suggests that local landraces are all sensitive at different level. Three varieties Kamegere, Nakarasi and Naunde were the most severely diseased and presented high susceptibility to the disease with CMD score of 4. On the other hand, the varieties M'Bailo, Nambiyombiyo, Namuliro, Cizinduka, Pharmakina and Kanyunyi are less susceptible or tolerant to the disease and they showed CMD score 2 to 3. The new improved varieties were separated in two different groups for their susceptibility to CMD. The first group contains two varieties (Mapendo and Mvuama) which showed CMD symptoms at harvest while the second contains three varieties which didn't show any symptom (MM96/002, MM96/0157 and Sawasawa) (Table 3).

This situation is different from the one which has been observed in epidemic zones of Uganda where all local and susceptible genotypes have been rapidly abandoned (9). New improved varieties showed a satisfactory resistant level and didn't show CMD symptoms until harvest except Mapendo and Mvuama which showed less severe symptoms (severity score 2.2 and 3. Mvuama has been introduced as improved variety but due to its susceptibility it's about to be removed). There is a confirmation of what is regularly mentioned in many epidemic zones where some of the new improved and resistant genotypes can rapidly become susceptible when CMD pressure is high. One of the management key of such situation will be to test a large number of cultivated genotypes under epidemic area.

Regarding the various altitude agro-ecosystems, CMD severity score has rapidly progressed in low altitude than in high altitude. In low altitude agro-ecosystems, diseased plants CMD severity score was of 3-4 while in high altitude any diseased plant have exceeded CMD severity score 3. As described by Colvin et al. (3), such observations can be attributed to whitefly population combined to great prevalence of dual virus infections. In low altitude environment, CMD incidence is great, high whitefly population and more EACMV-UG and ACMV-EACMV-UG in mixed infections. Otherwise, in high altitude more ACMV in single infection, low incidence and limited whitefly number were predominant. Temperature is probably the environment factor which is greatly influencing these results.

CMD severity and its impact on cassava varieties yield

CMD is known to be responsible for economic losses on cassava yield. In the present study, yield losses depended on local varieties sensitivity, the virus species and the period from when cassava plants were infected in interaction with the agro-ecosystem. The most of local varieties severely affected have produced 30 or less than 30 tons per hectare while the resistant varieties produced more than 35 tons per hectare. The highest yield level (64 t/ha) was reached by the resistant variety MM96/002. Nevertheless, the two local landraces

Cizinduka and Pharmakina have produced a second best volume of tubers (54 t/ha and 56 t/ha) even when the CMD score was moderate or high (score 3-4). The disease didn't induce a great decrease of total yield and yield parameters (tubers number per plant, biomass yield and percentage of marketable tubers). The two local landraces produced 8 to 9 tubers/plant and 85 to 100% of marketable tubers which occasioned 12.5 to 15.6% of yield loss only. The most CMD affected landraces produced a limit number of tubers (5-6/plant) and yielded the lowest values, and consequently the highest values of yield losses (53.1 to 68.8%) (Figures 1a, b ,c and d). These results are demonstrating the obvious impact of genotype diversity and suggest more careful on the choice of genotypes. Regarding the results of this study, where new resistant genotypes are yet available for the great number of farmers, local landraces are expected to be planted and produce economic yield provided that healthy cuttings have been used for new cassava plantation (9). Additionally, these local landraces have frequently more associated advantages including the quality traits, flour and cyanide content, resistance to other cassava pests and diseases, long conservation of tubers roots in the soil before harvest. These are probably the main reasons of the upholding of the local landraces in rural areas even where new improved and resistant varieties have been tested and introduced. These observations provide more evidence of benefit of the use of a wide number of tolerant and resistant varieties to benefit from the genotypes mixtures observed in Uganda, resistant varieties were providing protection to CMD-susceptible varieties when growing together. The percentage of dried matter and the cyanide acid content in cassava tubers haven't been influenced by the CMD severity. In fact, these parameters are varietal heritable characteristics. Local landraces Pharmakina and Cizinduka have the highest percentage of dried matter compared to improved varieties which is also an interesting quality for harvest especially for market and when cassava products are used for local flour consumption.

Conclusion

Based on the results of this study, cassava mosaic disease is responsible of 77.5 to 97.3% of yield loss when local susceptible genotypes were infected early (from cuttings) and of 45-76% when cassava plants were infected during the three early months. Two improved genotypes (MM96/002 and MM96/0157) produced the highest volume of cassava tubers and didn't show any disease symptoms whereas two local genotypes (Cizinduka and Pharmakina) were less susceptible and produced more than 50 tons per hectare. These results showed that highest yield losses were recorded when the disease appeared earlier, on local genotypes infected by virulent virus species while the lowest yield losses were recorded when

the disease appeared later on local genotypes infected by less virulent species. Resistant non-diseased plants produced the highest yield. The environment in which cassava is cultivated has a great impact on the disease impact. Highest yield losses were recorded in non favorable conditions (high altitude) while in low altitude, the disease has induced lowest losses.

From these results we can highlight the importance of cassava resistant genotypes diversity and their adaptation to environment are important for the disease management strategies. The use of diseased-free materials and phytosanitation of local genotypes are also important where new improved genotypes are yet available.

Références bibliographiques

- Adjata K.D., Muller E., Peterschmitt M., Aziadekey M. & Gumedzoe Y.M.D., 2008, Incidence of cassava viral diseases and first identification of East African cassava mosaic virus an Indian cassava mosaic virus by PCR in Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) fields in Togo, *Am. J. Plant Physiol.*, 3, 73-80.
- Berrie L.C., Rybicki E.P. & Rey M.E.C., 2001, Complete nucleotide sequence and host range of South African cassava mosaic virus: further evidence for recombination amongst begomoviruses, *J. Gen. Virol.*, 82, 53-58.
- Colvin J., Omongo C.A., Maruthi M.N., Otim Nape G.W. & Thresh J.M., 2004, Dual begomovirus infection and high *Bemisia tabaci* populations: two factors driving spread of cassava mosaic disease pandemic, *Plant Pathol.*, 53, 577-584.
- Fargette D., Thouvenel J.C. & Fauquet C.M., 1988, Yield losses induced by African cassava mosaic virus in relation to the mode and the date of infection, *Trop. Pest Manag.*, 34, 89-91.
- Fondong V.N., Pita J.S., Rey C., Beachy R.N. & Fauquet C.M., 2000, Evidence of synergism between African cassava mosaic virus and the new double recombinant Geminivirus infecting cassava in Cameroon, *J. Gen. Virol.*, 81, 287-297.
- Harimalala M.A., Villemot J., Hoareau M., Zinga I., Ranomenjanahary S., Reynaud B., Lefeuvre P. & Lett J.M., 2011, Phylogénie et phylogéographie des begomovirus associés à la maladie de la mosaïque du manioc à Madagascar. In : 13^{èmes} rencontres de virologie végétale (RVV 2011), 16-20 janvier 2011, Aussois, France.
- Legg J.P. & Fauquet C.M., 2004, Cassava mosaic geminiviruses in Africa, *Plant Mol. Biol.*, 56, 585-599.
- Legg J.P., Abele S., Obiero H., Jeremiah S., Bigirimana S. & Ntawuruhunga P., 2005, The cassava mosaic virus disease pandemic and its impact on people's livelihoods in East and Central Africa, *Phytopathol.*, 95, 129-130.
- Legg J.P., Owor B., Sseruwagi P., Ndunguru J., 2006, Cassava mosaic virus disease in East and Central Africa: Epidemiology and management of a regional pandemic, *Adv. Vir. Res.*, 67, 355-418.
- Malowa S.O., Isutsa D.K., Kamau A.W., Obonyo R. & Legg J.P., 2006, Current characteristics of cassava mosaic disease in postepidemic areas increase the range of possible management options, *Ann. Appl. Biol.*, 149, 137-144.
- Maruthi M.N., Seal S., Colvin J., Briddon R.W., & Bull S.E., 2004, East African cassava mosaic Zanzibar virus- a recombinant begomovirus species with a mild phenotype, *Arch. Virol.*, 149, 2365-2377.

12. Monde G., Walangululu J., Winter S. & Bragard C., 2010, Dual infection by cassava begomoviruses in two leguminous species (Fabaceae) in Yangambi, North-Eastern Democratic Republic of Congo, *Arch. Virol.*, 155, 1865-1869.
13. Ndunguru J., Legg J.P., Aveling T.A.S., Thompson G. & Fauquet C.M., 2005, Molecular biodiversity of cassava Begomovirus in Tanzania: Evolution of cassava geminiviruses in Africa and evidence for East Africa being a center of diversity of cassava geminiviruses, *Virol. J.*, 2, 21.
14. Neuenschwander P., Hughes J., Ogbe F., Ngatse J.M. & Legg J.P., 2002, Occurrence of the Uganda variant of East African cassava mosaic virus (EACMV-UG) in Western Democratic Republic of Congo and the Congo Republic defines the westernmost extent of the CMD pandemic in East/Central Africa, *Plant Pathol.*, 51, 385.
15. Owor B., Legg J.P., Okao-Okuja G., Obonyo R. & Ogenga Latigo M.W., 2004, The effect of cassava mosaic geminiviruses on symptoms severity, growth and root yield of a cassava mosaic virus disease-susceptible cultivar in Uganda. *Ann, Appl. Biol.*, 145, 331-337.
16. Sseruwagi P., Sserubombwe W.S., Legg J.P., Ndunguru J. & Thresh J.M., 2004, Methods of surveying the incidence and the severity of cassava mosaic disease and whitefly vector populations on cassava in Africa: a review, *Vir. Res.*, 100, 129-142.
17. Zhou X., Liu Y., Calvert L., Munoz C., Otim-Nape G.W., Robinson D.J. & Harrison B.D., 1997, Evidence that DNA-A of Geminivirus associated with severe cassava mosaic disease in Uganda has arisen by interspecific recombination, *J. Gen. Virol.*, 78, 2101-2111.
18. Zhou X., Robinson D. & Harrison D.B., 1998, Types of variation in DNA-A among isolates of East African cassava mosaic viruses from Kenya, Malawi and Tanzania, *J. Gen. Virol.*, 79, 2835-2840.

E. Bisimwa, Congolese, PhD, Professor, Faculty of Agricultural Sciences of Bukavu, R.D. Congo.

J. Walangululu, Congolese, PhD, Professor, Faculty of Agricultural Sciences of Bukavu, R.D. Congo.

C. Bragard, Belgian, PhD, Professor, Catholic University of Louvain, Earth and life Institute, Applied Microbiology, Phytopathology, Louvain-la-Neuve, Belgium.

Caractérisation des bovins de race Baoulé dans le "Pays Lobi" de Côte d'Ivoire: rôles socio-économiques, modes d'élevage et contraintes de production

B. Soro^{1*}, D.P. Sokouri¹, G.K. Dayo², A.S.P. N'Guetta¹ & C.V. Yapi-Gnaoré²

Keywords: Baoulé cattle- Bounkani region- Socio-economic functions- Absorption hanging- Sustainable utilization- Ivory Coast

Résumé

Cette étude visait à définir les fonctions socio-économiques, les pratiques traditionnelles de gestion et les contraintes relatives à la production des bovins Baoulé. Elle a été réalisée dans la région de Boukani, située dans le nord-est de la Côte d'Ivoire, en utilisant un questionnaire semi-structuré. Les résultats indiquent que la plupart (62,7%) des chefs d'exploitation agricole interrogés dépendent de la production végétale et de l'élevage. Les éleveurs de cette région (60%) utilisent les bovins Baoulé en raison de leurs fonctions socio-économiques multiples, de leurs qualités d'adaptation et des faibles exigences de gestion. Les bovins Baoulé sont principalement élevés pour les cérémonies rituelles, les dons et comme assurance contre les vicissitudes de l'existence. Ces éleveurs (98,41%) utilisent majoritairement le pâturage naturel sans aucune complémentation. Dans le nord-est de la Côte d'Ivoire, l'élevage tend à se faire en fonction de la demande de bovins zébus sur le marché, due à l'intérêt secondaire accordé à la race bovine Baoulé en tant qu'animal de rente. Ceci pousse des éleveurs à effectuer des croisements des taurins Baoulé avec les bovins zébus et à investir pour assurer la santé des animaux car les zébus et les croisés zébu x taurin sont plus sensibles que les taurins aux trypanosomoses animales. Au vu des fonctions multiples de la race Baoulé, des caractéristiques génétiques particulières et de la menace d'absorption qui pèse sur elle, cette ressource locale doit être conservée et valorisée pour son utilisation durable.

Summary

Characterization of Baoulé Cattle in the "Pays Lobi" of Ivory Coast: Socio-economic Roles, Management Practices, and Production Constraints

This study aimed at determining the socio-economic roles, the traditional management practices, and the production constraints of the Baoulé cattle. It was conducted in Bounkani region of North-Eastern Ivory Coast, using a semi-structured questionnaire. The results indicate that most (62.7 percent) of the respondents depended on crop and livestock production for household income and food security. Farmers of this region (60 percent) use the Baoulé cattle owing to their multiple socio-economic functions, adaptive qualities, and low management requirements. The Baoulé cattle are primarily reared for ritual ceremonies, gifts and as security against the vicissitudes of life. Farmers (98.41 percent) use natural pasture without supplementation. In the North - Eastern of Ivory Coast, livestock rearing tends to be made according to the demand of zebu cattle, due to the secondary interest given to Baoulé cattle. This leads Lobi farmers to breed Baoulé with zebu cattle and to invest in the health of animals because Zebu and cross-bred Zebu x Baoulé are more sensitive than the Baoulé cattle to animal trypanosomiasis. In view of the multiple functions of Baoulé cattle, their specific genetic characteristics and the threat of absorption hanging over it, this local resource should be preserved and valued for its sustainable utilization.

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

²Centre International de Recherche-Développement sur l'Elevage en zone Subhumide, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

*Auteur correspondant: Email: abramsoro@yahoo.fr

Reçu le 7.05.14 et accepté pour publication le 19.08.14

Introduction

La race bovine Baoulé a été introduite en Côte d'Ivoire à Bondoukou à l'Est, et Kong, au Nord-Est, vers le début du quinzième siècle lors des mouvements migratoires des Foulbé (Peuhl). Grâce aux transactions commerciales, les troupeaux ont gagné la région Centre de la Côte d'Ivoire, région Baoulé (1). Le bovin Baoulé est classé parmi les bovins à courtes cornes de l'Ouest Africain, généralement appelé en anglais "West African Shorthorn". C'est un animal rectiligne, bréviligne et ellipométrique. L'encolure un peu courte, est plus épaisse chez le mâle et portée horizontalement; mais légère chez la femelle. La taille varie de 95 à 110 cm et quelque fois 115 cm chez certains taureaux. Le poids à la naissance des veaux est en moyenne de 13 kg (14).

L'une des caractéristiques importantes du peuple lobi, vivant au Nord-est de la Côte d'Ivoire, est que l'élevage bovin est essentiellement composé de bovins trypanotolérants, notamment la race Baoulé. Cette race est parfaitement adaptée aux zones d'élevage infestée par les glossines, vectrices de la trypanosomose animale africaine (TAA) qui est une maladie parasitaire majeure dans les élevages des zones subhumides et humides de l'Afrique subsaharienne. L'ancienneté de la présence du bétail trypanotolérant dans cette zone est étroitement liée à la farouche opposition du peuple Lobi jusqu'à une période très récente à l'introduction de bovins zébu et à toute innovation. Malheureusement, depuis quelques décennies, avec les changements climatiques, on observe un recul global des zones habitées par les glossines correspondant au recul des isohyètes (4) ainsi qu'à une détérioration de leur habitat provoquée par des facteurs anthropiques et climatiques (3). Cela a comme conséquence l'arrivée de plus en plus grande des pasteurs peuls avec leurs troupeaux de zébus peulhs trypanosensibles des zones nordiques sahéliennes vers les régions plus humides dont celle du pays Lobi de Côte d'Ivoire. Ainsi, des croisements entre bovins trypanotolérants et zébus peuls sont de plus en plus constatés, soit dans l'espoir de transmettre le caractère trypanotolérant aux bovins zébus, soit pour l'amélioration du format

et des capacités de productions laitières des bovins trypanotolérants. Malgré la pression de métissage qui semble s'exercer sur elles, les races taurines pures locales se distinguent nettement des Zébu et de leurs produits de croisements que sont les bovins Méré (13). Le maintien des races trypanotolérantes est indispensable pour assurer en tant que réservoir un métissage raisonné, eu égard à leurs caractéristiques génétiques particulières qui leur permettent de s'adapter à des modifications de l'environnement et de résister à divers maladies. Il est donc important de proposer un programme de valorisation de cette race taurine Baoulé, qui prend en considération la préservation de leur patrimoine génétique et l'amélioration de la productivité et de la rentabilité des élevages. La définition de politiques de gestion de cette race bovine locale passe inévitablement par la prise en compte des éléments techniques touchant aux pratiques d'élevage (gestion des pâturages, politiques de mises à la reproduction), de considérer la sociologie des éleveurs, leur formation, leurs activités économiques, leurs contraintes financière et sociale. Cette étude a pour objectif la détermination et la documentation sur les rôles socio-économiques, les pratiques de gestion et les défis de production de l'élevage bovin de race Baoulé pour appréhender l'évolution de cette race dans cette région et sur les menaces qui pèsent sur elles dans le Pays lobi de Côte d'Ivoire.

Matériel et méthodes

Zone d'étude

Situé au Nord-Est de la Côte d'Ivoire, le pays lobi en Côte d'Ivoire se trouve dans la région administrative du Bounkani avec une superficie de 21 470 km². Il comprend les localités de Doropo, de Nassian, de Téhini et de Bouna, le chef-lieu de cette région (Figure 1). Il est limité: à l'Est par la République du Ghana et la Volta Noire; au sud, par les départements de Bondoukou; à l'Ouest, par les départements de Dabakala et Ferkessédougou; au nord, par le Burkina Faso. Il abrite en son sein le parc National de la Comoé.

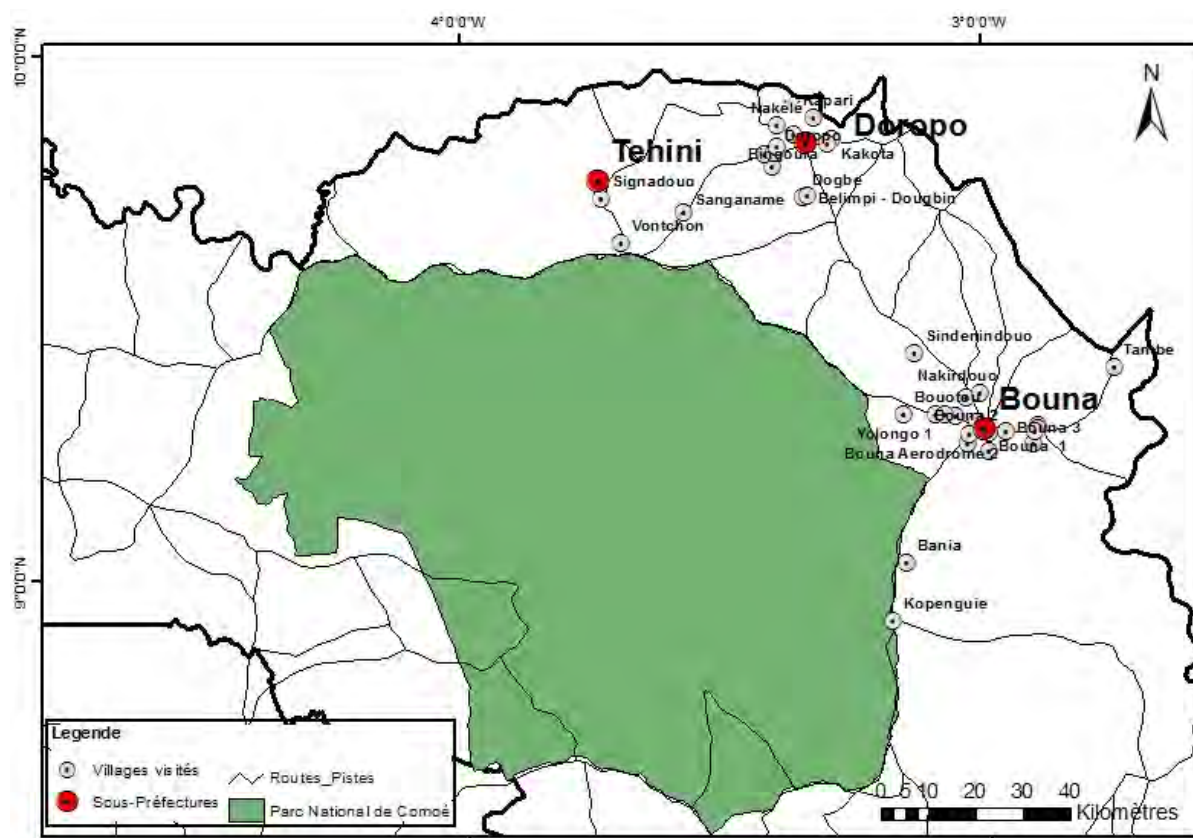


Figure 1: Zone d'étude.

Cette zone est caractérisée par la savane qui se couvre d'herbages et d'arbustes, puis de bosquets d'arbres en descendant vers le sud, tandis que sur les berges des fleuves se développent des forêts-galeries. Les terres sont très défrichées. Le réseau hydrographique est relativement important, mais la plupart des cours d'eau tarissent en saison sèche. Seuls les fleuves limitrophes, la Volta Noire à l'est et la Comoé à l'ouest ainsi que l'Iringou au centre, coulent toute l'année (6). Le tapis herbacé est essentiellement constitué de graminées formant des pâturages abondants en saison pluvieuse mais détruit par les feux de brousse et la sécheresse (10). Le pays Lobi possède un climat tropical de type soudano guinéen.

Les précipitations varient entre 900 et 1200 mm. Les mois de novembre, décembre, janvier, février et mars sont les mois les moins arrosés. Les rares événements pluvieux se produisent au cours du mois d'avril à juin de l'année (10). Selon le Recensement Général de la Population (7), la population de la région du Boukani est de 178 769 habitants.

A côté d'une population lobi largement majoritaire, d'autres populations autochtones vivent dans le Nord-Est ivoirien: Koulango, Teguesie, Birifor. Ils sont tous agriculteurs et éleveurs de taurins. On trouve également des populations étrangères: Dioula et Mossi, dispersés dans toute la région et qui sont des commerçants. Le dernier courant migratoire est composé de Peulhs, essentiellement éleveurs. Les systèmes d'élevage les plus répandus dans la région sont les élevages traditionnels bovins, volailles, ovins, caprins et porcins.

Dispositions générales

Durant les mois d'avril et octobre 2013, des enquêtes ont été menées dans trois localités de la région du Boukani au Nord-Est de la Côte d'Ivoire dans le pays lobi, ce sont Bouna, Tehini et Doropo. A l'intérieur de chaque localité, dix villages ont été choisis, sauf à Bouna où vingt et un villages ont été retenus car ce département concentre la majorité des exploitations agricoles de cette région. Ces villages ont été choisis en collaboration avec les Agents des Productions Animales du Ministère des Productions Animales et des Ressources

Halieutiques (MPARH) de la zone d'étude. Dans chaque village, trois élevages ont été choisis par les agents et leurs propriétaires ont été interviewés par le même enquêteur suivant un questionnaire rédigé en français et traduit oralement en langue locale si nécessaire. Les critères de choix des élevages dans les villages ont été: l'accessibilité du parc pour faciliter sa visite, la disponibilité de l'éleveur et la présence d'élevages de taille suffisante.

Méthode de collecte des données

Un guide d'entretien semi-structuré a été utilisé pour cette enquête. Le questionnaire a été administré par l'interviewer au propriétaire de l'exploitation. On a permis à d'autres membres du ménage de compléter les informations pertinentes pendant l'entretien. Le questionnaire a été pré testé pour vérifier la clarté et la convenance des questions. Certaines des informations rassemblées pendant les entretiens ont été attestées par l'observation sur place. Les informations recherchées portaient d'une part sur les caractéristiques socio-économiques des éleveurs et d'autre part sur les pratiques dans les agro systèmes pastoraux ainsi que les contraintes de production et de commercialisation. L'entretien se terminait par la visite des parcs.

Traitement et analyse de données

Les données qualitatives de l'enquête sur le terrain ont été codées et analysées pour produire les statistiques descriptives. L'analyse de variance incluant la comparaison des moyennes selon le test de Newman et Keuls au seuil de 5% a été utilisée pour comparer les données quantitatives. Avant cette analyse, la normalité des distributions des variables mesurées a été vérifiée. Toutes ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel STATISTICA 7.1.

Résultats

Caractéristiques socio-économiques des chefs d'exploitations

L'élevage de bovins est pratiqué majoritairement par les hommes qui représentent 95% des exploitants. C'est dans les localités de Bouna (4,8 %) et Téhini (10%) que les femmes sont présentes dans ce domaine d'activité (Tableau 1). Le Lobi est l'ethnie dominante des éleveurs (59,4%) ensuite viennent les Peulhs (16%) principalement dans les localités de Bouna. Des éleveurs de diverses autres ethnies (13%) sont également présents. La majorité de ces éleveurs (69,1%) ont plus de 45 ans et 29,3% ont entre 30 et 45 ans. On rencontre des jeunes propriétaires uniquement dans la localité de Bouna. Les éleveurs sont polygames pour la plupart (64,1%) contre 31% qui sont monogames et résident en général dans les villages. L'analphabétisme touche 80,8% de ces chefs d'exploitation. La localité de Bouna est la seule où l'on trouve des exploitants qui ont un niveau secondaire (4,7%) ou qui ont été instruit à l'école coranique (28,6%).

D'après les résultats de l'enquête, la majorité des éleveurs pratiquent à la fois l'agriculture et l'élevage. Ils vivent principalement dans les localités de Doropo et Téhini. Cependant, dans la localité de Bouna; 47,62% des personnes enquêtées se consacrent uniquement à l'élevage (Tableau 1). Dans cette région, les bovins de race Baoulé sont les plus utilisés dans les élevages (82,3%) notamment dans les localités de Doropo et Téhini où les éleveurs possédant ses animaux représentaient respectivement 90% et 100% (Tableau 2).

Toutes les personnes enquêtées ont en plus des bovins d'autres espèces animales telles que les ovins (66,98%), les caprins (57,15%), la volaille (71,9%) et les porcins (28,09%) (Tableau 1). Ces proportions ne sont pas significativement différentes d'une localité à l'autre ($p > 0,05$).

Tableau 1
Répartition des éleveurs (%) par localité en fonction des caractéristiques socio-économiques.

Caractéristiques	Localités			
	Bouna n=63	Doropo n=30	Téhini n=30	Moyenne n=123
Tranche d'âge (année) (%)				
Moins de 30	4,8 (3)	0 (0)	0 (0)	1,6 (3)
30-45	3,1 (24)	20 (6)	30 (9)	29,3 (39)
45 et plus	57,1 (36)	80 (24)	70 (21)	69,1 (81)
Origine des éleveurs (%)				
Côte d'Ivoire	57,1 (36)	90 (27)	100 (30)	82,3 (93)
Burkina Faso	33,3 (21)	10 (3)	0 (0)	14,4 (24)
Ghana	4,8 (3)	0 (0)	0 (0)	1,6 (3)
Mali	4,8 (3)	0 (0)	0 (0)	1,6 (3)
Ethnie (%)				
Lobi	38,1 (24)	50 (15)	90 (27)	59,4 (66)
Koulango	4,8 (3)	30 (9)	0 (0)	11,6 (12)
Peulh	38,1 (24)	10 (3)	0 (0)	16 (27)
Autres	19 (12)	10 (3)	10 (3)	13 (18)
Sexe (%)				
Mâle	95,2 (60)	100 (30)	90 (27)	93 (117)
Femelle	4,8 (3)	0 (0)	10 (3)	5 (6)
Lieu de résidence (%)				
Village	57,1 (36)	80 (24)	100(30)	79 (90)
Campement	28,6 (18)	20 (6)	0 (0)	16,2 (24)
Ville	14,3 (9)	0 (0)	0 (0)	4,8 (9)
Situation matrimoniale (%)				
Marié	0 (0)	0 (0)	10 (3)	3,3 (3)
Monogame	42,9 (27)	40 (12)	10 (3)	31 (42)
Polygame	52,4(33)	60 (18)	80 (24)	64,1 (75)
Veuf/Veuve	4,7 (3)	0 (0)	0 (0)	1,6 (3)
Niveau d'instruction (%)				
Analphabète	52,4 (33)	100 (30)	90 (27)	80,8 (90)
Ecole coranique	28,6 (18)	0 (0)	0 (0)	13,3 (12)
Elémentaire	14,3 (9)	0 (09)	10 (3)	8,1 (12)
Secondaire	4,7 (3)	0 (0)	0 (0)	1,6 (3)
Activité principale (%)				
Agriculture	4,76 (3)	30 (9)	0 (0)	11,6 (12)
Elevage	47,62 (30)	20 (6)	0 (0)	22,54 (36)
Commerce	4,76 (3)	0 (0)	0 (0)	1,58 (3)
Elevage et Agriculture	38,1 (24)	50 (15)	100 (30)	62,7 (69)
Autres	4,76 (3)	0 (0)	0 (0)	1,58 (3)
Type d'animaux élevés en plus (%)				
Ovin	80,95 (51)	70 (21)	50 (15)	66,98 (87)
Caprin	71,43 (45)	40 (12)	60 (18)	57,15 (75)
Volaille	85,71 (54)	80 (24)	50 (15)	71,9 (93)
Porc	14,29 (9)	20 (6)	50 (15)	28,09 (30)
Nombre de femmes	2,09±0,33 ^a	1,7±0,21 ^a	2,2±0,24 ^a	2,02±0,18
Nombre d'enfants	10,85±1,57 ^a	8,4±1,15 ^a	9,2±1,69 ^a	9,85±0,94

n: nombre d'éleveurs enquêtés.

() Nombre de répondants.

Sur la même ligne, les moyennes suivies par les mêmes lettres (a, b ou c) ne sont pas différentes.

Tableau 2
Répartition des éleveurs par localité (%) en fonction des races bovines élevées.

Races bovines	Localités			
	Bouna (n=63)	Doropo (n=30)	Téhini (n=30)	Total (n=123)
Baoulé	57,1 (36)	90 (27)	100 (30)	82,3 (93)
Méré	80,9 (51)	100 (30)	40 (12)	73,6 (93)
Zébu	95,2 (60)	100 (30)	40 (12)	78,4 (102)

n: Nombre d'éleveurs enquêtés

() Nombre de répondants

Tableau 3
Répartition des éleveurs par localité (%) en fonction du mode d'acquisition du noyau initial.

Caractéristiques	Localités			
	Bouna n=63	Doropo n=30	Téhini n=30	Moyenne n=123
Mode d'acquisition ferme (%)				
Achat	9.5 (6)	0 (0)	10 (3)	6.5 (9)
Héritage	38.1 (24)	70 (21)	80 (24)	62.7 (69)
Don	47.6 (30)	30 (9)	10 (3)	29.2 (42)
Location	4.8 (3)	0 (0)	0 (0)	1.6 (3)
Mode d'acquisition des animaux (%)				
Achat	61.9 (39)	70 (21)	80 (24)	70,64 (84)
Héritage	38.1 (24)	30 (9)	10 (3)	26,03 (36)
Don	0 (0)	0 (0)	10 (3)	3,33 (3)
Appartenance du Cheptel (%)				
Oui	66.7 (42)	80 (24)	70 (21)	72.2 (87)
Non	33.3 (21)	20 (6)	30 (9)	27.8 (36)
Existence des fermes (année)	23,09±2,99 ^a	20,8±3,86 ^a	19,1±3,22 ^a	21,56±1,93
Effectif bovins Baoulé / ferme	13,95±4,74 ^a	11,6±3,26 ^a	21,3±1,84 ^a	15,17±2,6
Effectif bovins Méré / ferme	22,09±4,1 ^a	25,1±2,97 ^a	5,8±4,5 ^b	18,85±2,7

n: Nombre d'éleveurs enquêtés.

() Nombre de répondants.

Sur la même ligne, les moyennes suivies par les mêmes lettres (a, b ou c) ne sont pas différentes.

Tableau 4
Répartition des éleveurs par localité (%) en fonction de la gestion des pâturages.

Caractéristiques	Localités			
	Bouna n=63	Doropo n=30	Téhini n=30	Moyenne n=123
Surveillance des animaux (%)				
Main d'œuvre familiale	42,9 (27)	40 (12)	80 (24)	54,3 (63)
Main d'œuvre salariée	57,1 (36)	60 (18)	20 (6)	45,7 (60)
Pratique de la divagation (%)				
Oui	66,7 (42)	100 (30)	100 (30)	88,9 (102)
Non	33,3 (21)	0 (0)	0 (0)	11,1 (21)
Zone de pâture (%)				
Espace national	100 (63)	100 (30)	100 (30)	100 (123)
Au delà de la frontière	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Alimentation de base (%)				
Pâturage naturel	95,24 (60)	100 (30)	100 (30)	98,41 (120)
Pâturage artificiel	4,76 (3)	0 (0)	0 (0)	1,59 (3)
Sources d'abreuvement (%)				
Barrage	71,42 (45)	70 (21)	50 (15)	63,8 (81)
Rivière/Marigot	14,29 (9)	30 (9)	40 (12)	28,1 (30)
Autres	14,29 (9)	0 (0)	10 (3)	8,1 (12)
Position de la source (%)				
Proche	66,67 (42)	70 (21)	80 (24)	72,22 (97)
Eloignée	33,33 (21)	30 (9)	20 (6)	27,78 (36)

n: Nombre d'éleveurs enquêtés.

() Nombre de répondants.

Historique des fermes et Acquisition du noyau initial

Les fermes visitées sont d'âges variables (Tableau 3). C'est dans la localité de Téhini que l'on rencontre les fermes les plus récentes. La moyenne d'âge des fermes est de 21 ans dans la zone d'étude. Le mode d'acquisition des fermes a été l'héritage dans 62,7% des cas et le don dans 29,2% des cas. La majorité des éleveurs (72,2%) est propriétaire unique de son cheptel contre 27,8% des fermes qui sont des élevages communautaires. L'achat du noyau d'élevage a représenté 70,64% du mode d'acquisition dans cette zone et l'héritage, 26,03% des cas (Tableau 3). La taille des différents cheptels a été obtenue sur information de l'éleveur. Toutefois, la grande majorité des éleveurs ne connaît pas le nombre exact d'animaux de son cheptel ou encore certains d'entre eux considèrent

cette information confidentielle. L'enquête réalisée fait état de 2233 bovins dont 622 bovins de race Baoulé, 773 Mérés et 841 zébus.

Conduite de l'élevage bovin en Pays lobi

Gestion des pâturages

Dans les localités de Bouna et Doropo, 57,1% et 60% respectivement d'éleveurs utilisent la main d'œuvre salariée alors que dans la localité de Téhini, 80% d'éleveurs utilisent la main d'œuvre familiale (Tableau 4). La grande majorité de ces éleveurs (88,9%) disent pratiquer la divagation durant la saison sèche et presque tous disent que les zones de pâtures ne dépassent pas les limites de l'espace national. Les éleveurs utilisent essentiellement des pâturages naturels dans 98,41% des cas. Un seul éleveur à Bouna a dit posséder un pâturage cultivé ne représentant que 1, 59% des élevages. Dans

cette région, l'abreuvement des animaux se fait généralement à partir de trois sources: barrages (63,8%), rivière et/ou marigot (28,1%), sur place au campement ou au village (8,1%). Les sources d'abreuvement sont proches des fermes dans 72, 22% des cas (Tableau 4).

Gestion de la reproduction

Au sujet de la reproduction, la monte naturelle est le mode d'accouplement rencontré dans la région semi-aride du pays Lobi. Cette pratique a été observée chez 98,4% des éleveurs enquêtés (Tableau 5). Seulement 1,6% des exploitants pratiquaient la monte contrôlée tandis qu'aucune exploitation ne pratiquait la technique de l'insémination artificielle. Dans toutes les exploitations, la reproduction est assurée par la présence d'un taureau choisi à l'intérieur du

troupeau dans 58,9% des cas et à l'extérieur du troupeau dans 41,1% des cas. Toutefois, il faut noter qu'à Doropo, ce mâle reproducteur provient d'un autre élevage dans 80% des élevages. En général, les éleveurs effectuent des opérations de métissage entre la race taurine Baoulé et le Zébu dans le but d'obtenir des animaux qui répondent à leurs besoins. Tous les élevages étaient concernés dans les localités de Bouna et Doropo. Par contre, cette pratique n'était pas courante dans 70% des élevages dans la localité de Téhini (Tableau 5).

Tableau 5
Répartition des éleveurs par localité (%) en fonction de la gestion de la reproduction.

Caractéristiques	Localités			Total n=123
	Bouna n=63	Doropo n=30	Téhini n=30	
Existence de mâle reproducteur dans le cheptel (%)				
Oui	100 (63)	100 (63)	100 (63)	100 (123)
Non	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Origine du mâle reproducteur (%)				
Troupeau	66,7 (42)	20 (6)	90 (27)	58,9 (75)
Extérieur troupeau	33,3 (21)	80 (24)	10 (3)	41,1 (48)
Type de monte (%)				
Monte libre	95.2 (60)	100 (30)	100 (30)	98,4 (120)
Monte contrôlée	4,8 (3)	0 (0)	0 (0)	1,6 (3)
Métissage volontaire (%)				
Oui	100 (63)	100 (30)	30 (9)	76.7 (102)
Non	0 (0)	0 (0)	70 (21)	23.3 (21)
Type de croisement (%)				
Aucun	19 (12)	0 (0)	60 (18)	26.3 (30)
Zébu X Baoulé	38,1 (24)	60 (18)	30 (9)	42,7 (51)
Zébu X N'dama	4,8 (3)	0 (0)	0 (0)	1,6 (3)
Zébu X Méré	38.1(24)	40 (12)	10 (3)	29.4 (39)

n: Nombre d'éleveurs enquêtés.

() Nombre de répondants.

Tableau 6

Répartition des éleveurs par localité (%) en fonction de la destination des produits d'élevage.

Caractéristiques	Départements			Moyenne n=123
	Bouna n=63	Doropo n=30	Téhini n=30	
Objectif de l'élevage bovin (%)				
Culturel et épargne	38,1 (24)	60 (18)	80 (24)	59,36 (66)
Commerce	61,9 (39)	40 (12)	20 (6)	40,64 (57)
Principales races vendues (%)				
Baoulé	42,9 (27)	50 (15)	100 (30)	64,3 (72)
Zébu	19 (12)	0 (0)	0 (0)	6,3 (12)
Méré	9,5 (6)	10 (3)	0 (0)	6,5 (9)
Baoulé et Méré	0 (0)	40 (12)	0 (0)	13,3 (12)
Zébu et Méré	23,8 (15)	0 (0)	0 (0)	8,0 (15)
N'dama et Zébu	4,8 (3)	0 (0)	0 (0)	1,6 (3)
Produits pour l'autoconsommation (%)				
Aucun	42,9 (27)	70 (21)	100 (30)	70,97 (78)
Lait	47,6 (309)	30 (9)	0 (0)	25,87 (39)
Viande et Lait	9,5 (6)	0 (0)	0 (0)	3,16 (6)
Type de produits pour don (%)				
Aucun	4,8 (3)	0 (0)	0 (0)	1,6 (3)
Animaux sur pied	95,2 (60)	100 (30)	100 (30)	98,4 (120)
Animaux sur pied et traction	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Principaux acheteurs des produits d'élevage (%)				
Bouchers	47,6 (30)	0 (0)	100(100)	49,2 (130)
Autres éleveurs	23,8 (15)	10 (3)	0 (0)	11,3 (18)
Autres éleveurs et Bouchers	28,6 (18)	90 (27)	0 (0)	39,5 (45)
Lieu de vente des produits d'élevage (%)				
Ferme	42,8 (27)	90 (27)	100 (30)	77,6 (84)
Marché à bétail	57,2 (36)	10 (3)	0 (0)	22,4 (39)
Sources principales de revenus (%)				
Animaux sur pied	52,4 (33)	90 (27)	60 (18)	67,5 (78)
Animaux sur pied et lait	42,9 (27)	10 (3)	0 (0)	17,6 (30)
Animaux sur pied et viande	4,7 (3)	0 (0)	0 (0)	1,6 (3)
Animaux sur pied et traction	0 (0)	0 (0)	40 (12)	13,3 (12)

n: Nombre d'éleveurs enquêtés.

() Nombre de répondants.

Tableau 7
Répartition des éleveurs par localité (%) en fonction des contraintes d'élevage.

Caractéristiques	Départements			Moyenne n=123
	Bouna n=63	Doropo n=30	Téhini n=30	
Contraintes liées à la production (%)				
Conflits Agriculteurs-Éleveurs	38,1 (24)	90 (27)	100 (100)	76 (81)
Conflits Agriculteurs-Éleveurs et maladies	38,1 (24)	10 (3)	0 (0)	16 (27)
Conflits Agriculteurs-Éleveurs et Alimentation	14,3 (9)	0 (0)	0 (0)	4,8 (9)
Autres	9,5 (6)	0 (0)	0 (0)	3,2 (6)
Contraintes liées à la commercialisation (%)				
Mévente des produits	66,67 (42)	10 (3)	0 (0)	25,55 (45)
Prix défavorable	33,33 (21)	90 (27)	100 (100)	74,45 (78)

n: Nombre d'éleveurs enquêtés.

() Nombre de répondants.

Caractéristiques de production des exploitations

Destination des produits d'élevage

En général, dans le pays Lobi de Côte d'Ivoire, la production bovine n'est pas faite pour l'autoconsommation principalement dans les localités de Doropo (70%) et Téhini (100%). Cependant, à Bouna; 47,6% des éleveurs disent utiliser le lait pour l'autoconsommation. Les éleveurs interrogés tirent profit généralement de la vente d'animaux sur pied. La principale race vendue est le bovin de race Baoulé (64,3%). Toutefois, les zébus et les animaux métis Méré sont bien vendus à Bouna (23,8%). Les ventes se font en général à la ferme. Quelques éleveurs (22,4%) acheminent leurs animaux au marché à bétail. Les éleveurs vendent généralement leurs produits d'élevage aux commerçants démarcheurs et aux bouchers (49,2%). Parfois, ils les vendent aux bouchers et à d'autres éleveurs (39,5%) (Tableau 6).

Contraintes majeures à l'élevage dans le Pays Lobi

Les contraintes majeures auxquelles sont confrontés les éleveurs dans la conduite de leurs activités sont les conflits sociaux entre agriculteurs et éleveurs dans 76% des cas. D'autres difficultés toujours liées à la production ont été évoquées, notamment les maladies, l'alimentation, l'accès à l'eau, la disponibilité des produits vétérinaires, les soins et suivi sanitaires. En ce qui concerne, les contraintes liées à la commercialisation; 74,45% des éleveurs ont dénoncé les prix défavorables de leurs produits d'élevage tandis que certains (25,55%) ont évoqué la mévente des produits (Tableau 7).

Discussion

Caractéristiques socio-culturelles et économiques des éleveurs

L'enquête réalisée auprès des éleveurs dans le pays Lobi en Côte d'Ivoire a révélé que l'élevage bovin est pratiqué par les hommes. Selon Sokouri (12) dans une étude réalisée dans le nord et le centre de la Côte d'Ivoire, cette activité est majoritairement réservée aux hommes. Cependant, chez le peuple Lobi, femme ou homme dépendant ou indépendant économiquement confie ses animaux à une personne qui a en charge la gestion de l'élevage. Celui-ci peut être l'époux, le frère ou l'oncle maternel. La majorité des éleveurs enquêtés (69,1%) ont plus de 45 ans et 29,3% ont un âge compris entre 30 et 45 ans. Il apparaît que l'élevage en pays Lobi est pratiqué par les personnes âgées qui se baseraient beaucoup plus sur leur savoir faire (expériences personnelles) que sur les techniques modernes. Cette activité qui se rencontre principalement en milieu villageois et parfois en zone périurbaine est une activité secondaire car 62,7% des éleveurs se considèrent d'abord agriculteurs. Il est important de noter que ce résultat confirme le fait que l'agriculture, essentiellement de subsistance reste l'activité principale du peuple lobi (6, 8). Toutefois dans la localité de Bouna; 47,62% des exploitants ont dit vivre de l'élevage. Ce constat serait intimement lié à la présence de la communauté (38,1%) originaire du Burkina Faso, du Mali et du Ghana et qui ont pour activité principale l'élevage.

La grande partie des éleveurs est polygame et illettrée (80,8%); et cette proportion reflète le faible taux (49%) d'alphabétisation de la population ivoirienne (5). Cet indicateur nous informe sur le fait que l'analphabétisme, constitue une réelle entrave à l'amélioration de la productivité du bétail trypanotolérant. En effet, la plupart des éleveurs illettrés qui ont été interviewés ne font ni de la prévention ni de traitements contre les maladies, même quand ils reconnaissent l'efficacité des traitements sanitaires, ils ne le pratiquent pas régulièrement. Tandis que les chefs d'exploitations possédant un niveau d'étude élémentaire ou secondaire, investissent pour la santé des animaux.

Outre, les bovins, les éleveurs pratiquent également d'autres types d'élevage.

La volaille particulièrement a une importance relative car elle est partout présente dans la vie rituelle et sociale lobi.

Les pratiques traditionnelles de l'élevage de bovins Baoulé

Sur l'ensemble de la zone d'étude, les bovins de race pure Baoulé sont appelés «Méré» ou «Méré Yêrê Yêrê» ou encore «boeuf Lobi» par les éleveurs et ces bovins étaient plus répandus (82,3%) dans les exploitations visitées (Tableau 2). Dans cette étude, le terme «Méré» désigne les bovins métis issus des croisements entre taurins Baoulé et les zébus en général de type Peulh soudanais. Par ailleurs, le terme «Méré wolosso» est utilisé par les éleveurs pour identifier ces mêmes croisés. Le Pays Lobi doit aujourd'hui son qualificatif de berceau des bovins trypanotolérants Baoulé à cause du caractère conservateur des bovins de race Baoulé (9). Cependant, ce type d'élevage concerne aujourd'hui de petits troupeaux de 15 têtes en moyenne. Cet effectif est inférieur à celui obtenu par Hoffmann (6) qui était de 33 têtes par parc. La majorité des exploitations a un statut privé (72,2%) et a été acquis par héritage. En effet, le bétail en pays lobi bien qu'individuel est néanmoins principalement destiné à la création de la richesse collective et se transmet donc par lignée utérine (6). En plus de ces animaux hérités d'un défunt ou reçus en compensations matrimoniales (66,2% des cas) l'éleveur en achète avec le gain provenant de l'agriculture pour accroître son cheptel. Ces mêmes sources d'acquisition du noyau d'élevage ont été rapportées par Sokouri (12) suite à une enquête sur l'exploitation des bovins au centre et au nord de la Côte d'Ivoire.

Contrairement à ce qui se fait dans le centre et le nord de la Côte d'Ivoire (12), la complémentation en fourrage ou en sel n'est pas pratiquée de façon traditionnelle en pays Lobi. Les animaux sont gardés dans des parcs rudimentaires, construits avec des matériaux de fortune. Durant la saison des pluies, les animaux restent généralement sur place et consomment les feuilles des arbres autour des parcs.

Pendant la saison sèche, ils sont conduits à la recherche de pâturage et vers les points d'eau (barrages et fleuves) très tôt le matin pour en revenir l'après midi. Les parcours les plus longs sont observés dans la localité de Bouna avec les troupeaux zébus appartenant aux éleveurs peulhs. Ce sont les enfants qui assurent la conduite des troupeaux à Téhini. C'est dans les localités de Bouna et Doropo que les éleveurs lobi ont recours à des bergers peulhs; 60 et 57,1% respectivement et qui sont rémunérés par mois. Ces résultats sont contraires à ceux de Hoffman (6) où le pourcentage de bergers peulhs était faible (24%) dans tout le pays lobi et le mode de rémunération était différent. Les bergers peulhs étaient payés par tête d'animal adulte et par an. C'est souvent ces derniers qui déterminent ou influencent la conduite quotidienne du troupeau et les grandes directions de pâture. La présence de ces éleveurs et bergers peulhs à Bouna et Doropo expliquerait les opérations de métissage des taurins Baoulé avec les zébus dans ces localités avec l'introduction d'un mâle reproducteur de race zébu dans le troupeau. C'est une situation à craindre en ce qui concerne les taurins Baoulé dans le pays lobi. Surtout que dans le nord et le centre de la Côte d'Ivoire, Sokouri (13) a observé que les élevages de la région Nord étaient métissés à 86% et ceux de la région Centre à 40%. La monte naturelle est le mode d'accouplement le plus privilégié et la reproduction est effectuée par un taureau sélectionné soit à l'intérieur du troupeau en permanence, soit il est prêté de l'une des exploitations avoisinantes. Par contre à Téhini, le renouvellement du troupeau se fait par des croisements taurins Baoulé x taurins Baoulé (Tableau 4). Les troupeaux dans cette localité sont donc relativement importants avec 21 bovins baoulé par propriétaire (Tableau 3).

La traite du lait est peu pratiquée en pays Lobi de Côte d'Ivoire, seulement dans 25,8% des cas. Les parcs en général sont gardés dans les localités de Bouna et Doropo par les peulhs, dont le lait est le produit de base de consommation et de commercialisation. De plus, les vaches de race Baoulé sont de mauvaises laitières selon certains auteurs (2, 12, 14). Selon Hoffmann (6), la traite n'est pas refusée mais les éleveurs lobi y trouvent

de nombreux obstacles, l'indocilité des animaux, le parc trop boueux en saison des pluies. Quoiqu'il en soit dans le pays lobi, la production des animaux concerne l'abattage des bêtes pour des cérémonies rituelles et sacrificielles ou encore pour des funérailles, les dots et les festivités en relation avec la tradition mais sans prise en compte de critères zootechniques ou économiques. La vente des animaux sur pied tient donc une place prépondérante dans cette zone pour répondre à ces exigences culturelles (Tableau 6). Exceptés quelques éleveurs lobi qui ont dit pratiqué l'élevage à des fins commerciaux à Bouna et Doropo, les animaux sont utilisés également comme épargne pour avoir du numéraire lors des périodes de soudure, notamment dans la localité de Téhini. Les éleveurs lobi vendent aux commerçants démarcheurs et aux bouchers ou parfois à d'autres éleveurs. Ces ventes se font directement à la ferme car les éleveurs lobi ne maîtrisent pas les mécanismes propres à la commercialisation des produits d'élevage.

Contraintes relatives à la production et la commercialisation

Les contraintes sur la production dans la zone étudiée sont la maladie, l'alimentation, mais surtout le conflit entre agriculteurs et éleveurs. Le conflit agriculteur Lobi et éleveur Lobi ou Peulh est d'une grande importance dans la zone enquêtée. La recherche de la bonne herbe ou de points d'eau conduit souvent les animaux sur des parcelles cultivées où ils détruisent des cultures. Ce conflit a engendré la destruction de villages, des arrestations et même des morts d'hommes. En ce qui concerne la commercialisation des produits d'élevage, les marchés à bétail de Doropo et Bouna sont contrôlés par la communauté d'éleveurs peulhs. Les transactions au niveau de ces marchés se font avec une forte implication de courtiers dans la négociation et la garantie des transactions. Les courtiers gèrent les transactions entre les différents acteurs au niveau du marché. Ils assurent le rôle de commissaire priseur au niveau du marché en servant d'intermédiaire dans la transaction entre éleveurs et commerçants.

Au niveau du marché, l'éleveur confie ses animaux à un courtier qui se charge de trouver des acheteurs et de conduire les transactions. Le courtier est rémunéré de ce service à la vente de l'animal. Il reçoit 1000 FCFA par animal vendu de la part de l'éleveur et 2000 à 2500 FCFA de la part de l'acheteur. Quelquefois les courtiers servent également d'intermédiaires pour la recherche de camions de transport. Les acheteurs préfèrent presque exclusivement les zébus et les bovins métis Méré. Cette situation explique les méventes et les prix défavorables parfois dénoncés par les éleveurs lobi qui sont dus au délaissement des bovins trypanotolérants Baoulé qui souffrent de leur petit gabarit au profit des zébus et des bovins métis Méré.

Conclusion

La présente étude a montré que le bétail trypanotolérant Baoulé remplit plusieurs fonctions socio-économiques et socio-culturelles, lors des cérémonies matrimoniales et coutumières, ainsi que l'accumulation du capital pendant les périodes défavorables. Malheureusement, face à l'évolution du marché, cette race bovine souffre à tort de préjugé au sujet de sa faible productivité et donc sa rentabilité. Ceci pousse des éleveurs à effectuer des croisements avec des zébus et à investir pour la santé des animaux car la zone agro-écologique est propice aux maladies surtout à transmission vectorielle comme les trypanosomes auxquelles les zébus et les croisés zébu x taurin Baoulé sont plus sensibles que les taurins. Alors que les mauvaises performances du bovin Baoulé par rapport aux Zébus et du métis Méré pourraient trouver leur explication dans les modes de conduite des troupeaux encore traditionnelles. Au regard donc des potentialités certaines, de la grande utilité autre qu'économique et de la menace d'absorption de cette race taurine Baoulé, la définition d'importants axes de recherche et de développement pour la valorisation de cette ressource génétique locale s'impose.

Références bibliographiques

1. Aillerie R. E., 1926, L'élevage en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat Médecine Vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort. Paris, France. n°36, 70.
2. Bernardet P., 1981, Rapport de mission Centre National de Recherche Scientifique/MRS/CRZ. "Possibilités techniques et conditions sociales de développement de l'élevage", 30 décembre 1981, Paris, 57.
3. Bouyer J., 2006, Ecologie des glossines du Mouhoun au Burkina Faso: intérêt pour l'épidémiologie et le contrôle des trypanosomoses africaines, Université de Montpellier II, Montpellier, 204.
4. Courtin F., Jamonneau V., Duvallet G., Garcia A., Coulibaly B., Cuny G. & Solano P., 2008, Sleeping sickness in West Africa (1906-2006): Changes in spatial repartition and lessons from the past, Trop. Med. & Int. Health, 13, 1-11.
5. FAO, 2007. L'Etude prospective du secteur forestier en Afrique (FOSA), Abidjan, Côte d'Ivoire. 34. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/003/X6780F/X6780F00.pdf>
6. Hoffmann O., 1985, Pratiques pastorales et dynamique du couvert végétal en pays Lobi (Nord-Est de la Côte d'Ivoire) Edition de l'ORSTOM. Collection Travaux et Documents N0189, Paris, 353.
7. INS, 1998, RGPH 98, Vol. 3. Données socio-économiques des localités.
8. Lankoande Y.F., 2002, Développement des bovins trypanotolérants au Burkina Faso. Défis - potentialités - opportunités, Mémoire DEA U.P.B. (I.R.D.), 68.
9. Lictevout V. & Gauthier J., 1992, Etude pluridisciplinaire de l'élevage en pays Lobi: présentation générale et premiers résultats zootechniques. Rapport CRTA/CIRDES, Bobo-Dioulasso, 25.

10. Maillard J.C., Congo, Bassinga A. & Cuveillier J.F., 1992, Immunogénétique du taurin Baoulé en pays Lobi (Burkina Faso). 1. Environnement de cette population trypanotolérante, *Rev. Elevage Méd. Vét. des Pays Trop.*, 41, 63-68.
11. METEOSAT, 2012, L'Analyse des données climatiques.
12. Sokouri D.P. 2008, Caractérisation des populations de bovins domestiques (*Bos taurus* L et *Bos indicus* L) dans les systèmes d'élevage des régions Centre et Nord de la Côte d'Ivoire. Thèse Unique de Doctorat. Université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire), 119 p.
13. Sokouri D.P., Yapi-gnaoré C.V., N'Guetta A.S.P., Loukou N.E., Kouao B.J., Touré G., Sangaré A. & Kouassi A., 2009, Utilisation et gestion des races taurines locales sous la pression des croisements avec les zébus dans les régions Centre et Nord de la Côte d'Ivoire *J. Anim. & Plant Sci.*, 50, 2, 456-465.
14. Yapi-Gnaoré C.V., Oya B.A. & Ouattara Z., 1996, Revue de la situation des races d'animaux domestiques de Côte d'Ivoire, *Anim. Genet. Res. Inf.*, 19, 99-118.

B. Soro, Ivoirien, DEA, Université Félix Houphouët-Boigny, Unité de Formation et de Recherche Biosciences / Laboratoire de Génétique, Abidjan , Côte d'Ivoire.

D.P. Sokouri, Ivoirien, Doctorat, Maître Assistant , Université Félix Houphouët-Boigny, Unité de Formation et de Recherche Biosciences / Laboratoire de Génétique, Abidjan, Côte d'Ivoire.

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

A.S.P. N'Guetta, Ivoirien, PhD, Professeur, Université Felix Houphouët-Boigny, Unité de Formation et de Recherche Biosciences / Laboratoire de Génétique, Abidjan , Côte d'Ivoire.

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

Effets de l'association du compost et de la fumure minérale sur la productivité d'un système de culture à base de cotonnier et de maïs au Burkina Faso

B. Koulibaly^{1*}, D. Dakuo², A. Ouattara^{1,3}, O. Traoré⁴, F. Lompo⁵, P. N. Zombré⁶ & A. Yao-Kouamé⁷

Keywords: Compost- Mineral fertilizer- Cotton and maize rotation- Yields- Burkina Faso

Résumé

L'étude a été conduite en station de recherche, de 2008 à 2010, dans le but d'améliorer la productivité d'une rotation coton-maïs-coton par la fertilisation organo-minérale. Le dispositif statistique en split-plot, comportait cinq doses de compost (0, 2, 6, 9 et 12 t de matière sèche ha⁻¹), combinées à quatre doses d'engrais minéraux. Les caractéristiques physico-chimiques du sol, les rendements ainsi que la nutrition minérale du maïs et du cotonnier, ont été évalués. Les résultats montrent que les apports de compost n'ont pas eu d'effets significatifs sur les teneurs en carbone, alors qu'ils ont parfois amélioré significativement les teneurs en P assimilable et en K disponible des sols amendés. Les amendements en compost ont amélioré la nutrition minérale, qui a été correcte pour le cotonnier, en azote et potassium, mais déficiente en azote et en phosphore pour le maïs. Par rapport au sol témoin, les apports de compost associés aux engrais minéraux ont significativement accru les rendements, avec une meilleure efficacité pour la fumure minérale vulgarisée. L'application de 2 t.ha⁻¹ de compost par an a été aussi efficace que les fortes doses de compost en deuxième année, et plus efficace que celles-ci, en troisième année. Une économie sur la dose de la fumure minérale vulgarisée pourrait être envisagée, avec un apport annuel de 2 t.ha⁻¹ de compost pour la fertilisation organo-minérale, nécessaire au maintien de la productivité des systèmes coton-céréales.

Summary

Effects of the Association of Compost and Mineral Fertilizer on the Productivity of a Cotton-Maize cropping System in Burkina Faso

To improve the productivity of a cotton-maize rotation using organic and mineral fertilization, a study was carried out in experimental station from 2008 to 2010. Five levels of compost (0, 2, 6, 9 and 12 t of dry matter ha⁻¹) combined to four rate of mineral fertilizer were compared in splitplot statistical design. The physical and chemical characteristics of soil, crop yields, as well as the mineral nutrition of maize and cotton plants were evaluated. The results show that the content of assimilable P and available K was significantly improved in amended soils by compost which had no significant effect on the carbon content. In amended soils, compost improved plants nutrition which was correct in nitrogen and potassium for cotton and deficient in nitrogen and phosphorus for maize. Compared to control soil, compost combined to mineral fertilizers increased significantly yields with a better efficacy for the recommended mineral manure. The application of 2 t ha⁻¹ of compost per year was as effective as high doses of compost in the second year, and more effective than the latter in the third year. An economy on the recommended dose of mineral fertilizer could be considered, with an annual input of 2 t ha⁻¹ of compost to the mineral fertilizers necessary to maintain the productivity of the cotton-cereal cropping systems.

¹ Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

² Société Burkinabé des Fibres Textiles (SOFITEX), Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

³ INERA, Programme coton, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

⁴ Union Economique et Monétaire Ouest africaine (UEMOA), Ouagadougou, Burkina Faso.

⁵ INERA, Ouagadougou, Burkina Faso.

⁶ Université de Ouagadougou, (UFR/SVT), Laboratoire de biologie et écologie végétale, Ouagadougou, Burkina Faso.

⁷ Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Dép. des Sciences du Sol, Abidjan, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant: E-mail: bazoumana@hotmail.com

Introduction

Dans la zone soudano-sahélienne, la dégradation des sols cultivés constitue une des principales contraintes de l'agriculture dont dépend une forte proportion de la population (5, 16). Cette dégradation de la fertilité est très marquée, surtout dans les zones cotonnières du Burkina Faso, où la pauvreté en matière organique des sols entraîne une faible valorisation des engrais minéraux (10). Les pratiques extensives, basées sur l'exploitation minière des sols, sont rapportées par divers auteurs pour expliquer ce phénomène (18, 19). La fertilisation des cultures est principalement basée sur les engrais minéraux au détriment des amendements calco-magnésiens et organiques, qui sont pourtant indispensables pour la protection du complexe argilo-humique sur lequel repose le maintien de la fertilité des sols (4, 20). La satisfaction des besoins minéraux du cotonnier constitue un des facteurs déterminants de la production et de la qualité de la fibre (17). Divers travaux ont montré l'intérêt d'associer des fumures minérale et organique pour assurer une bonne nutrition des cultures, et, partant, une bonne production (10, 11). Le sous-dosage de l'application des intrants est considéré comme une stratégie paysanne de gestion des risques car il permet de limiter les coûts de production. Cette pratique est citée comme une des causes de la faible productivité en zone cotonnière. Selon Dakuo et al. (5) et Hauchart (9), elle concerne particulièrement les engrais minéraux, aux coûts prohibitifs, surtout lorsque des amendements organiques sont apportés au sol.

La présente étude évalue les effets d'une fertilisation organo-minérale à base de compost et d'engrais minéraux, sur les rendements et la nutrition minérale des cultures. Elle vise à déterminer les doses d'engrais minéraux à appliquer, en combinaison avec une fumure organique, pour améliorer les productions et maintenir durablement la fertilité des sols, dans un système de culture coton-maïs.

Matériel et méthodes

Site d'étude et matériel végétal

L'étude a été conduite pendant trois années, de 2008 à 2010, sur la station de recherches agricoles de Farako-bâ (4°20 Longitude W, 11°06 Latitude N, 405 m au dessus du niveau de la mer). Le climat est du type sud-soudanien, avec une saison pluvieuse allant de mai à octobre, et une saison sèche, de novembre à avril. Les pluviométries ont été de 1140 mm en 2008; 948 mm en 2009; et 1290 mm en 2010; réparties, respectivement, sur 40, 67 et 75 jours de pluie. Le matériel végétal comporte la variété de cotonnier FK 37, dont le cycle est de 150 jours, et le rendement potentiel; de 3,5 t.ha⁻¹ de coton-graine. Une variété améliorée de maïs FBC 6, d'un cycle de 110 jours, et d'un rendement potentiel de 3,5 t.ha⁻¹ de maïs grain, a été également utilisée. Ces deux variétés (FK 37 et FBC 6) ont été cultivées selon une rotation coton-maïs-coton.

Compost et engrais minéraux

Le compost utilisé a été obtenu par le recyclage des tiges de cotonnier, compostées en tas, durant 75 jours. Sur la base des résultats d'analyses chimiques réalisées au laboratoire, ce compost présentait des teneurs moyennes en carbone et en azote, respectives, de 490,74 (± 27,79) et 24,13 (± 4,52) g.kg⁻¹ de matière sèche. La valeur de pH eau de ce compost était de 6,37 (±0,09); et le rapport C/N de 21,05 (±4,76). Les teneurs en phosphore de 3,03 (±1,19) g.kg⁻¹ de matière sèche, en potassium de 4,43 (±1,99) g.kg⁻¹ de matière sèche et en soufre de 1,09 (± 0,25) g.kg⁻¹ de matière sèche, indiquaient la pauvreté du compost en ces éléments. La fertilisation minérale du cotonnier et du maïs a été assurée par l'engrais coton NPKSB, de formule 14-18-18-6S-1B, complété par l'urée [CO (NH₂)₂] titrant 46% d'azote.

Dispositif expérimental et conduite de l'étude

L'étude a été implantée après deux années de jachère naturelle, sur un sol ferrugineux tropical (lixisol) selon un dispositif statistique en split-plot, combinant cinq doses de compost à quatre doses d'engrais minéraux, suivant trois répétitions.

Les traitements principaux sont constitués de cinq doses de compost en matière sèche définies comme suit: F1= témoin sans compost; F2= 2 t.ha⁻¹ de compost par an; F3= 6 t.ha⁻¹ de compost, pour trois ans; F4= 9 t.ha⁻¹ de compost, pour trois ans et F5= 12 t.ha⁻¹ de compost, pour trois ans. Les traitements secondaires sont les quatre doses d'engrais minéraux suivantes :

T1= témoin, sans engrais minéraux, T2= 75 kg.ha⁻¹ de 14-18-18-6-1 à 15 jours après levée (jal)+ 50 kg.ha⁻¹ d'urée à 40 jal, T3= 100 kg.ha⁻¹ de 14-18-18-6-1 à 15 jal+ 50 kg.ha⁻¹ d'urée à 40 jal, T4= 150 kg.ha⁻¹ de 14-18-18-6-1 à 15 jal+ 50 kg.ha⁻¹ d'urée à 40 jal (fumure minérale vulgarisée).

En première année d'étude, en 2008, le sol a été labouré au tracteur à une profondeur moyenne de 25 cm, puis hersé. Il a été labouré par traction bovine (15 cm de profondeur) en deuxième et troisième années (2009 et 2010). Le compost, apporté en fonction des doses définies par les traitements principaux, a été incorporé au sol de 5 à 10 cm de profondeur, par un enfouissement manuel. La parcelle élémentaire était de 32 m² et comportait quatre lignes de 10 m de long, séparées de 0,80 m l'une de l'autre. Une superficie de 128 m² a été affectée à chaque parcelle principale. Le cotonnier et le maïs ont été semés en poquets, écartés de 0,40 m; puis démariés 15 jours après la levée, à deux pieds par poquet, pour ramener ces deux cultures à une densité théorique de 62.500 plants à l'hectare. Le cotonnier a été semé le 6 juillet 2008 et le 18 juillet 2010, respectivement, en première et troisième année d'étude, tandis que le maïs, a été implanté le 14 juillet 2009. La fertilisation minérale du cotonnier et du maïs a été réalisée selon les doses ci-avant définies par les traitements secondaires. Sur ces deux cultures, l'engrais coton (14-18-18-6S-1B) a été appliqué 15 jours après la levée, et l'urée, à 40 jours. La lutte contre les mauvaises herbes, sur ces deux cultures, a été réalisée par l'application d'herbicides

chimiques, complétés par des désherbages mécaniques. La protection phytosanitaire du cotonnier en 2008 et 2010, a été assurée par les insecticides vulgarisés en culture cotonnière.

Paramètres mesurés

A la mise en place de l'essai en 2008, des prélèvements de sol sur 0-20 cm de profondeur, ont été réalisés à la tarière en 12 points de sondage, qui ont été ensuite regroupés pour constituer un échantillon de sol composite. En 2009 et 2010, avant les semis du maïs et du cotonnier, 30 échantillons de sol composites ont été prélevés sur 0-20 cm, sur les cinq parcelles principales, répétées trois fois. Tous les échantillons de sol ont été broyés et tamisés à 2 mm pour analyser au laboratoire les caractéristiques physiques et chimiques. Au total, sur les cotonniers, 60 échantillons de feuilles, issus des parcelles secondaires, ont été prélevés au 70^e jour après les semis, pour évaluer les teneurs en azote, en phosphore et en potassium.

Le prélèvement sur le cotonnier concerne les feuilles situées sur le premier noeud d'une branche fructifère, à l'aisselle d'une fleur ouverte le jour du prélèvement. Sur le maïs, 60 échantillons de feuilles ont été prélevés à 60 jours après les semis, selon la méthode du diagnostic foliaire décrite par Loué (12). Les échantillons ainsi prélevés ont été séchés à l'étuve, à 70 °C, et broyés, pour déterminer les teneurs en azote, phosphore et potassium. Les échantillons de sol et de plantes ont été analysés au laboratoire du Bureau National des Sols du Burkina Faso. Les rendements des cultures ont été évalués par la récolte des deux lignes centrales de chacune des parcelles élémentaires.

Les données collectées ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA), à l'aide du logiciel XL STAT 2007. Le test de Fisher a été utilisé pour la comparaison des moyennes lorsque l'analyse de variance révèle des différences significatives entre les traitements, au seuil de probabilité de 5%.

Résultats

Evolution des caractéristiques physico-chimiques du sol

Les caractéristiques physiques et chimiques du sol ont peu évolué après les amendements en compost (Tableau 1). Avec une texture limoneuse à limono-sableuse, ce sol se caractérise par de relativement faibles teneurs en argile (196 g.kg^{-1}) et en limons (353 g.kg^{-1}), qui baissent légèrement en deuxième et en troisième années de culture. Dans le sol témoin, tout comme dans les sols amendés par des doses croissantes de compost, les teneurs en carbone et en azote, bien que statistiquement homogènes, ont baissé en deuxième et troisième année, avec des rapports C/N compris entre 10,5 et 12,6. En outre, ce sol a révélé de faibles teneurs en P total, P assimilable, K total et K disponible. Le P total du sol, dont la teneur initiale était de 128 mg.kg^{-1} , n'a pas été significativement influencé par les amendements en compost, qui, par contre, ont amélioré les teneurs en P assimilable et en K disponible par rapport au sol témoin sans compost (F1). En troisième année, les teneurs en P assimilable et le K disponible ont été améliorées de façon significative dans les amendés par les doses de compost. Le sol témoin et les sols amendés en compost étaient fortement acides, avec des valeurs de pH eau inférieures ou égales à 5,6. Les valeurs de pH KCl se situant autour de 4,2 dénotent une importante acidité de réserve pour ce sol (Tableau 1).

Effets du compost et des engrais minéraux sur la nutrition minérale du cotonnier et du maïs

Les teneurs en éléments minéraux des feuilles de cotonnier et de maïs, ont été statistiquement homogènes, les deux premières années après les apports de compost (Tableau 2). Il s'est produit, au bout de la première année, une amélioration des teneurs en azote et en potassium des feuilles de cotonnier, qui sont passées de 4,72 et 5,05% dans le sol témoin non amendé (F1); à, respectivement, 5,79 et 5,70%, dans le sol amendé par 12 t.ha^{-1} de compost (F5). Dans les sols amendés en compost ou non, la nutrition minérale du cotonnier a été

correcte pour l'azote et le potassium, alors qu'elle a été déficiente en phosphore, avec des teneurs inférieures à 0,3%. Les teneurs en N et P des feuilles de maïs ont été améliorées par le compost, mais se sont révélées déficientes (Tableau 2). A l'exception des sols amendés par 2 t.ha^{-1} de compost par an (F2) et par 6 t.ha^{-1} de compost, tous les trois ans (F3), la nutrition potassique du maïs a aussi été déficiente pour des teneurs inférieures à 2,5%.

La nutrition minérale du cotonnier et du maïs, notamment les teneurs en azote et en phosphore, ont été améliorées de façon significative par les doses croissantes d'engrais minéraux (Tableau 2). Par rapport au témoin, les engrais minéraux ont d'autant amélioré la nutrition minérale que les doses apportées étaient élevées.

Efficacité des doses de compost sur les rendements des cultures

Les apports de compost à 2 t.ha^{-1} par an (F2) et à 6, 9 et 12 t.ha^{-1} tous les trois ans, ont amélioré significativement les rendements du cotonnier et du maïs par rapport au sol témoin (F1) (Tableau 3). Après les amendements, l'augmentation des rendements en première année a été de 388 à 701 kg.ha^{-1} de coton graine, soit 34 à 65%, avec, respectivement, 2 et 9 t.ha^{-1} de compost. Des accroissements de rendement plus modérés, de 279 à 458 kg.ha^{-1} de maïs grain, ont été notés en deuxième année, sur les sols amendés, la dose de 2 t.ha^{-1} de compost par an (F2) se révélant aussi efficace que les fortes doses (6, 9 et 12 t.ha^{-1} de compost, tous les trois ans). La dose de 2 t.ha^{-1} de compost par an, qui a permis d'accroître de 414 kg.ha^{-1} , le rendement en coton graine, a été plus efficace que les fortes doses de compost, en troisième année. L'efficacité des fortes doses de compost (6, 9 et 12 t.ha^{-1}) sur les rendements était en moyenne de +57% en première année, contre seulement +22%, en troisième année.

Tableau 1
Evolution des caractéristiques physico-chimiques du sol (0-20 cm).

Années	Traitements	Argile	Limons	Sables	C	N	C/N	P tot	P ass	K tot	K disp	pH eau	pH KCl
		g kg ⁻¹			mg kg ⁻¹								
2008		196 ± 13	353 ± 14	451 ± 14	4,19 ± 0,25	0,38 ± 0,03	11,6 ± 1,4	128 ± 11	3,4 ± 0,8	1454 ± 74	64 ± 3	5,2 ± 0,2	4,2 ± 0,2
	F1	157 ± 28	333 ± 41	510 ± 71	4,16 ± 0,57	0,40 ± 0,04	10,5 ^b ± 1,0	123 ± 12	3,4 ± 1,3	1412 ± 161	75 ± 16	5,3 ^{ab} ± 0,2	4,1 ^{ab} ± 0,1
	F2	157 ± 14	314 ± 42	529 ± 28	4,92 ± 0,92	0,44 ± 0,09	11,2 ^{ab} ± 0,4	130 ± 17	4,1 ± 1,3	1452 ± 194	95 ± 21	5,6 ^a ± 0,4	4,6 ^a ± 0,5
	F3	167 ± 43	363 ± 42	470 ± 28	4,23 ± 0,27	0,35 ± 0,01	12,0 ^a ± 1,0	128 ± 14	4,3 ± 1,4	1457 ± 132	77 ± 5	5,3 ^{ab} ± 0,2	4,2 ^{ab} ± 0,2
	F4	177 ± 35	333 ± 43	490 ± 42	4,32 ± 0,65	0,37 ± 0,04	11,7 ^{ab} ± 0,7	120 ± 8	4,6 ± 1,0	1422 ± 153	71 ± 2	5,5 ^{ab} ± 0,2	4,3 ^{ab} ± 0,1
2010	F5	157 ± 42	314 ± 21	529 ± 50	4,60 ± 0,53	0,41 ± 0,04	11,3 ^{ab} ± 0,1	138 ± 21	4,5 ± 0,9	1567 ± 282	79 ± 5	5,2 ^b ± 0,1	4,0 ^b ± 0,1
	Probabilité (5%)	0,592	0,568	0,368	0,634	0,367	0,036	0,635	0,924	0,856	0,661	0,048	0,039
	Signification	(ns)	(ns)	(ns)	(ns)	(ns)	(s)	(ns)	(ns)	(ns)	(ns)	(s)	(s)
	F1	177 ± 42	372 ± 28	451 ± 14	3,77 ± 0,62	0,35 ± 0,01	10,8 ± 2,1	118 ± 5	2,4 ^b ± 0,1	1387 ± 161	66 ^b ± 5	5,6 ± 0,1	4,3 ± 0,1
	F2	196 ± 55	353 ± 28	451 ± 28	4,62 ± 0,68	0,39 ± 0,01	11,8 ± 1,8	118 ± 2	3,9 ^a ± 0,1	1459 ± 170	118 ^a ± 38	5,6 ± 0,2	4,4 ± 0,2
	F3	176 ± 42	353 ± 28	471 ± 28	4,17 ± 0,28	0,35 ± 0,02	11,8 ± 0,1	126 ± 21	3,2 ^{ab} ± 0,3	1410 ± 150	91 ^{ab} ± 7	5,4 ± 0,2	4,2 ± 0,2
	F4	176 ± 28	353 ± 42	471 ± 14	4,30 ± 0,27	0,36 ± 0,03	12,1 ± 0,3	140 ± 3	3,6 ^a ± 0,6	1432 ± 216	89 ^{ab} ± 9	5,5 ± 0,1	4,2 ± 0,2
	F5	157 ± 55	372 ± 43	471 ± 14	4,49 ± 0,79	0,35 ± 0,04	12,6 ± 1,4	128 ± 7	3,2 ^{ab} ± 0,2	1485 ± 133	86 ^{ab} ± 11	5,4 ± 0,1	4,3 ± 0,1
	Probabilité (5%)	0,162	0,376	0,340	0,589	0,337	0,689	0,468	0,006	0,327	0,024	0,421	0,841
	Signification	(ns)	(ns)	(ns)	(ns)	(ns)	(ns)	(ns)	(s)	(s)	(s)	(ns)	(ns)

P tot = Phosphore total - P ass. = Phosphore assimilable ; K tot = Potassium total - K disp = Potassium disponible.

F1 = Témoïn sans compost ; F2 = 2 t ha⁻¹ de compost par an ; F3 = 6 t ha⁻¹ de compost, pour trois ans ; F4 = 9 t ha⁻¹ de compost, pour trois ans et F5 = 12 t ha⁻¹ de compost, pour trois ans. ns: non significatif, s: significatif.

Les valeurs suivies de la même lettre dans chaque colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité 5% selon le test de Fisher ; les valeurs précédées du signe ± représentent les écarts types, nombre de répétitions = 3.

Tableau 2

Teneurs en azote, phosphore et potassium des feuilles de cotonnier (70 jours) et de maïs (60 jours).

Doses de compost	Cotonnier (2008)			Maïs (2009)		
	N	P	K	N	P	K
	% (ms)					
F1- (sans compost)	4,72 ± 0,95	0,22 ± 0,03	5,05 ± 0,28	1,94 ± 0,11	0,40 ± 0,08	2,39 ± 0,10
F2- compost (2 t ha ⁻¹ /an)	4,78 ± 0,62	0,22 ± 0,04	5,48 ± 0,50	2,27 ± 0,24	0,49 ± 0,06	2,66 ± 0,11
F3 - compost (6 t ha ⁻¹ /3ans)	5,20 ± 0,49	0,22 ± 0,01	5,43 ± 0,65	2,32 ± 0,12	0,48 ± 0,05	2,59 ± 0,12
F4- compost (9 t ha ⁻¹ /3ans)	5,09 ± 0,80	0,25 ± 0,06	5,30 ± 0,68	1,99 ± 0,24	0,44 ± 0,05	2,45 ± 0,19
F5 - compost (12 t ha ⁻¹ /3ans)	5,79 ± 0,66	0,24 ± 0,01	5,70 ± 0,84	2,11 ± 0,37	0,47 ± 0,08	2,42 ± 0,27
Probabilité (5%)	0,276 (ns)	0,683 (ns)	0,668 (ns)	0,871 (ns)	0,672 (ns)	0,338 (ns)
Doses d'engrais minéraux						
T1 - Témoin sans engrais	4,66 ^b ± 0,86	0,22 ^{ab} ± 0,02	5,52 ^a ± 0,38	1,86 ^a ± 0,21	0,38 ^c ± 0,03	2,29 ^b ± 0,31
T2- 75 kg ha ⁻¹ 14-18-18-6-1 + 25 kg ha ⁻¹ d'urée	4,68 ^b ± 0,50	0,21 ^b ± 0,02	5,41 ^a ± 0,98	1,97 ^a ± 0,22	0,42 ^{bc} ± 0,06	2,40 ^{ab} ± 0,16
T3 -100 kg ha ⁻¹ 14-18-18-6-1 + 50 kg ha ⁻¹ d'urée	5,29 ^{ab} ± 0,59	0,25 ^a ± 0,05	5,33 ^a ± 0,52	2,08 ^a ± 0,32	0,43 ^{ab} ± 0,08	2,44 ^{ab} ± 0,20
T4- 150 kg ha ⁻¹ 14-18-18-6-1 + 50 kg ha ⁻¹ d'urée	5,83 ^a ± 0,41	0,25 ^{ab} ± 0,02	5,30 ^a ± 0,52	2,09 ^a ± 0,26	0,48 ^a ± 0,06	2,54 ^a ± 0,18
Probabilité (5%)	0,023 (s)	0,033 (s)	0,946 (ns)	0,167 (ns)	0,005 (s)	0,015 (s)

N= teneur en azote ; P= teneur en phosphore ; K= teneur en potassium (exprimées en % de matière sèche) ; ns : non significatif, au seuil de probabilité de 5% selon le test de Fisher.

Les valeurs précédées du signe ± représentent les écarts types, nombre de répétitions = 3.

Tableau 3

Rendements en coton graine et maïs grain selon les doses de compost dans la rotation coton-maïs-coton.

Traitements principaux (Doses de compost)	Rendements		
	Coton graine (2008)	Maïs grain (2009)	Coton graine (2010)
	kg ha ⁻¹		
F1 - (Témoin sans compost)	1132 ^b ± 352	1176 ^b ± 306	624 ^b ± 177
F2- compost (2 t ha ⁻¹ /an)	1520 ^a ± 296	1588 ^a ± 426	1038 ^a ± 213
F3 - compost (6 t ha ⁻¹ /3 ans)	1714 ^a ± 489	1634 ^a ± 312	749 ^{ab} ± 253
F4- compost (9 t ha ⁻¹ /3 ans)	1833 ^a ± 617	1535 ^a ± 480	773 ^{ab} ± 386
F5 - compost (12 t ha ⁻¹ /3 ans)	1770 ^a ± 355	1455 ^{ab} ± 253	764 ^{ab} ± 257
Probabilité (5%)	0,036	0,004	0,016
Signification	s	s	s

s= significatif. Les valeurs suivies de la même lettre dans chaque colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité 5% selon le test de Fisher ; les valeurs précédées du signe ± représentent les écarts types, nombre de répétitions = 3.

Tableau 4

Rendements en coton graine et maïs grain selon les doses d'engrais minéraux.

Traitements secondaires (Doses d'engrais minéraux)	Rendements		
	Coton graine (2008)	Maïs grain (2009)	Coton graine (2010)
	kg ha ⁻¹		
T1- Témoin sans engrais	1286 ^b ± 426	1138 ^b ± 240	575 ^b ± 202
T2- 75 kg ha ⁻¹ 14-18-18-6-1 + 25 kg ha ⁻¹ d'urée	1604 ^{ab} ± 470	1357 ^b ± 274	780 ^{ab} ± 271
T3 -100 kg ha ⁻¹ 14-18-18-6-1 + 50 kg ha ⁻¹ d'urée	1770 ^a ± 534	1706 ^a ± 357	790 ^{ab} ± 262
T4- 150 kg ha ⁻¹ 14-18-18-6-1 + 50 kg ha ⁻¹ d'urée	1715 ^a ± 436	1709 ^a ± 336	950 ^a ± 281
Doses d'engrais minéraux	0,004 (s)	0,012 (s)	0,014 (s)
Probabilité (5%)			
Inter. compost x engrais minéraux	0,030 (s)	0,027 (s)	0,997 (ns)

ns= non significatif, s = significatif, Inter. = interaction.

Les valeurs suivies de la même lettre dans chaque colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité 5% selon le test de Fisher, les valeurs précédées du signe ± représentent les écarts types, nombre de répétitions = 3.

Effets des doses de fumures minérales sur les rendements

Sur les sols amendés ou non en compost, les doses d'engrais minéraux apportés ont permis d'accroître les rendements du cotonnier et du maïs par rapport au témoin sans engrais (Tableau 4). L'accroissement des rendements par les engrais minéraux a été de 484 kg.ha⁻¹ de coton graine sur le cotonnier, et de 571 kg.ha⁻¹ de maïs grain sur le maïs. Par rapport au témoin sans engrais (T1), la plus faible dose d'engrais minéraux (75 kg.ha⁻¹ NPKSB +25 kg.ha⁻¹ d'urée), a permis des suppléments de production de 205 à 318 kg.ha⁻¹ de coton graine et de 219 kg.ha⁻¹ de maïs grain.

Cette dose, par rapport à la fumure minérale vulgarisée (T4), entraîne des baisses de rendement de 21% et 18%, respectivement, sur le maïs et le cotonnier, en deuxième et troisième années de rotation. L'apport de 100 kg.ha⁻¹ de NPKSB et de 50 kg.ha⁻¹ d'urée (T3), présente, sur les rendements, une efficacité statistiquement équivalente à celle de la fumure minérale vulgarisée (T4).

Effets de l'interaction entre les doses de compost et les doses d'engrais minéraux sur les rendements

Selon l'analyse de variance (Tableau 4), l'interaction entre les doses de compost et les doses d'engrais minéraux a été significative sur les rendements des cultures en première année ($p=0,030$) et en deuxième année ($p=0,025$). En revanche, cette interaction s'est révélée non significative en troisième année ($p=0,997$). Pendant les deux premières années (2008 et 2009), les rendements ont été significativement améliorés par les plus fortes doses de compost (6 à 12 t.ha⁻¹) combinées aux doses croissantes d'engrais minéraux. L'efficacité des doses d'engrais minéraux sur les rendements est d'autant améliorée en première et deuxième année, que les doses initiales de compost appliqué sont fortes. Bien que l'interaction entre les doses de compost et les doses d'engrais minéraux soit non significative en troisième année (2010), la dose annuelle de 2 t.ha⁻¹ de compost (F2) a été plus efficace sur les rendements.

Discussion

En trois années, les caractéristiques physico-chimiques des sols ont peu évolué sous les différentes doses de fumures minérales et organiques, ce qui confirme la difficulté de mettre évidence les modifications, souvent lentes, de ces paramètres (1, 20). Les amendements en compost n'ont pas eu d'effets significatifs sur les teneurs en carbone dans la couche 0-20 cm du sol. Cette difficulté à rehausser, en profondeur, la teneur en carbone du sol, dénote une faible séquestration du carbone en zone tropicale (8, 21), attribuée aux pertes intenses par minéralisation de la matière organique. De plus, divers travaux sur les restitutions organiques au Burkina Faso (5, 15, 16), rapportent que l'incorporation au hersage du compost, généralement, pratiquée, limite son efficacité dans la couche superficielle du sol. Par ailleurs, les rapports C/N, compris entre 10,5 et 12,6 dans ces sols, indiquent une vitesse de minéralisation normale de la matière organique (3, 16), qui conduit à une baisse du taux de carbone. Les amendements en compost n'ont pas influencé le P total, mais ils ont amélioré le P assimilable ainsi que le K disponible, ce qui pourrait résulter de l'amélioration des propriétés chimiques du sol par une meilleure rétention des nutriments pour l'alimentation des cultures (2, 22). L'acidité du sol, qui est restée élevée, même après les apports de compost, suggère le recours à des amendements calco-magnésiens pour corriger le pH (7). Dans les sols amendés en compost ou non, la nutrition minérale du cotonnier a été satisfaite pour l'azote et le potassium, contrairement à la nutrition phosphatée qui était déficiente, avec des teneurs inférieures au seuil de 0,3% (13).

L'amélioration de la nutrition minérale du cotonnier et du maïs après les apports de compost, confirme l'amélioration des propriétés du sol par cet amendement, qui peut servir de nutriment pour les cultures (6).

Les amendements en compost, même à fortes doses (9 et 12 t.ha⁻¹), n'ont cependant pas empêché la déficience en phosphore sur le cotonnier, ni les déficiences en azote, en phosphore et en potassium sur le maïs (12).

Ces déficiences nutritionnelles sur les cultures, traduisent le déficit des nutriments apportés par les doses de fumure minérale, souvent réduites, qui ont été associées au compost, dont la seule minéralisation ne permet pas de satisfaire les besoins minéraux des cultures (6, 11). Les résultats ont montré que l'apport de compost, même à faible dose, a un effet positif sur les rendements des cultures. Les plus fortes doses de compost ont permis d'obtenir les meilleurs rendements en première année d'application; ce qui montre que l'efficacité du compost est proportionnelle à la dose initiale apportée (2, 18). En ce qui concerne les rendements, l'efficacité des doses de compost a baissé surtout, en troisième année, au cours de laquelle, elle a été réduite de moitié, à cause du processus de minéralisation de la matière organique, très intense en zone tropicale (21). Comparativement aux fortes doses de compost (6, 9 et 12 t.ha⁻¹), qui ont été appliquées seulement en première année d'étude, l'apport d'une dose de compost de 2 t.ha⁻¹ chaque année s'est révélé plus efficace en troisième année, du fait du renouvellement du stock de matière organique, qui stimule les propriétés bio-physico-chimiques du sol, favorables aux rendements (8).

Cela suggère que la minéralisation de ces fortes doses de compost s'est faite de façon rapide, surtout durant les deux premières années, et, pourrait expliquer leur faible efficacité sur les rendements en troisième année, marquée par une mauvaise répartition pluviométrique avec des poches de sécheresse alternées d'excès d'eau. L'effet positif sur le rendement des fortes doses de compost (6, 9 et 12 t.ha⁻¹) n'a pratiquement pas dépassé deux années après leur application; ce qui devrait correspondre à leur durée d'action (14).

L'efficacité de la fertilisation minérale a été mise en évidence par l'accroissement des rendements qu'elle permet d'obtenir, quelles que soient les doses de compost considérées. Les gains de rendement sont proportionnels aux quantités d'engrais minéraux. Cela signifie que toute réduction de la dose d'engrais entraîne une baisse de rendement d'autant plus importante que la dose appliquée est plus faible. L'accroissement des rendements par la fertilisation minérale dénote une

bonne réponse du sol aux engrais minéraux, surtout après les amendements organiques (4, 18). De ce fait, les interactions positives notées sur les rendements durant les deux premières années traduisent une meilleure efficacité des engrais minéraux après les amendements organiques par le compost. La réduction des doses correspondant au sous-dosage des engrais minéraux, souvent pratiqué par les paysans, serait la cause des faibles rendements, surtout en zone cotonnière (5, 14). Après des amendements en compost, à défaut d'appliquer la fumure minérale vulgarisée (T4), la dose de 100 kg.ha⁻¹ d'engrais coton, complétés par 50 kg.ha⁻¹ d'urée (T3), pourrait être utilisée en raison de son efficacité sur le rendement, et de l'économie de 50 kg.ha⁻¹ d'engrais coton qu'elle permet.

Conclusion

L'étude a montré que les amendements en compost permettent d'améliorer les niveaux de P assimilable et de K disponible, sans, pour autant, atténuer significativement l'acidité dans les sols amendés. Dès lors, il apparaît nécessaire de recourir à des amendements calco-magnésiens pour gérer durablement la fertilité de ces sols. Les apports de compost bien qu'améliorant la nutrition minérale du cotonnier et du maïs, doivent être associés à une dose de fumure minérale appropriée. Il est envisageable d'utiliser 100 kg.ha⁻¹ d'engrais coton et 50 kg.ha⁻¹ d'urée, même si les amendements en compost ne justifient pas, à priori, une réduction de la dose de fertilisation minérale recommandée. La durée de l'effet de l'application d'une dose unique allant de 6 à 12 t.ha⁻¹ de compost sur les rendements dépasse à peine deux années, même pour les plus fortes doses de compost, rarement disponibles en milieu paysan. C'est pourquoi, l'étude recommande de privilégier des apports de 2 t.ha⁻¹ de fumure organique, chaque année, et suggère d'établir un bilan minéral pour évaluer, à travers des tests multi-locaux, la pertinence d'une telle pratique sur la gestion durable de la fertilité du sol.

Remerciements

Les auteurs remercient vivement l'Association Interprofessionnelle du Coton du Burkina Faso (AICB) et le Projet d'Appui à la Filière Coton Textile (PAFICOT), pour leur contribution au financement de ce travail.

Références bibliographiques

1. Agoumé V. & Birang A.M., 2009, Impact of land-use systems on some physical and chemical soil properties of an oxisol in the humid forest zone of southern Cameroon, *Tropicultura*, 27, 1, 15-20.
2. Annabi M., Bahri H. & Latiri K., 2009, Statut organique et respiration microbienne des sols du nord de la Tunisie, *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 2009, 13, 3, 401-408.
3. Arrouays D., Jolivet C., Boulonne L, Bodineau G., Ratié C., Saby N. & Grolleau E., 2003, Le réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS) de France, *Et. Gestion Sols*, 10, 4, 241-250.
4. Berger M., Bélem P.C., Dakouo D. & Hien V., 1987, Le maintien de la fertilité des sols dans l'Ouest du Burkina Faso et la nécessité de l'association agriculture-élevage, *Cot. Fib. Trop.*, 42, 3, 201-211.
5. Dakuo D., Koulibaly B., Tiahoun C. & Lompo F., 2011, Effet de l'inoculum «Compost plus» sur le compostage des tiges de cotonnier et les rendements en coton au Burkina Faso, *Agron. Afr.*, 23, 1, 69-78.
6. Elherradi E., Soudi B. & Elkacemi K., 2003, Evaluation de la minéralisation de l'azote de deux sols amendés avec un compost d'ordures ménagères. *Et. Gestion Sols*, 10, 3, 139-154.
7. Fabre B. & Kockmann F., 2002, La pratique du chaulage. De la construction du référentiel régional à la démarche de conseil en exploitation. *Et. Gestion Sols*, 9, 3, 213-224.
8. Feller C., Albrecht A., Blanchart E., Cabidoche Y.M., Chevallier T., Hartmann C., Eschenbrenner V., Larré-Larrouy M.C. & Ndandou J.F., 2001, Soil organic carbon sequestration in tropical areas. General considerations and analysis of some edaphic determinants for lesser Antilles soils, *Nutr. Cycles Agroecosyst.*, 61, 19-31.
9. Hauchart V., 2006, Le coton dans le Mouhoun (Burkina Faso), un facteur de modernisation agricole : perspectives de développement? *Agric.*, 15, 3, 285-291.
10. Koulibaly B., Traoré O., Dakuo D., Zombré P.N. & Bondé D., 2010, Effets de la gestion des résidus de récolte sur les rendements et les bilans culturaux d'une rotation cotonnier-maïs-sorgho au Burkina Faso, *Tropicultura*, 28, 3, 184-189.
11. Lompo F., Segda Z., Gnankambary Z. & Ouandaogo N., 2009, Influence des phosphates naturels sur la qualité et la biodégradation d'un compost de pailles de maïs, *Tropicultura*, 27, 2, 105-109.
12. Loué A., 1984, Méthode de contrôle de la nutrition minérale du maïs. In: Martin-Prevel P., Gagnard J., Gautier P. (Ed). *L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales. Techniques et documentation*, Lavoisier. Paris, pp. 598-631.
13. Olin Bassala J.P., M'Biandoun M., Ekorong J.A. & Asfom P., 2008, Evolution de la fertilité des sols dans un système cotonnier céréales au Nord Cameroun : diagnostic et perspectives. *Tropicultura*, 26, 4, 240-245.
14. Ouattara B., Ouattara K., Serpenté G., Mando A., Sédogo M.P. & Bationo A., 2006, Intensity cultivation induced effects on soil organic carbon dynamic in the western cotton area of Burkina Faso, *Nutr. Cycles Agroecosyst.*, 76, 331-339.
15. Ouattara A., 2011, Etude de l'association de la fumure minérale au compost dans une rotation coton-maïs. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, Option agronomie. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB), 52.
16. Pallo F.J.P., Sawadogo N., Zombré N.P. & Sédogo P.M., 2009, Statut de la matière organique des sols de la zone nord soudanienne au Burkina Faso, *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 13, 1, 139-142.

17. Pettigrew W.T. & Meredith W.R., 2009, Seed quality and planting date effects on cotton lint yield, yield components, and fiber quality, *J. Cotton Sci.*, 13, 37–47.
18. Sawadogo H., Bock L., Lacroix D. & Zombré N.P., 2008, Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso), *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 12, 3, 279- 290.
19. Schipper L.A. & Sparling G.P., 2000, Performance of soil condition indicators across taxonomic groups and land uses, *Soil Sci. Soc. of Ame. J.*, 64, 300-311.
20. Shepherd G., Bureh R.J. & Gregory P.J., 2000, Land use affects the distribution of soil inorganic nitrogen in smallholder production systems in Kenya, *Biol. Fertil. Soils*, 31, 348-355.
21. Vagen T.-G., Lal R. & Singh B.R., 2005, Soil carbon sequestration in sub-saharan africa: a review, *Land Degrad. Develop.*, 16, 53–71.
22. Weil R.R. & Magdoff F., 2004, Significance of soil organic matter to soil quality and health, pp 1-43, in: F. Magdoff & R.R. Weil, *Soil organic matter in sustainable agriculture*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 405 .

B. Koulibaly, Burkinabè, PhD, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Chef de Programme coton, Chargé de Recherche, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

D. Dakuo, Burkinabè, PhD, Société Burkinabé des Fibres Textiles (SOFITEX), Directeur du développement de la production cotonnière, Chargé de Recherche, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

A. Ouattara, Burkinabè, DEA, chercheur à l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Programme coton, Burkina Faso.

O. Traoré, Burkinabè, PhD, Maître de recherche, Expert Agronome, Union Economique et Monétaire Ouest africaine (UEMOA), Ouagadougou, Burkina Faso.

F. Lompo, Burkinabè, PhD, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Directeur de Recherche, Directeur, Ouagadougou, Burkina Faso.

Prosper N. Zombré, Burkinabè, PhD, Professeur Titulaire, Université de Ouagadougou, Laboratoire de biologie et écologie végétale, Unité de formation des sciences de la vie et de la terre (UFR/SVT), Ouagadougou, Burkina Faso.

A. Yao-Kouamé, Ivoirien, PhD, Professeur Titulaire, Université Félix Houphouët-Boigny, Département des Sciences du Sol, UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Germination et croissance de quatre espèces de Combretaceae en pépinière

A. Amani^{1,2*}, M.M. Inoussa¹, I. Dan Guimbo³, A. Mahamane^{1, 4}, M. Saadou^{1,4} & A.M. Lykke⁵

Keywords: Combretaceae- Growth- Germination- Nursery- Niger

Résumé

Des essais sur la germination et la croissance juvénile ont été conduits sur quatre espèces communes de Combretaceae (*Combretum glutinosum*, *Combretum micranthum*, *Combretum nigrians* et *Guiera senegalensis*) au Niger. L'objectif de l'étude est de déterminer le taux de germination et la croissance dans les cent premiers jours en pépinière. Selon les espèces, un taux de germination de 70-100% a été obtenu pour une durée de germination de 9 à 18 jours. *Guiera senegalensis* a enregistré la meilleure croissance sur l'ensemble des paramètres suivis (hauteur, diamètre au collet, biomasse foliaire, nombre de rameaux). La hauteur moyenne la plus faible a été observée au niveau de *Combretum glutinosum*. Aucune différence significative n'a été observée entre la hauteur de *Combretum micranthum* et celle de *Combretum nigricans*. Les diamètres des plants de *Combretum glutinosum*, *Combretum micranthum* et *Combretum nigricans* ont été statistiquement identiques. Les biomasses foliaires de *Combretum micranthum* et *Combretum nigricans* ont été les plus faibles. Enfin, les plants de *Combretum glutinosum* et *Combretum nigricans* n'ont pas émis de rameaux. Ainsi des plants transplantables des quatre espèces peuvent être produits en pépinière après 4-5 mois et être utilisés en plantation.

Summary

Germination and Growth of Four Species of Combretaceae in Nursery

Tests on the germination and early growth were conducted on four common Combretaceae species (*Combretum glutinosum*, *Combretum micranthum*, *Combretum nigrians* et *Guiera senegalensis*) in Niger. The aim of the study is to assess germination rate and growth during the first hundred days after sowing. Depending on the species, a germination rate of 70-100% has been obtained for a germination period of 9 to 18 days. *Guiera senegalensis* had the best growth for all monitored parameters (height, collar diameter, leaf biomass, number of branches). The lowest average height was found for *Combretum glutinosum*. No significant differences were observed between height of *Combretum micranthum* and *Combretum nigricans*. The seedling diameter of *Combretum glutinosum*, *Combretum micranthum* and *Combretum nigricans* were statistically similar. Foliar biomass of *Combretum micranthum* and *Combretum nigricans* were the lowest. Finally, seedlings of *Combretum glutinosum* and *Combretum nigricans* did not produce branches. Transplantable seedlings of the four species can be produced in nurseries after 4-5 months and used in plantations.

¹Université AbdouMoumouni de Niamey, Faculté des Sciences et Techniques, Niamey, Niger.

²Institut National de la Recherche Agronomique du Niger, Niamey, Niger.

³Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté d'Agronomie, Niamey, Niger.

⁴Université de Maradi Faculté des sciences, Maradi, Niger.

⁵Aarhus University, Department of Bioscience, Vejløvej, Silkeborg, Denmark.

*Auteur correspondant: Email: amaniabdou19@yahoo.fr

Reçu le 02.06.14 et accepté pour publication le 15.09.14.

Introduction

La maîtrise de la régénération des espèces ligneuses locales constitue la clé de voûte pour une gestion durable des types de végétations arides et semi arides en Afrique de l'Ouest. Ces formations sont soumises aux effets conjugués du climat et des activités humaines entraînant une dégradation de plus en plus croissante des écosystèmes. Cette dégradation, fragilise le capital productif en hypothéquant les principales fonctions vitales des ressources naturelles pour la population locale (8, 15).

Dans les formations végétales sahéliennes, la famille des Combretaceae est la plus représentée avec des espèces comme *Combretum glutinosum* Perr ex DC, *Combretum micranthum* G.DON, *Combretum nigricans* Lepr ex Guill et Perrot, et *Guiera senegalensis* J.F.Gmel. Ces quatre espèces constituent un matériel de choix dans la vie quotidienne des populations rurales. Outre qu'elles sont les plus adaptées aux conditions écologiques, elles fournissent 80 à 95% de bois énergie (12). Elles sont utilisées dans l'alimentation du bétail, la pharmacopée traditionnelle, l'amélioration de la fertilité des sols cultivés et la construction des hangars, des greniers et des cases (2). Cependant, malgré leur importance socio-écologique, ces espèces ne sont pas utilisées dans les opérations de reboisement au Niger. En effet, les premiers reboisements avaient privilégié l'utilisation des espèces introduites telles que *Prosopis juliflora* (Sw) DC. et *Eucalyptus camaldulensis* Dehn (11). On attribue à ces dernières à tort ou à raison l'avantage d'avoir une croissance rapide en occultant la question relative à leur adaptation durable au milieu. Mais ces dernières années, des espèces locales sont de plus en plus utilisées en lieu et place des espèces introduites (22). Cependant, le choix de ces espèces locales dans la restauration des terres ne tient pas compte des espèces caractéristiques des milieux que l'on veut restaurer. Cette situation s'explique en grande partie par l'absence de maîtrise de leur culture en pépinière. En effet, la plupart des études portant sur ces espèces ont été focalisées sur la multiplication végétative (6, 12, 14, 18, 19).

L'objectif général de cette étude est d'évaluer la germination et la croissance en pépinière des plantules de quatre espèces de Combretaceae dans des conditions arides au Niger. Les objectifs spécifiques sont de déterminer le taux de germination des graines et décrire la croissance en hauteur et en diamètre des plants ainsi que leur biomasse foliaire et leur nombre de rameaux jusqu'au terme de leur séjour en pépinière.

Matériel et méthodes

Site d'essai

L'essai a été conduit d'avril à août 2011 dans la pépinière du Centre Régional de la Recherche Agronomique (CERRA) de Niamey (13°29'13"Nord, 2°07'54"Est, 7 m d'altitude). Le climat est de type sud-sahélien (21) et est caractérisé par l'alternance d'une saison sèche (octobre à mai) à une saison pluvieuse (juin à septembre) avec un indice pluviométrique compris entre 400 et 600 mm.

Semences

Les fruits des quatre espèces étudiées *Combretum glutinosum* (C. glutinosum), *Combretum micranthum* (C. micranthum), *Combretum nigricans* (C. nigricans) et *Guiera senegalensis* (G. senegalensis) ont été récoltés en avril sur des semenciers sains et vigoureux dans deux formations végétales dont les caractéristiques géomorphologiques et physiologiques sont proches de celles du milieu de transplantation des futurs plants.

Ces deux formations sont soumises au climat sud sahélien :

- 1) la formation forestière de Tientergou située à 60 km au sud ouest de Niamey. C'est une formation contractée appartenant à la catégorie des structures ponctuées ou mouchetées (3);
- 2) la station forestière expérimentale de N'Dounga. Elle est située à 30 km au sud-est de Niamey dans la Forêt Classée de Guesselbodi. Afin de protéger les semences contre les attaques d'insectes et maintenir leur capacité germinative avant le semis, les fruits sains ont été triés puis emballés dans des sachets. Ils sont ainsi conservés sur une étagère à la température ambiante de 35 °C une semaine avant l'extraction des graines.

La préparation des semences de *G. senegalensis* a consisté seulement à les débarrasser d'impuretés. L'extraction des semences de *C. nigricans* a nécessité le concassage des akènes au moyen d'un marteau et d'une pierre à cause de la dureté de la coque. Les semences des *C. glutinosum* et *C. micranthum* ont été extraites par décorticage manuel. Pendant l'extraction, un tri rigoureux a permis de séparer les graines bien conformes des brisures. Les impuretés (graines malades ou rongées, débris et insectes) ont ensuite été enlevées par vannage puis manuellement. Après l'extraction, les graines déjà séchées ont été mises dans des sachets et étiquetées avant d'être conservées à 4 °C dans un incubateur. A cette température le pouvoir germinatif des graines de la plupart des graines des espèces ligneuses tropicales peut être conservé pendant plus de 4 ans (20).

Germination

Un prétraitement des semences à l'eau froide a d'abord été réalisé. Il a consisté à tremper 30 graines de chaque espèce dans de l'eau froide puis les y laisser pendant 24 h. Ce prétraitement a été effectué dans une proportion de 4 volumes d'eau pour 1 volume de graines (20). Après le prétraitement, le test a été réalisé dans des petits seaux servant de germoirs contenant comme substrat du sable de rivière. Les graines ont été semées à une profondeur égale à 1 à 2 fois leur diamètre (7, 10).

Les paramètres observés étaient la durée d'attente, la durée de germination et le nombre de graines germées. Le relevé de germination a été effectué pendant un mois en comptant systématiquement chaque jour les graines ayant germé pour calculer le taux de germination. Ce dernier est défini comme le rapport entre le nombre de graines germées (G) et le nombre de graines semées (N) (9, 17). La durée d'attente est définie comme le temps écoulé entre le semis et la première germination, et la durée de germination comme le délai entre la première et la dernière germination (1). Dans le cadre de ce travail, une graine est dite germée-levée lorsque les deux feuilles cotylédonaire apparaissent à la surface du substrat (Figure 1).

Croissance

Pour suivre la croissance des plants des 4 espèces de Combretaceae, nous avons installé un plan expérimental entièrement randomisé (PER) comportant 4 espèces: *C. glutinosum*, *C. micranthum*, *C. nigricans* et *G. senegalensis* en 40 répétitions. Le dispositif comprenait ainsi 40 pots en plastique par espèce soit au total 160 pots. Le pot est constitué par un sachet en polyéthylène noir de 20 cm de haut et de 10 cm de diamètre. Le choix de ce dispositif qui n'est approprié que pour les expériences ayant des unités expérimentales homogènes (13) se fonde sur l'hypothèse que le substrat que contenaient les pots est homogène. Le substrat utilisé est composé de 2/3 du sable et 1/3 du fumier. Outre le dispositif expérimental, un effectif de 1.250 pots par espèce ont été remplis et disposés en planche de 500 unités. Les plants produits sont destinés à reboiser des sites dégradés. Les graines, déjà prétraitées à l'eau froide pendant 24 h, ont été semées dans ces pots disposés en planche (Figure 1). Le nombre de graines à semer par pot dépend du taux de germination (7). Nous avons semé deux graines de *G. senegalensis* par pot et une graine pour *C. nigricans*, *C. micranthum* et *C. glutinosum*. Toutefois, un seul semis par pot a été maintenu après la germination.

Pendant un mois les semis ont été protégés contre l'ardeur des rayons solaires par une ombrière constituée de seccos posée à 1 m de hauteur. La durée de séjour journalière des plants sous l'ombrière s'étend de 9 h à 17 h. La fréquence d'arrosage est de 2 fois par jour (à 7 h 30 et à 17 h) pour le mois de mai et une fois par jour pour les mois de juin et juillet. La quantité d'eau par arrosage est de 15 litres pour une planche de 500 pots, soit 30 litres par jour durant le mois de mai. Le désherbage se déroulait selon la fréquence d'apparition des mauvaises herbes. Le cernage s'effectuait une fois par mois et ce durant les trois mois de l'élevage. Le cernage consiste à déplacer latéralement des pots et à sectionner à l'aide d'un instrument tranchant des racines ayant transpercé les pots.



Figure 1: Test de germination levée (gauche) et plants de 4 espèces de Combretaceae en pépinière.

Cela empêche le pivot et certaines racines latérales de pénétrer dans le sol et permet ainsi le développement des radicelles à l'intérieur des pots. Tous les 10 jours, les paramètres suivants ont été mesurés: la hauteur des plants mesurée du collet au bourgeon terminal à l'aide d'une règle graduée en centimètre, le diamètre au collet au moyen d'un pied à coulisse gradué en millimètre, le nombre de feuilles et le nombre des rameaux par simple comptage. Le nombre de feuilles comptées a été converti en biomasse sèche au moyen du rapport masse sèche sur masse fraîche issu d'un échantillon foliaire de chaque espèce prélevé à cet effet. L'échantillon foliaire a progressivement été séché à l'étuve à 70 °C jusqu'à la stabilisation de la masse sèche.

Analyse statistiques des données

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide des logiciels JMP 9.00, SPSS 20 et R. La différence entre les paramètres de croissance des 4 espèces a été évaluée par une analyse de variance (ANOVA) à un facteur. Le test de Tukey au seuil de 5% a été utilisé pour les comparaisons post hoc. Une analyse canonique discriminante a également été effectuée afin d'identifier les caractéristiques dendrométriques qui discriminent les 4 espèces.

Résultats

Germination

La durée d'attente enregistrée variait de 2 jours pour les graines de *C. glutinosum* à 7 jours pour celles de *G. senegalensis*. Quant à la durée de germination, elle était de 9 jours pour *C. glutinosum* et 18 jours pour *C. nigricans* et *G. senegalensis* (Tableau 1). L'effectif des graines germées varie selon les espèces. *G. senegalensis*, *C. nigricans* et *C. micranthum* ont enregistré un taux de germination respectivement de 70%, 97% et 83%. Toutes les graines de *C. glutinosum* ont germé.

Croissance

Les courbes de croissance cumulée en hauteur de la tige principale des plantules peuvent être scindées en trois catégories selon la vitesse de leur croissance: *C. glutinosum* a une croissance lente; *C. nigricans* et *C. micranthum* ont enregistré une croissance moyenne et sensiblement identique. La croissance la plus élevée a été enregistrée au niveau de GS (Figure 2 A4). L'ajustement linéaire de ces fonctions de croissance a permis d'évaluer la croissance en hauteur mensuelle de *C. glutinosum* à 2,05 cm ($R^2=0,98$; $P=0,00$), 4,25 cm pour *C. micranthum* ($R^2=0,97$; $P=0,00$); 4,47 cm pour *C. nigricans* ($R^2=0,96$, $P=0,00$) et 7,94 cm pour *G. senegalensis* ($R^2=0,99$; $P=0,00$).

L'enregistrement successif des accroissements moyens décadaires en hauteur de la tige principale

Tableau 1
Paramètres de germination des espèces étudiées.

Espèces	Durée d'attente (jours)	Durée de germination (jours)	Taux de germination (%)
<i>Combretum glutinosum</i>	2	9	100
<i>Combretum micranthum</i>	5	16	83
<i>Combretum nigricans</i>	6	18	97
<i>Guiera senegalensis</i>	7	18	70

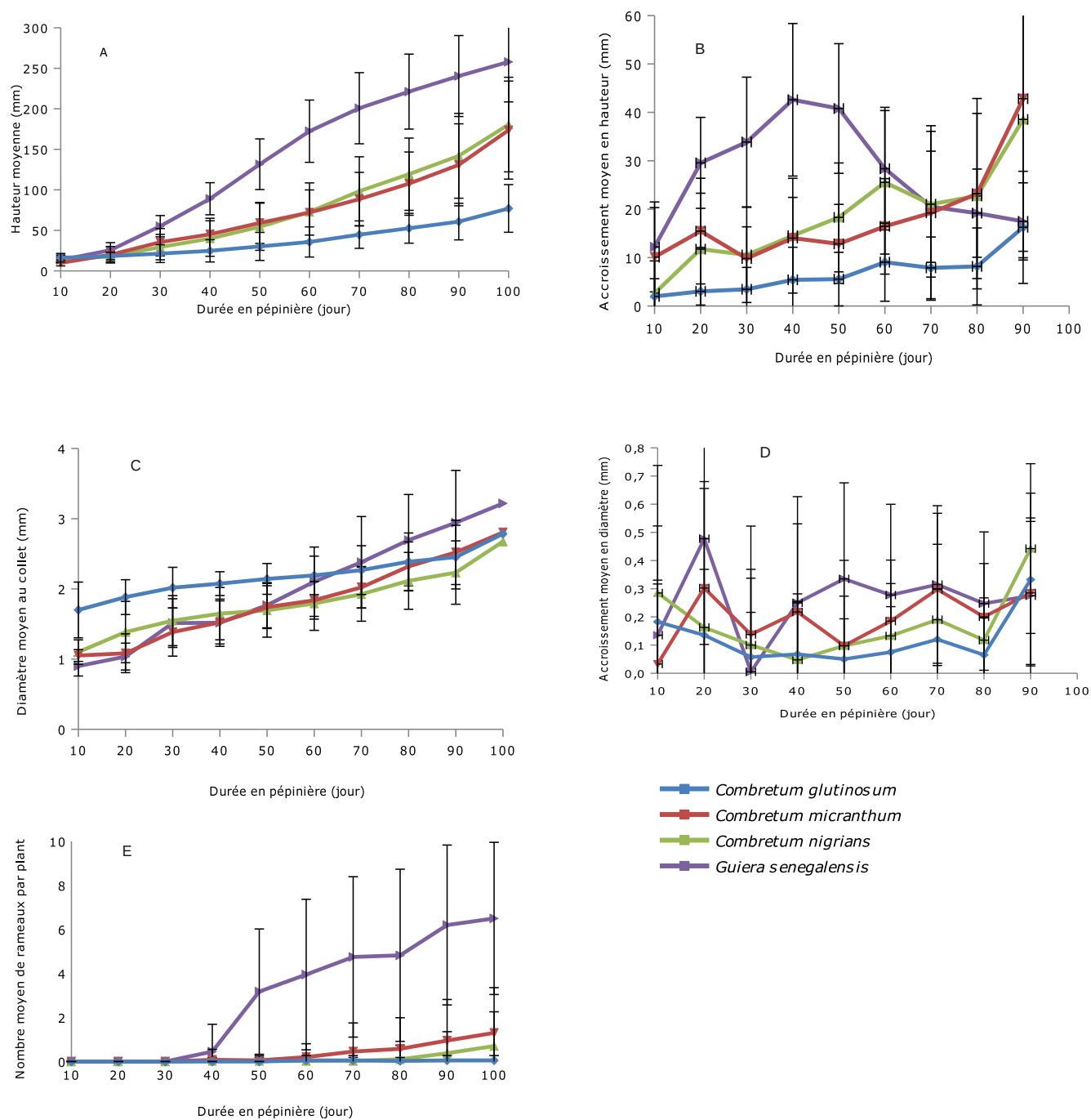
des plantules révèle chez les 4 espèces une croissance rythmique de l'axe caulinaire (Figure 2B). En effet, cette croissance est caractérisée par l'alternance d'accroissements forts et faibles. Dans les deux premiers mois, trois groupes se distinguent: *G. senegalensis* qui a l'accroissement moyen le plus variable et le plus élevé. Le deuxième groupe comprend *C. micranthum* et *C. nigricans* qui ont des accroissements moyens intermédiaires. Le troisième groupe est celui de *C. glutinosum* qui a un accroissement moyen le plus faible. Après les deux mois, on assiste à une diminution continue de l'accroissement moyen de *G. senegalensis* jusqu'à s'égaliser ($P=0,9$ test de Tukey) avec les accroissements de *C. glutinosum* et *C. nigricans* au 80^{ème} jour. En fin de séjour en pépinière, les accroissements de *C. micranthum* et *C. nigricans* ont été supérieurs à ceux de *C. glutinosum* et *G. senegalensis* ($F=15,33$; $P<0,001$).

L'analyse comparative des hauteurs des 4 espèces en 3 périodes successives de culture montre que les hauteurs moyennes des plants sont significativement différentes après 30, 60 et 100 jours (Tableau 2). En effet, après un mois, la hauteur moyenne de *G. senegalensis* est plus élevée que celles des trois autres espèces qui sont statistiquement égales. Après 60 jours, la hauteur moyenne de *G. senegalensis* est significativement plus élevée que celles de *C. micranthum* et *C. nigricans* qui sont statistiquement égales. La plus faible moyenne est celle de *C. glutinosum*. En fin de période d'observation (100 jours) la tendance observée est la même que la précédente (60 jours). En ce qui concerne la croissance du diamètre au collet, les quatre espèces peuvent être classées en deux groupes selon la vitesse et la période de croissance: les espèces *C. micranthum*, *C. nigricans* et *G. senegalensis* révèlent une croissance lente comparativement à celle de *C. glutinosum* durant

les 50 premiers jours (Figure 2C). De cette période au 70^{ème} jour, la croissance diamétrique de *G. senegalensis* a augmenté pour arriver au niveau de celle de *C. glutinosum* alors que les deux autres espèces ont gardé sensiblement la même vitesse. Mais à partir du 80^{ème} jour, c'est l'espèce *G. senegalensis* qui croît en diamètre plus rapidement que les trois autres dont la vitesse de croissance reste statistiquement identique. L'ajustement linéaire des nuages de points a permis d'évaluer la croissance diamétrique mensuelle de *C. glutinosum* à 0,93 mm ($R^2=0,81$; $P=0,00$); 0,95 mm pour *C. micranthum* ($R^2=0,95$; $P=0,00$); 0,91 mm pour *C. nigricans* ($R^2=0,90$; $P=0,00$) et 1,04 mm pour *G. senegalensis* ($R^2=0,94$; $P=0,00$).

L'analyse de l'accroissement décadaire moyen en diamètre montre également la rythmicité de la croissance en diamètre (Figure 2D). On constate une variabilité plus marquée pour *G. senegalensis* par rapport aux autres espèces.

Les espèces *G. senegalensis* et *C. micranthum* ont un accroissement en diamètre qui évolue en dents de scie tout au long de leur séjour en pépinière. Par contre les espèces *C. nigricans* et *C. glutinosum* ont un accroissement moyen qui diminue durant les 50 premiers jours avant de remonter jusqu'au 80^{ème} jour. A partir de cette période, l'accroissement prend une allure en dents de scies. La comparaison des valeurs moyennes après 30, 60 et 100 jours de culture montre que le diamètre moyen de *C. glutinosum* est supérieur à ceux des trois autres espèces qui sont statistiquement égaux (Tableau 2). Après 60 jours, il n'y a pas de différence significative entre les diamètres de *C. glutinosum* et de *G. senegalensis*. Mais ces deux diamètres sont plus gros que ceux de *C. micranthum* et *C. nigricans* lesquels sont statistiquement égaux. En fin de culture, c'est l'espèce *G. senegalensis* qui a développé un



A: Croissance cumulée en hauteur; B: Accroissement moyen décadaire en hauteur; C: Croissance cumulée en diamètre; D: Accroissement moyen décadaire en diamètre; E: Nombre moyen de rameaux par plants

Figure 2: Evolution des paramètres de croissances des 4 espèces de Combretaceae en pépinière.

Tableau 2

Croissance en hauteur, diamètre et biomasse foliaire des plants des 4 espèces de Combretaceae en pépinière.

Espèces	Hauteur (cm)		
	30 jours	60 jours	100 jours
<i>C. glutinosum</i>	2,13 ±1,09 c	3,54 ±1,85 c	7,71 ± 2,94 c
<i>C. micranthum</i>	3,54 ±1,68 b	7,20 ± 2,79 b	17 ± 6,05 b
<i>C. nigricans</i>	2,91 ±1,58 bc	7,28 ±3,59 b	18,06 ± 5,84 b
<i>G. senegalensis</i>	5,51 ±1,30 a	17,25± 3,84 a	25,8 ± 0,81 a
P valeur	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Espèces	Diamètre au collet (mm)		
	30 jours	60 jours	100 jours
<i>C. glutinosum</i>	2,02 ±0,29 a	2,19 ±0,27 a	2,79 ±0,46 b
<i>C. micranthum</i>	1,39 ±0,34 b	1,84 ±0,27 b	2,81 ±0,41 b
<i>C. nigricans</i>	1,55 ±0,36 b	1,79 ±0,38 b	2,68 ±0,46 b
<i>G. senegalensis</i>	1,51 ±0,35 b	2,10 ±0,49 a	3,22 ±0,70 a
P valeur	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Espèces	Biomasse foliaire sèche (g)		
	30 jours	60 jours	100 jours
<i>C. glutinosum</i>	1,56 ±0,94 a	3,38±1,58 a	5,79 ± 1,51 a
<i>C. micranthum</i>	0,63 ±0,19 b	1,23±0,36 c	2,79 ±0,93 b
<i>C. nigricans</i>	0,50 ±0,29 b	1,15 ±0,42 c	2,45 ±0,58 b
<i>G. senegalensis</i>	0,69 ±0,10 b	2,77 ±1,07 b	5,59 ±1,53 a
P valeur	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

diamètre supérieur à ceux des trois autres espèces entre lesquelles il n'y a pas de différence significative.

Le suivi de la biomasse foliaire moyenne par plant des différentes espèces a montré qu'il n'y a pas de différence significative entre de *C. micranthum*, *C. nigricans* et *G. senegalensis* après 30 jours de séjour en pépinière (Tableau 2). Mais l'espèce *C. glutinosum* a généré une biomasse statistiquement supérieure aux autres. Après 60 jours, l'espèce *C. glutinosum* a la biomasse la plus élevée. Elle est secondée par celle de *G. senegalensis*. Il n'y a pas de différence significative entre biomasse foliaire de *C. micranthum* et *C. nigricans*.

Les espèces *C. glutinosum* et *G. senegalensis*, après 100 jours de pépinière, ont produit des biomasses (statistiquement identiques) supérieures à celles de *C. micranthum* et *C. nigricans* entre lesquelles il n'y a pas de différence significative.

Le suivi du nombre de rameaux développés par les plants des 4 espèces fait ressortir le caractère arbrisseau de *G. senegalensis* dont la tige principale émet des ramifications dès la quatrième décade de l'élevage en pépinière (Figure 2E). A l'opposé, les tiges principales de *C. glutinosum* et *C. nigricans*

n'ont pratiquement pas émis de ramification après 100 jours de pépinière. Les plants de *C. micranthum* ont développé quelques rameaux mais dont le nombre n'est pas statistiquement différent de celui des *C. glutinosum* et *C. nigricans*.

L'analyse canonique discriminante sur les paramètres dendrométriques (hauteur totale, diamètre au collet, biomasse foliaire sèche et nombre de rameaux) a montré que les deux premiers axes sont significatifs et expliquent 99,73% des informations (Tableau 3). Par conséquent seuls ces deux premiers axes ont été retenus.

L'analyse canonique discriminante a montré que l'axe 1 est corrélé positivement avec la hauteur. L'axe 2 est positivement corrélé avec la biomasse foliaire sèche et le nombre de rameaux. La hauteur et le nombre de rameaux sont situés dans la partie positive de l'axe 1 et de l'axe 2 (Figure 3). La biomasse est située dans la partie positive de l'axe 2 mais dans la partie négative de l'axe 1. Trois groupes se matérialisent: le groupe de *G. senegalensis*, le groupe de *C. glutinosum* et le troisième formé par *C. micranthum* et *C. nigricans*.

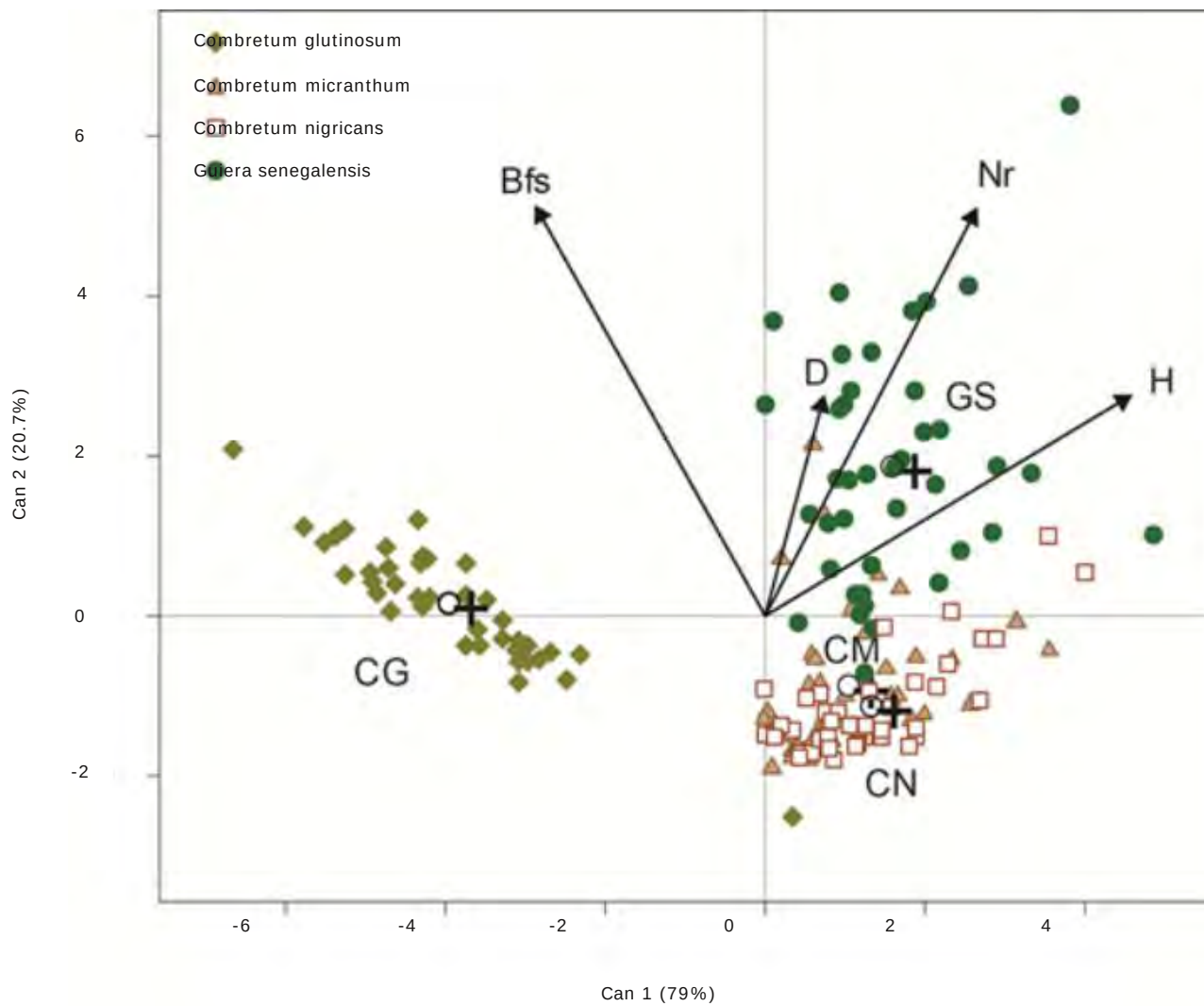


Figure 3: Distribution des quatre espèces dans un système d'axes discriminants.

Tableau 3
Analyse canonique discriminante sur les paramètres dendrométriques.

Axe	Valeurs propres	Lambda de wilks	Proportion	p-value
1	5,36	0,01	79,01	< 2e-16 ***
2	1,4	0,3	20,72	< 2e-16 ***
3	0,01	0,97	0,26	0,09

L'espèce *G. senegalensis* se discrimine par des valeurs élevées de hauteur, biomasse et de nombre de rameaux. *C. glutinosum* se caractérise par des valeurs de hauteurs faibles. Le groupe de *C. micranthum* et *C. nigricans* est caractérisé par des valeurs de biomasse et de nombre de rameaux faibles et des valeurs moyennes de hauteur. Les valeurs faibles de Λ de Wilks ($< 0,5$) pour les deux axes confirment que les trois groupes sont bien discriminés.

Discussion

Taux de germination

Les résultats du test de germination ont révélé que les espèces *C. micranthum*, *C. nigricans* et *G. senegalensis* ont non seulement une durée d'attente semblable (5 à 7 jours) mais aussi une durée de germination autour de 18 jours. L'espèce *C. glutinosum* a donné le meilleur taux de germination avec les durées d'attente et de germination les plus courtes. Le taux de germination élevé de *C. glutinosum* confirme celui de 95% trouvé au Burkina Faso (22). Par contre les taux de germination de *C. nigricans* et *C. micranthum* sont supérieures à ceux obtenus par les mêmes auteurs respectivement 20% pour *C. nigricans* et 60% pour *C. micranthum*. Ainsi les 4 espèces ont toutes un bon taux de germination supérieur ou égal à 70% en pépinière. Cette performance pourrait s'expliquer par le prétraitement mais très probablement par le bon état sanitaire des graines semées. En effet, les graines des Combretaceae sont en général attaquées par des coléoptères et particulièrement les graines de *C. nigricans* qui sont très sensibles aux attaques de *Caryedon serratus* qui réduit leur pouvoir germinatif (2).

Croissance

L'étude de la croissance juvénile des 4 espèces de Combretaceae a permis de constater que ces espèces ont une croissance rythmique. C'est un mode de croissance selon lequel un méristème caulinaire ou racinaire manifeste des cycles d'activité morphogénétique passant par des maximums et des minimums ou des arrêts complets, à des intervalles de temps plus ou moins

égaux. Ce type de croissance a également été mis en évidence sur les plantules de *Terminalia avicennioides* Guill. & Perr. et *Piliostigma thonningii* (Schumacher.) Milne-Redh élevées en rhizotron (4). La croissance rythmique de la tige aérienne des plantules est une conséquence du fonctionnement rythmique du méristème apical (16). Les phases de repos temporaire ou de faible croissance désignent alors le temps nécessaire à la formation du bourgeon. Les vagues de croissance sont, elles, liées au débourrement du bourgeon qui se manifeste par l'épanouissement des feuilles et la formation successive des entre-nœuds (4). L'espèce *G. senegalensis* a enregistré la meilleure croissance en hauteur (25,80 cm) en 100 jours de pépinière. Cette hauteur est d'ailleurs supérieure à la hauteur optimale de transplantation (20 cm en pépinière) de cette espèce qu'elle atteint en 4 à 5 mois d'élevage (20). En ce qui concerne les hauteurs moyennes des trois autres espèces, des valeurs sensiblement identiques (4,5 cm pour *C. glutinosum* et 17,9 cm pour *C. nigricans*) ont été observées après trois mois de séjour en pépinière (22). Mais ces auteurs signalent également une hauteur moyenne de 6,13 cm pour *C. micranthum*, ce qui représente presque le tiers de notre résultat (17 cm). Il se dégage ainsi une variation de la croissance en hauteur de ces 4 espèces entre les deux essais. Cette variation pourrait s'expliquer non seulement par l'état sanitaire, physiologique et génétique des semences utilisées, mais aussi par la qualité des substrats utilisés et les soins sylvicoles (désherbage, démariage, cernage, l'arrosage, etc.) apportés aux plants. La première conséquence de cette variabilité de hauteur est d'ordre sylvicole et concerne le séjour en pépinière des plants desdites espèces qui serait plus long pour *C. glutinosum* ou plus court (*G. senegalensis*, *C. nigricans* et *C. micranthum*) selon la vitesse de croissance. Ainsi en se fondant sur la hauteur optimale pour la transplantation qui varie de 20 à 30 cm les trois espèces *Guiera senegalensis*, *Combretum nigricans* et *Combretum micranthum* ont enregistré une bonne croissance (20).

De plus, la bonne aptitude à la production foliaire de *Guiera senegalensis* dès le jeune âge constituerait un facteur qui détermine la vocation fourragère et

même médicinale de cette espèce. Le suivi du nombre moyen de rameaux développés a permis de mettre en évidence une fois encore la performance de *Guiera senegalensis* dont l'activité des bourgeons latéraux se manifeste dès l'âge de 40 jours. Il en est autrement pour *C. glutinosum*, espèce essentiellement monocaule, qui semble allouer préférentiellement les ressources au développement vertical de la tige.

Conclusion

Cette étude réalisée sur la germination et la croissance juvénile des quatre espèces les plus dominantes des formations végétales sahéliennes a permis de démontrer que la production perçue difficile en pépinières de ces espèces est faisable avec des taux de germination variant de 70 à 100% si les semences ont été rigoureusement sélectionnées.

Le suivi des paramètres de croissance notamment la hauteur a démontré que *Guiera senegalensis*, *Combretum nigricans* et *Combretum micranthum* et dans une moindre mesure *C. glutinosum* ont un potentiel de croissance en pépinière permettant la fourniture de plants adéquats pour la plantation. Dans les conditions de l'essai, *Guiera senegalensis* a donné la meilleure performance de croissance tant en hauteur, qu'en production foliaire et qu'en édification de rameaux.

Remerciements

Les auteurs remercient le projet UNDESERT (EU FP7 243906), "Understanding and combating desertification to mitigate its impact on ecosystem services financé par l'Union Européenne pour les moyens financiers ayant permis la production des plants et pour avoir financé la bourse du PhD.

Références bibliographiques

1. Ahoton L.E., Adjakpa J.B., Gouda M., Dainou O. & Akpo E.L., 2011, Effets des prétraitements de semences du prunier des savanes (*Vitex doniana* Sweet) sur la germination et la croissance des plantules, *Ann. Sci. Agron.*, 15, 1, 21-35.
2. Amani A., 2004, Fonctionnement biologiques et hydriques de l'espèce *Combretum nigricans* Lepr Ex. Guill & Perrot dans diverses conditions situationnelles du Niger : Atouts et contraintes de sa régénération. Université de Bamako, IPR/IFRA de Katibougou, Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur des Eaux et forêts, 59.
3. Ambouta J.M.K., 1984, Contribution à l'édaphologie de la brousse tigrée de l'Ouest nigérien. Thèse de troisième cycle, Université Nancy I, Nancy, 116.
4. Bationo B.A., Some A.N., Ouedraogo S.J. & Kalinganire A., 2010, Croissance comparée des plantules de cinq espèces ligneuses soudaniennes élevées en rhizotron. *Sécheresse*, 21, 3, 196-202.
5. Bellefontaine R., 1997, Synthèses des espèces des domaines sahélien et soudanien qui se multiplient naturellement par voie végétative. Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers contractés sahéliens, Atelier International Niamey, 20-25, novembre 1995, 95-104.
6. Bellefontaine R., 2005, Pour de nombreux ligneux, la reproduction sexuée n'est pas la seule voie : analyse de 875 cas Texte introductif, tableau et bibliographie, *Sécheresse*, 16, 4, 309-311.
(http://www.secheresse.info/article.php3?id_article=2344)
7. CTA, 1998, Multiplier et planter des arbres série-Agrodok 19. Wageningen, Pays-Bas.83.
8. Darkoh M.B.K., 2003, Regional perspectives on agriculture and biodiversity in the drylands of Africa, *J. Arid. Environ.*, 54, 261-279.
9. Debroux L., Delvingt W., Mbolo M. & Amougou A. 1998, La régénération du Moabi et Mukulungou au Cameroun, *Bois. For. Trop.*, 255, 5-17.
10. FAO, 1992, Foresterie en zones arides - Guide à l'intention des techniciens de terrain Cahier FAO : Conservation 20. Rome, Italie. 144.
11. Groulez J., 1978, Les recherches forestières et les recherches outre mer au Centre Technique Forestier Tropical, *Bois. For. Trop.*, 178, 3-13.

12. Ichaou A., 2000, Dynamique et productivité des structures forestières contractées des plateaux de l'Ouest nigérien. Thèse de Doctorat, Université Paul Sabatier de Toulouse III, Toulouse, 216.
13. Jayaraman K., 1999, Manuel de statistique pour la recherche forestière. FAO, Coopération Hollandaise, Commission Européenne Rome, Italie, 242.
14. Karim S., 2001, Contribution à l'étude de la régénération par multiplication végétative naturelle de deux Combretacées dans l'Ouest du Niger (*Combretum micranthum* G. Don et *Guiera senegalensis* J.F. Gmel): Conséquences pour la gestion sylvopastorale. Université de Ouagadougou, Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies en sciences biologiques appliquées, Option Biologie et Écologie végétales, 51.
15. Lykke A.M., Kristensen M.K. & Ganaba S., 2004. Valuation of local use and dynamics of 56 woody species in the Sahel, *Biodivers. Conserv.*, 13, 1961-1990
16. Millet B., Bonnet B. & El-morsy A.W., 1991, Le fonctionnement rythmique des végétaux ligneux. In *L'arbre: Biologie et développement. Naturalia Monspeliensia* (Montpellier). 295-318.
17. Ouedraogo A., Thiombiano A., Hahn-Hadjali & Guinko S. 2006. Régénération sexuée de *Boswellia dalzielii* Hutch., un arbre médicinal de grande valeur au Burkina Faso, *Bois. For. Trop.*, 289, 3, 41-52.
18. Peltier R., Lawali E.M. & Montagne P., 1994, Aménagement villageois des brousses tachetées au Niger, *Bois. For. Trop.*, 242, 59-74.
19. Peltier R., Lawali E.M. & Montagne P., 1995, Aménagement des brousses tachetées au Niger, *Bois. For. Trop.*, 243, 5-20.
20. Roussel. J., 1995, Pépinières et plantations forestières en Afrique Tropicale sèche. Manuel à l'usage des ingénieurs et techniciens du reboisement. ISRA/CIRAD, Dakar, Sénégal, 435.
21. Saadou M., 1990, La végétation des milieux drainés nigériens à l'est du fleuve Niger. Thèse de doctorat, Université Niamey, Niamey, 393.
22. Thiombiano A., Wittig, R. & Guinko S., 2003, Conditions of sexual multiplication in some Combretaceae in Burkina Faso, *Rev. Ecol., Terre Vie*, 58, 4, 361-379

A. Amani, Nigérien, Doctorant, Attaché de recherche, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger.

M. M. Inoussa, Nigérien, PhD, Assistant, Enseignant chercheur; Université Abdou moumouni de Niamey, Niger.

I. Dan Guimbo, Nigérien, PhD, Assistant, Enseignant chercheur, Université Abdoumoumouni, Niamey, Niger.

A. Mahamane, Nigérien, Professeur titulaire, Vice recteur, Université de Maradi, Niger.

M. saadou, Nigérien, Professeur titulaire, Recteur de l'Université de Maradi, Niger.

A.M. Lykke, Danoise, PhD, Chercheur, Aarhus University, Department of Bioscience, Silkeborg, Denmark.

SIG et gestion des espaces verts dans la ville de Porto-Novo au Bénin

A.A. Osseni¹, I. Toko Mouhamadou^{2*}, B.A.C. Tohozin³ & B. Sinsin¹

Keywords: GIS-Management- Green spaces' attractiveness- Spatial coverage- Porto-Novo- Benin

Résumé

La ville de Porto-Novo a longtemps négligé la prise en compte des paramètres écologiques dans son processus de développement, au profit de l'extension incontrôlée du bâti. L'objectif de cette étude est d'analyser l'attractivité des espaces verts publics de la ville en vue d'une gestion efficace de ceux-ci. Le GPS, le questionnaire d'enquête et le SIG ont été les principaux outils utilisés à cette fin. Quatorze espaces verts répartis en huit places publiques, quatre jardins et deux esplanades boisées ont été identifiés dans la ville. Les nombres d'arbres présents dans chaque site et leurs diversités spécifiques sont relativement faibles. La superficie d'espace vert par habitant est très faible et difficile à améliorer à cause du manque de place disponible. Une forte fréquentation des espaces verts (61,4% des enquêtés) est observée sur un rayon de 300 m, contre respectivement 30% et 8,6% de fréquentation sur des rayons de 600 et 900 m. Enfin, des cartes d'attractivité et de couverture spatiale des espaces verts ont été réalisées. Un modèle de gestion optimale des espaces verts dans la ville est proposé sur base des contraintes sociologiques et techniques identifiées.

Summary

GIS and Green Spaces' Management in Porto-Novo Town in Benin

Porto-Novo town has for a long time neglected to take in account ecological parameters in its process of development, in favor of uncontrolled expansion of constructed areas. The aim of this study is to analyze the attractiveness of public green spaces in the city for their efficient management. GPS, survey questionnaire and GIS were the main tools used for this purpose. Fourteen green spaces, distributed into eight public squares, four gardens and two wooded esplanades were identified in the town. The numbers of trees available in each site and their species diversity are relatively weak. The area of green space per inhabitant is very low and difficult to improve because of the lack of available areas. A strong frequentation of the spaces (61.4% of surveyed) was noted on a radius of 300 m, against respectively 30% and 8.6% of frequentation on radii of 600 and 900 m. Finally, maps of attractiveness and spatial coverage of green areas were developed. A model of optimal management of green spaces in the town is proposed based on identified sociological and technical constraints.

¹Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Département Aménagement et Gestion de l'Environnement, Laboratoire d'Ecologie Appliquée, Cotonou, Bénin.

² Centre Régional de Formation aux Techniques des Levés Aérospatiaux, Département des SIG, Ilé-Ife, Osun State, Nigéria,

³Centre Régional de Formation aux Techniques des Levés Aérospatiaux, Département de Cartographie, Ilé-Ife, Osun State, Nigéria.

*Auteur correspondant: Email: toko@rectas.org / tinoussa@hotmail.com

Reçu le 13.12.13 et accepté pour publication le 24.09.14

Introduction

Durant plusieurs décennies les villes se sont développées en faisant abstraction de la nature qui les entourait. Il en résulte une érosion de la biodiversité causée par l'étalement urbain, l'imperméabilisation des sols et la gestion intensive des espaces urbains (17).

La conception d'espaces publics ou privés de qualité, où la nature et plus particulièrement le végétal trouve toute sa place, intègre les nouveaux modèles de la ville durable avec la réalisation des infrastructures vertes telles les parcs, jardins, espaces interstitiels et arbres d'alignement (12). La réflexion pour des villes plus durables appelle à un développement des surfaces vertes dont la gestion est souvent inscrite dans un programme de foresterie urbaine (5, 21). Ces infrastructures peuvent être un outil de structuration de l'urbain en fonction de la densité du végétal et de leurs capacités attractives (14). De plus au-delà de l'enjeu scientifique, des besoins de connaissances sont formulés par des gestionnaires, des aménageurs du territoire pour une gestion optimale et équilibrée des espaces verts (22). Mais les citoyens ignorent parfois l'importance des espaces verts pour mieux les protéger (2). Ces besoins s'expriment souvent en termes de composition floristique comme facteurs d'attractivité des citoyens vers les espaces verts. Il est d'une évidence certaine aujourd'hui que la planification et la gestion de l'aménagement de la nature en ville peuvent être combinées avec un objectif de préservation de la biodiversité mais aussi dans l'optique de l'amélioration de la qualité de vie au sein des territoires urbains (11).

Ces mêmes besoins sont nécessaires dans la ville de Porto-Novo au Bénin pour maintenir et gérer les espaces verts auxquels une place privilégiée n'est pas encore accordée dans l'aménagement. Porto-Novo est une ville en restructuration dans laquelle les travaux d'aménagement tiennent moins compte des aspects écologiques (1). Ce constat joue énormément sur les aspects techniques de la mise en place des espaces verts et leur entretien. Aussi, l'inexistence d'outils modernes dans le domaine de la gestion des espaces verts de la ville constitue-t-il

un handicap pour rendre disponible les données utiles à la planification urbaine (20). Parmi les nombreuses approches disponibles et utilisées à cet effet: approche biogéographique (23) et approche par télédétection (4) ou approche écologique (18), cette étude propose l'outil SIG dont les applications dans l'urbanisme végétal et la biodiversité sont révélées efficaces.

La répartition spatiale et les modes de gestion des espaces verts de la ville de Porto-Novo sont présentés puis un modèle de gestion à l'aide du SIG est proposé pour tenter de répondre à la double préoccupation scientifique et d'aménagement dans ce domaine.

Matériel et méthodes

Présentation de la zone d'étude

Située à 30 km de Cotonou dans le Sud-Bénin, la ville de Porto-Novo couvre une superficie de 52 km² et est localisée entre 6°25' et 6°30' de latitude nord et entre 2°34' et 2°40' de longitude est (Figure 1). La température moyenne est de 27,5°C avec une pluviométrie moyenne de 1300 mm par an. La végétation naturelle de la ville est composée de forêts marécageuses et sacrées (1). La végétation anthropique est composée de plantations d'alignement, d'espaces verts et de jardins dont le Jardin des Plantes et de la Nature (10).

Matériel

La grande partie des données utilisées pour cette étude reposent sur des données spatiales. Le matériel utilisé comprend un GPS (Global Positioning System) de marque Garmin 76csx présentant une bonne précision planimétrique pour prendre les coordonnées géographiques des sites des espaces verts. Il a été aussi utilisé une carte topographique de Porto-Novo de 1968 comportant les feuilles NB-31-XV-2c et NB-31-XV-4a à l'échelle de 1/50.000 avec des fichiers de forme et un plan cadastral au 1/10.000 de 2010.

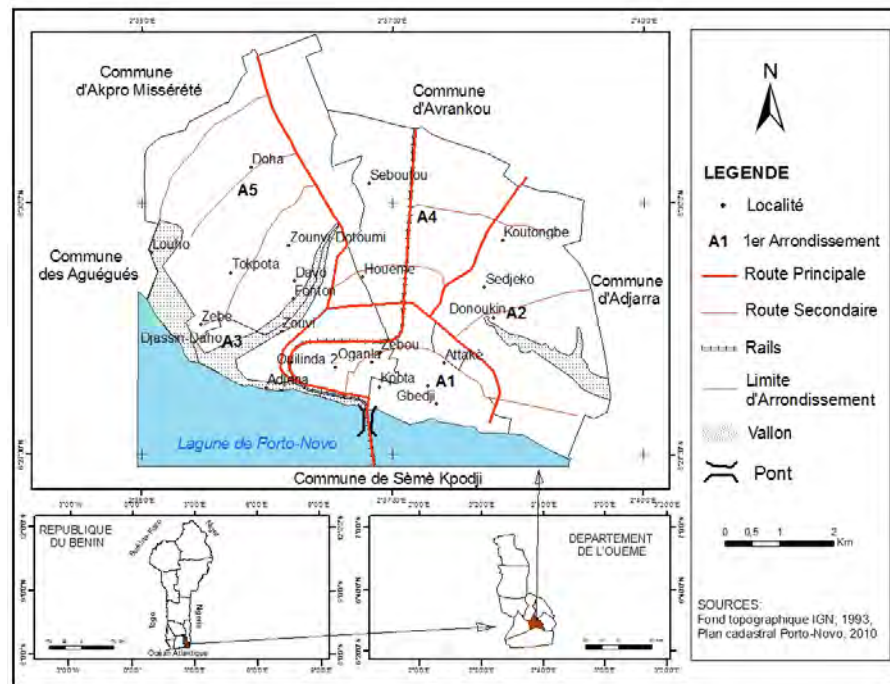


Figure 1: Situation géographique de la ville de Porto-Novo.

Méthode de collecte et de traitement des données

Deux méthodes de collecte et de traitement des données ont été utilisées dans cette étude. La première concerne les enquêtes de terrain auprès des acteurs de la ville et la deuxième prend en compte la création de la base de données cartographiques ou des bases de données cartographiques.

Méthode d'enquête de terrain pour un mode de gestion des espaces verts

Selon le rapport sur la monographie de la ville de Porto-Novo (10), quatorze espaces verts existent sur le territoire de cette commune. Une visite exploratoire des sites a permis de constater la destruction de deux de ces espaces verts pour des raisons d'aménagement et qui n'ont pas été pris en compte dans ce travail. Cependant, deux autres sites récemment réalisés ont été pris en compte et portent toujours le nombre des espaces verts de la ville à quatorze. Une enquête sur le mode actuel de gestion des espaces verts a été réalisée auprès des acteurs concernés afin de pouvoir les caractériser. Un questionnaire leur est administré à cet effet pour recueillir les informations relatives aux avantages

procurés par les espaces verts aux populations. Un échantillonnage aléatoire a permis de questionner cinq personnes par jour et par site pendant une semaine.

Deux responsables de la section communale des Eaux et Forêts, deux responsables en charge de la foresterie urbaine de la Direction des Services Techniques de la Mairie et deux représentants des ONG ont été soumis au questionnaire. Soit un échantillon de quatre cent quatre-vingt-seize personnes enquêtées sur la situation des espaces verts.

Le dépouillement des fiches d'enquête a été fait de façon manuelle. Toutes les données recueillies sont encodées. Les tableaux sont réalisés avec le logiciel Word, les diagrammes et courbes avec le tableur Excel pour représenter les données quantitatives. Le taux de réponse par type d'information a été exprimé par la formule suivante : $F=100S/N$

Avec F: taux de réponses données; S: nombre de personnes ayant fourni une réponse positive par rapport à une information donnée et N: nombre de personnes interviewées.

Les résultats de ces enquêtes ont contribué en grande partie à identifier les faiblesses du mode de gestion des espaces verts puis les paramètres d'attractivité et de durabilité des sites.

Analyse spatiale de l'attractivité des espaces verts

La notion d'attractivité prend en compte l'ensemble des équipements (éclairage, bancs publics et surtout les végétaux) disponibles sur les sites (12; 20). Elle prend aussi en compte la couverture spatiale des espaces verts à travers leur proximité des populations pour faciliter leur fréquentation (8). Cette étude se focalise plus sur l'attractivité spatiale car elle met en jeu la notion de proximité et le domaine que peut desservir un espace vert. L'analyse spatiale est effectuée dans le logiciel ArcGIS 10 dans lequel les résultats d'enquête sont introduits à partir d'une base de données créée dans le logiciel Access. Les opérations suivantes ont suivi et ont permis d'intégrer les données spatiales à la base de données. Dans un premier temps on a procédé à la création d'un système de coordonnées basé sur le référentiel WGS 84 et de zone 31N. Le géo-référencement et la numérisation des limites d'arrondissement ont été effectués à partir du plan cadastral et de la carte topographique. Les levés GPS des sites inventoriés ont été ensuite projetés sur le résultat de la numérisation. Cette opération a permis de passer à l'étape des analyses spatiales. La toute première analyse est basée sur la détermination des rayons d'attractivité des espaces verts à partir d'un buffer multi-ring (zone tampon à plusieurs rayons). Cette opération a permis d'évaluer les espaces en creux (non couverts) et les espaces couverts (8). Suivant les normes définies en la matière, des rayons de 300; 600 et 900 m sont délimités autour des espaces verts pour les limites de leurs possibilités à attirer les citoyens (8, 20). La deuxième a permis de déterminer la couverture spatiale de chaque espace vert à partir d'un polygone de Thiessen. Cette opération permet d'évaluer le poids spatial des espaces verts (20). Enfin, il a été procédé à la détermination de la superficie d'espace vert par habitant à partir du ratio superficie des espaces verts par la population de chaque Arrondissement (16).

Résultats

Attractivité spatiale des espaces verts dans la ville de Porto-Novo

La ville de Porto-Novo dispose d'infrastructures dont certaines jouent le rôle d'espaces verts. Il s'agit des places publiques, de jardin et d'esplanades dont la liste est présentée dans le tableau 1. Les quatorze espaces verts de la ville sont répartis en huit places publiques, quatre jardins et deux esplanades boisés. Les enquêtes ont révélé que la fréquentation des sites est proportionnelle à la distance qui sépare les visiteurs de leur lieu de résidence. Une forte fréquentation des espaces verts (61,4% des enquêtés) sur un rayon de 300 m contre respectivement 30% et 8,6% de fréquentation sur des rayons de 600 et 900 m a été notée (Figure 2). L'analyse de cette figure montre que la couverture du territoire de la ville par les espaces verts existants est partielle et la fréquentation est favorisée par l'effet de proximité des populations. Malgré le rayon maximum de 900 m de couverture plusieurs localités de la ville restent encore non couvertes. La superficie des espaces en creux (espaces non couverts) est estimée à 23,05 km² soit 44,32% de la superficie totale de Porto-Novo. Il convient de noter qu'il existe des Arrondissements qui bénéficient de la couverture de deux ou plusieurs espaces verts (Figure 3). Quatre tendances s'observent à ce niveau: des zones non couvertes qui représentent près de 44% du territoire de la ville, des zones couvertes par un seul espace vert, des zones couvertes par deux espaces verts et enfin des zones couvertes par trois espaces verts et plus. Une autre analyse basée sur le polygone de Thiessen généré autour des espaces verts a permis d'évaluer également leur couverture spatiale (Figure 4). Cette analyse révèle un déséquilibre au niveau de la couverture spatiale des espaces verts. Les zones de forte concentration d'espace vert ont une couverture faible alors que les zones de faible concentration ont une grande couverture. Cette couverture est de 0,4 km² pour le plus petit polygone délimitant la place du monument aux morts contre 5,9 km² autour de la place publique de Houinmè pour le grand polygone.

Tableau 1
Potentiel floristique des espaces verts.

Code	Nom EV	N	S
EV0	Jardin des plantes et de la nature	142	53
EV1	Place Olory-Tobgé	14	4
EV2	Esplanade de l'Assemblée Nationale	5	2
EV3	Place de l'Unité Akonaboè	56	6
EV4	Place Publique de Houinmè	4	2
EV5	Place Bayol	35	10
EV6	Place Togo	5	2
EV7	Place Idi	19	5
EV8	Jardin Tokpota II	2	2
EV9	Jardin Kandévié	4	2
EV10	Place Yaya gendarme	4	2
EV11	Jardin Rond-point Mairie	4	1
EV12	Place Monument aux morts	6	3
EV13	Esplanade Stade Charles de Gaules	6	1

Source : Travaux de terrain, 2012

EV = Espace Vert ; S = Nombre d'espèces ; N = Nombre d'individus d'arbres.

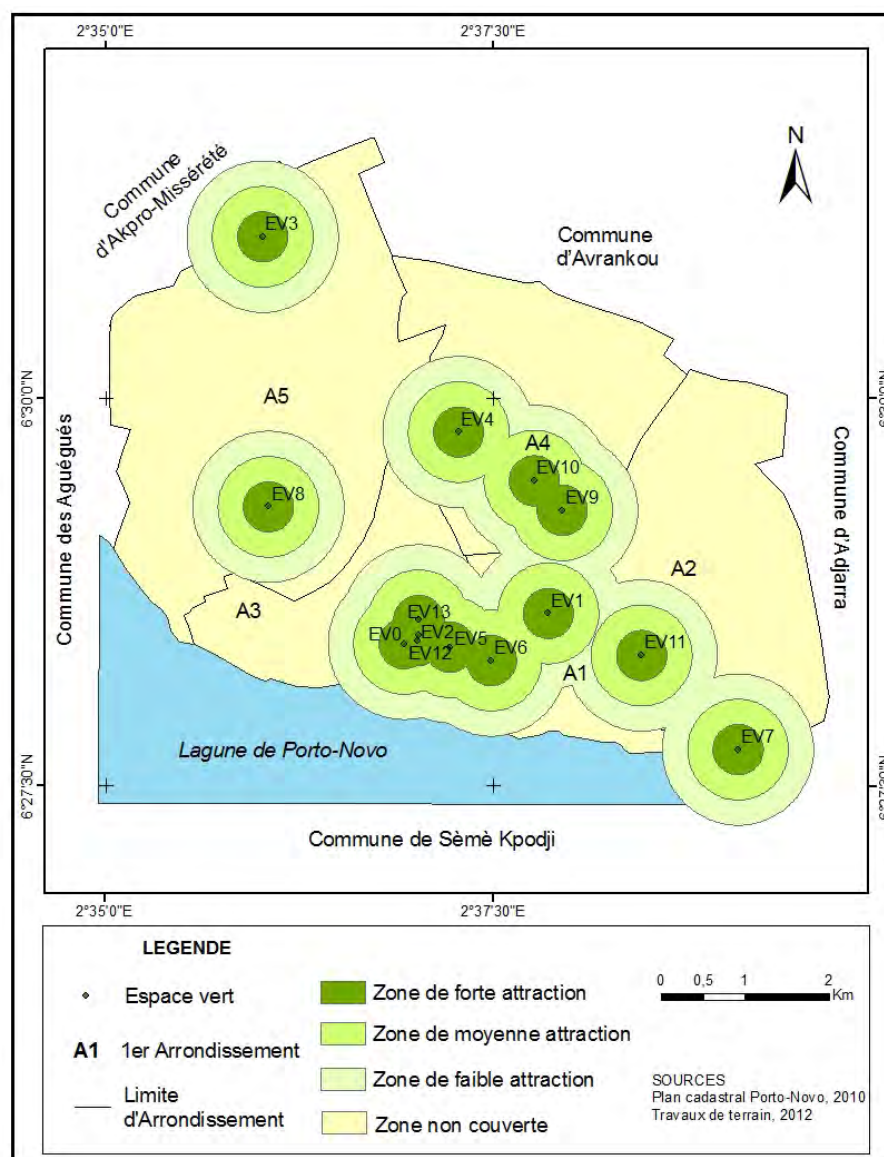


Figure 2: Rayons d'attractivité des espaces verts.

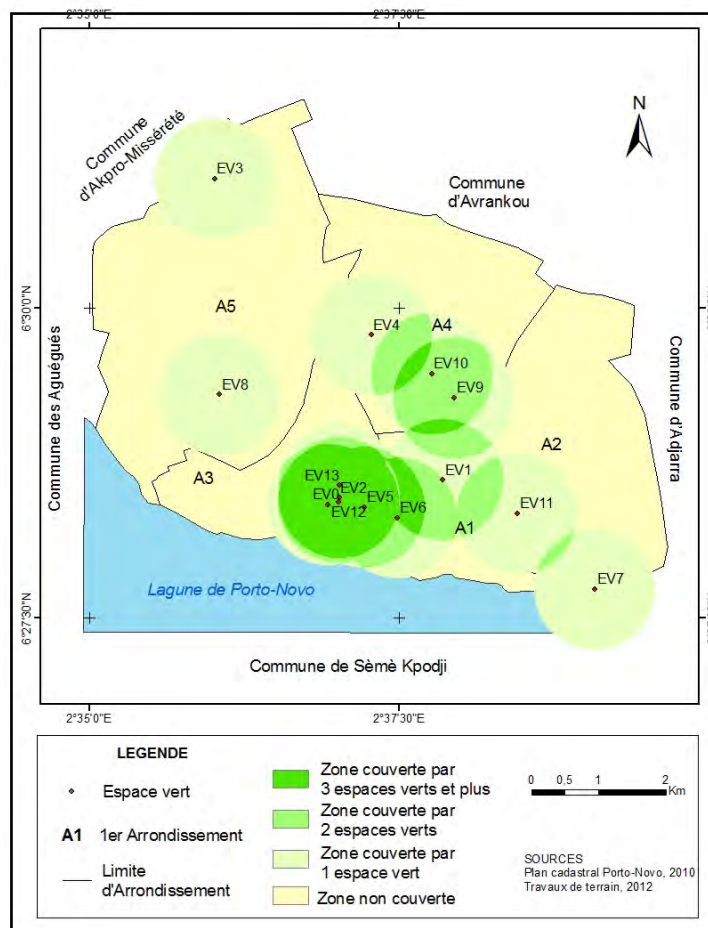


Figure 3: Zone de couverture des espaces verts.

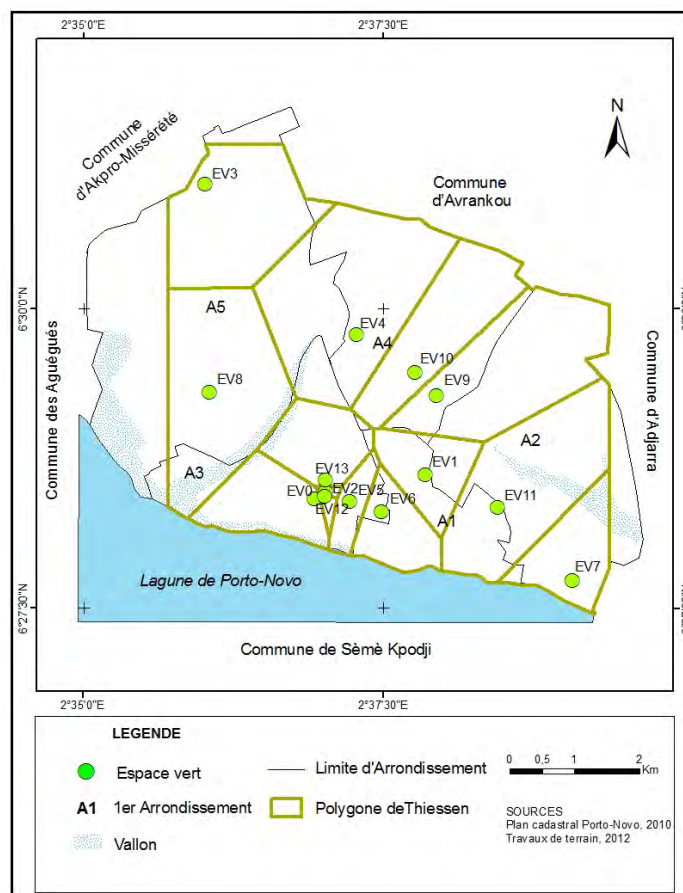


Figure 4: Evaluation de la couverture spatiale des espaces verts.

Il est à noter que la surface moyenne couverte est de 2,5 km². En fonction de la superficie des espaces verts et de leur nombre, leur étendue par habitant diffère d'un arrondissement à un autre (figure 5). On note que ces superficies varient de 1 m² pour le premier Arrondissement à 0,003 m² pour le cinquième arrondissement.

Le premier arrondissement a une couverture en espace vert la plus élevée de la ville. Mais ces valeurs sont très faibles et représentent le dixième de ce que la FAO recommande (entre 10 et 15 m² d'espace vert par habitant) pour qu'une ville prétende être durable (16).

Mode de gestion des espaces verts de la ville

La gestion des espaces verts de la ville de Porto-Novo est assurée par plusieurs acteurs qui utilisent des outils et méthodes réglementaires en la matière. Le tableau 2 présente les acteurs et leurs rôles dans la gestion des espaces verts dans la ville de Porto-Novo.

Ce tableau montre les différents acteurs intervenant dans la gestion des plantations et espaces verts. On note que le rôle de reboisement est commun à tous les acteurs et se révèle comme action principale menée au sein des espaces verts. La sensibilisation de son côté est assurée par les ONG et les agents des Eaux et Forêts de la Section Communale de l'Environnement et de la Protection de la Nature. Elle démarre habituellement le 1^{er} juin de chaque année qui marque la journée de l'arbre et le début de la campagne de reboisement. La Direction des Services Techniques de la Mairie assure l'entretien des infrastructures vertes.

Problèmes rencontrés en matière de gestion des espaces verts de la ville de Porto-Novo

Un problème de synergie d'actions pour une optimisation de la gestion se pose entre ces acteurs. Cela est dû aux prérogatives que les outils réglementaires confèrent aux principaux acteurs. En effet, la loi 93-009 du 2 juillet 1993 portant régime des forêts en République du Bénin et son décret d'application permettent aux forestiers de protéger

et de réprimer les actes d'incivisme des populations à l'endroit des végétaux urbains. Une autre loi n° 97-028 du 15 janvier 1999 portant organisation de l'Administration Territoriale en République du Bénin en son article 94 confère aux Communes une part de responsabilité active dans la gestion des ressources de leur territoire. Ces lois servent de cadre réglementaire pour la mise en œuvre, l'entretien et la protection des espaces verts permettant aux principaux acteurs d'agir sans concertation avec les autres.

Les ONG s'intéressent aussi à la protection des espaces verts en sollicitant l'appui technique et financier de la Mairie. Malheureusement les plans de reboisement élaborés au niveau de la municipalité ne les prennent pas en compte.

De plus, les techniciens de la Mairie en charge de l'entretien des espaces verts manquent de motivation, d'outil de stockage et de planification de l'information puis de qualification professionnelle en la matière. Ces aspects apparemment négligés par les autorités municipales influencent considérablement l'organisation et la répartition des espaces verts de la ville.

Proposition d'un modèle de gestion des espaces verts de la ville de Porto-Novo

Fort de ces constats précédemment signalés, il est urgent de mettre en place un modèle convenable pour une optimisation de la gestion des espaces verts dans cette ville. Les éléments utilisés dans ce modèle de gestion prennent en compte les différents acteurs intervenant dans la foresterie urbaine (Figure 6). L'efficacité de ce modèle permet de dégager quatre niveaux interdépendants et hiérarchiques. Le premier niveau qui est celui des acteurs assure la coordination de toutes les activités. Les informations de l'ensemble du système sont concentrées dans une base de données manipulable dans le SIG et assurée par la municipalité à travers sa direction des services techniques.

Tableau 2
Acteurs et rôles dans la gestion des espaces verts dans la ville de Porto-Novo.

Acteurs	Structures concernées	Actions	Difficultés
Inspection des Eaux et Forêts	Section communale des Eaux et Forêts	Surveillance Reboisement	Non application des sanctions
Mairie de Porto-Novo	Direction des services techniques	Entretien Reboisement	Suivi des agents d'entretien
ONG	Représentants	Reboisement Sensibilisation	Manque de moyens
Populations	Habitants de proximité	Reboisement, Utilisation Entretien	Pression et dégradation

Source: Travaux de terrain, 2012.

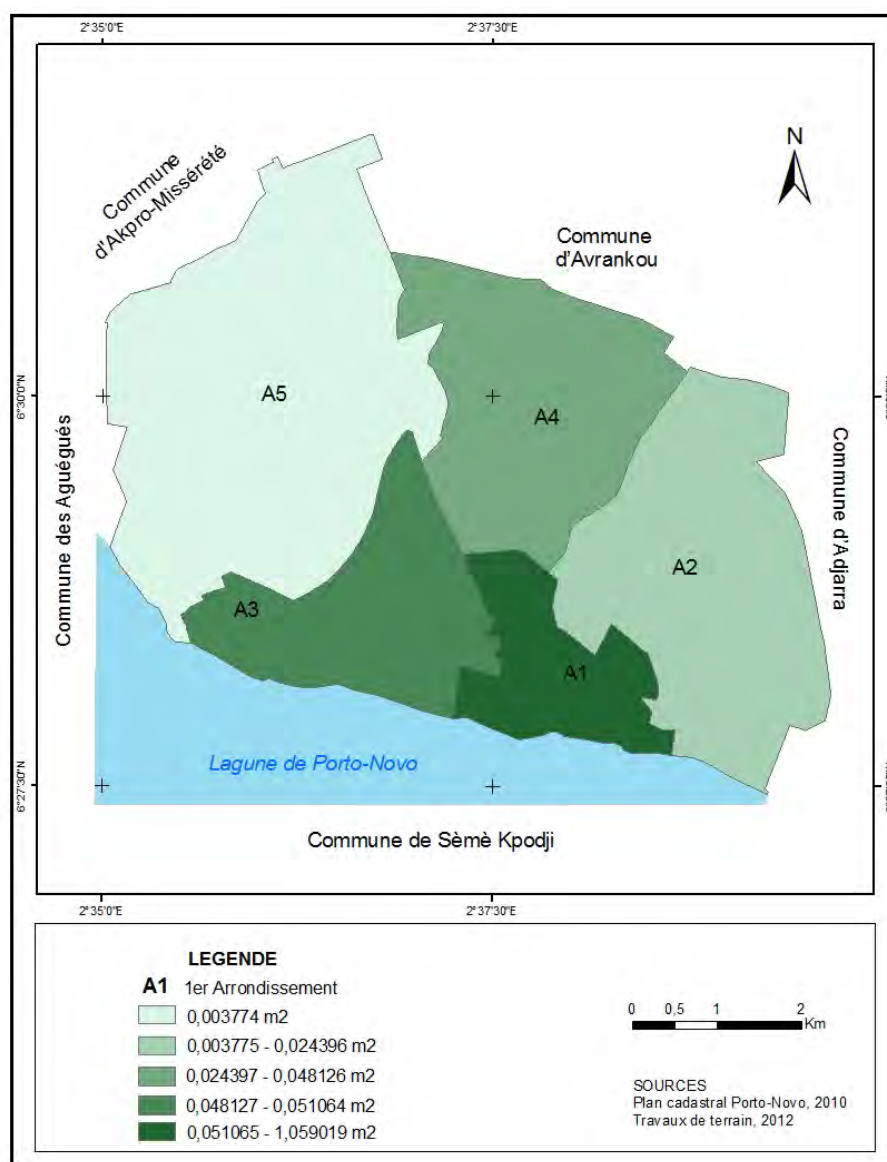


Figure 5: Etendue des espaces verts par Arrondissement.

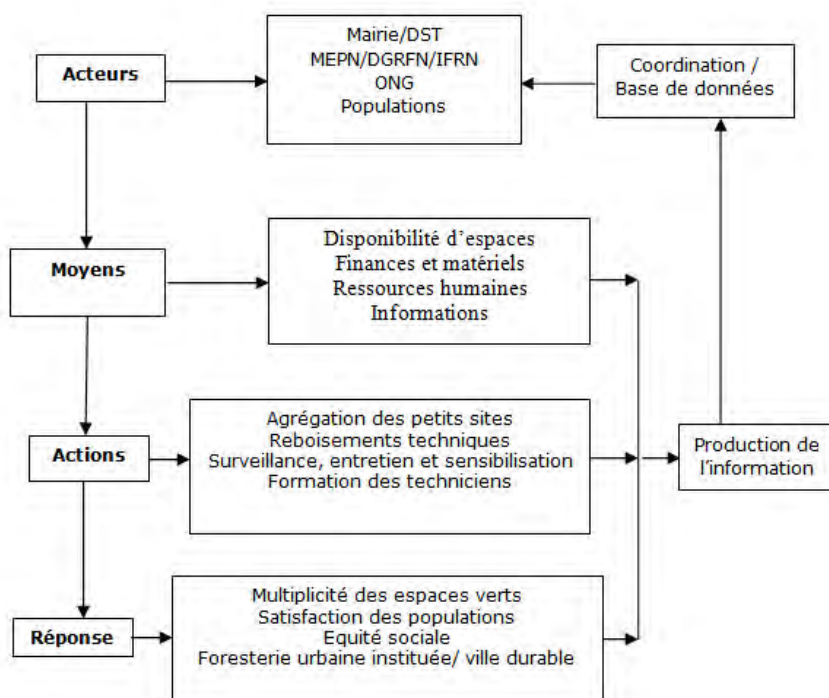


Figure 6: Modèle de gestion des espaces verts.

Discussion

Importance des espaces verts

La végétation urbaine remplit des fonctions écologiques essentielles et est assez importante dans l'équilibre urbain en ces temps de changement climatique drastique. La végétation de nos jours (par opposition au minéral) occupe une place importante dans le tissu urbain des villes occidentales (13). En guise de comparaison à cette affirmation, Osseni (20) montre que les villes des pays en voie de développement doivent aussi jouir des mêmes privilèges. Ce même auteur a démontré que les espaces verts sont assez importants en milieu urbain. Les constats faits par Da Cunha (7) et Emelianoff (9), en montrant que les espaces verts sont des lieux de détente et de récréation prisés par les citoyens, confirment nos observations. D'autres avantages tels que la production d'oxygène comme bénéfice pour les citoyens et par comparaison aux autres bénéfices environnementaux ont été aussi notifiés par Nowak et al. (19). L'esthétique du paysage facilite la récréation en limitant le stress des citoyens, le captage des particules atmosphériques et la lutte contre l'érosion (3).

Aujourd'hui, sept Français sur dix choisissent leur lieu de vie en fonction de la présence d'espace vert à proximité de leur habitation (25). Les raisons de cet engouement sont diverses: relaxation, rencontre des autres habitants, pratique d'un sport ou d'une activité récréative (24). Il est alors indispensable de planter des arbres et de les entretenir pour le bien-être de la population.

Attractivité des espaces verts dans la ville de Porto-Novo

L'attractivité des espaces verts dépend de leurs superficies et de la richesse spécifique de la flore qui la compose. La délimitation de la zone de desserte d'un espace vert repose sur le constat qu'un espace possède une aire d'attraction de proximité au-delà de laquelle le temps de déplacement des populations limite la fréquentation à pied. L'utilisation d'un espace vert est soumise à la contrainte de la distance. Plus l'espace vert est éloigné du domicile, moins l'individu a de chance de le fréquenter. L'attractivité d'un espace vert est aussi conditionnée par sa taille et par les équipements qui s'y trouvent (12).

On note à Porto-Novo que les espaces verts existants ne couvrent pas entièrement la ville. L'analyse des zones couvertes révèle une forte fréquentation des populations dans un rayon de 300 m. Cette fréquentation est moyenne lorsqu'on s'éloigne sur 600 m et devient faible dans un rayon de 900 m. Dans un rayon maximum de 900 m de couverture, plusieurs localités de la ville restent encore non couvertes (20). La superficie des espaces en creux dans cette ville reste assez importante. L'attractivité des espaces d'une superficie comprise entre 1 et 10 ha est de 500 m (8) alors que Legenne et al. (12) définissent pour les mêmes superficies une attractivité de 300 m. Cette étude a révélé que les populations ont exprimé une facilité de fréquentation de ces lieux dans un rayon de 900 m. L'effet de proximité favorise les populations à visiter les espaces verts. L'insuffisance de ces espaces sur un territoire ne permet pas aux populations de bénéficier pleinement de la nature en ville.

SIG comme mode de gestion

Le SIG est capable de jouer un rôle assez important dans la gestion des espaces verts dans la ville de Porto-Novo (20). Cet auteur a utilisé des analyses de proximité comme la création des zones tampons

(buffer) et le polygone de Thiessen pour exprimer la couverture spatiale des espaces verts dans cette ville. Une méthode similaire avait été utilisée par Mehdi et al. (15). Ils ont proposé un Système d'Information Géographique pour une gestion efficiente des espaces verts. Ceci pour inciter les collectivités territoriales à mettre en place des bases de données spatialisées.

Conclusion

Cette étude a permis d'avoir une idée sur l'importance et la place de la foresterie urbaine dans la ville de Porto-Novo. Certes, elle a révélé des insuffisances notoires tant en matière de potentiel floristique que de distribution spatiale des espaces verts. Pour ce qui concerne la superficie d'espace vert par habitant, les chiffres restent très faibles et difficiles à améliorer à cause de la faible superficie des nouveaux sites identifiés. Toutefois, il existe une lueur d'espoir à la foresterie urbaine dans cette ville. La recherche de solution à cette situation peut être basée sur l'utilisation d'un modèle de gestion et d'autres outils d'aide à la décision comme le SIG.

Références bibliographiques

- Emelianoff C., 2007, Les quartiers durables en Europe : un tournant urbanistique? Urbia, Cah. Dev. Urbain Durable, 4, 11-30. Université de Parakou, Bénin, 83.
- Alberti M., Marzluff J., Shulenberger E., Bradley G., Ryan C. & Zumbrunnen C., 2003, Integrating humans into ecology: Opportunities and challenges for studying urban ecosystems, Bioscience, 53, 12, 1169-79
- Barbosa O. & Tratalos J.A., 2007, Who benefits from access to green space? A case study from Sheffield, UK. Landscape, Urban Plan., 83, 187-195.
- Besse T.M. & Rouet P., 2009, La couverture végétale du cœur de l'agglomération de Paris: Une approche par la télédétection de précision. Agrippa d'Aubigné, Paris, n°199, 129 -134.
- Carreiro M.M. & Zipperer W.C., 2008, Urban Forestry and the Eco-City: today and Tomorrow. In: Ecology, Planning, and Management of Urban Forests: International Perspectives. Carreiro, M.M. et al. (eds.), Springer, Dordrecht, Pays-Bas, 435-456.
- Champiat C., 2009, Identifier les îlots de chaleur urbains pour réduire l'impact sanitaire des vagues de chaleur. Environ. Ris. Santé, 8, 5, 399-411.
- Da Cunha A., 2009, Urbanisme végétal et agriurbanisme : la ville entre artifice et nature, Urbia, Cah. Dev. Urbain Durable, 8, 1-20.
- Dutozia J., 2010, Emboitements d'échelles et espaces verts en milieu urbain : vers une localisation optimale Réflexion basée sur l'exemple de la ville de Nice. Colloque international SEH, Laboratoire ESPACE - CNRS - Université de Nice Sophia-Antipolis, 17.

9. Emelianoff C., 2007, Les quartiers durables en Europe : un tournant urbanistique? Urbia, Cah. Dev. Urbain Durable, 4, 11-30.
10. Gandonou B.M. & Guidibi E., 2006. Monographie de la ville de Porto-Novo. Rapport de consultation pour le Programme d'Appui au Démarrage des Communes. Afrique Conseil, Cotonou, République du Bénin, 67.
11. Kinzig A.P., Warren P., Martin C., Hope D. & Katti M., 2005, The effects of human socio economic status and cultural characteristics on urban patterns of biodiversity, *Ecol. Soc.*, 10, 1, 1-13.
12. Legenne C., Pigato L. & Mauclair C., 2009, La desserte en espaces verts, un outil de suivi de la trame verte d'agglomération. IAU îdF 16.
13. Long N., & Tonini B., 2012, Les espaces verts urbains : étude exploratoire des pratiques et du ressenti des usagers, *VertigoO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 12, 2, URL: <http://vertigo.revues.org/12931> ; DOI: 10.4000/vertigo.12931.
14. Marry S. & Delabarre M., 2011, l'impact du végétal sur la perception sonore dans les espaces publics *Urban Nature: VertigoO*, 11, 1, 26.
15. Mehdi L., Weber C., Di Pietro F. & Selmi W., 2012, Evolution de la place du végétal dans la ville, de l'espace vert à la trame verte, *VertigoO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 12, 2, URL: <http://vertigo.revues.org/12670> ; DOI: 10.4000/vertigo.12670
16. MEHU/DUA., 2006, Revue du secteur urbain au Bénin. Etude préparatoire, volet socio-économique-infrastructures et équipement, rapport de synthèse. Cotonou, Bénin, 269.
17. Natureparif, 2012, Politiques urbaines et biodiversité. Recueil d'actions de villes et agglomérations françaises et européennes, Iles de France, 116.
18. Nesrouche B.H., 2007, Approche écologique une ville saine pour un développement durable, cas de la ville de Constantine. Mémoire de magistère en urbanisme à la faculté des sciences de la terre, de géographie et de l'aménagement du territoire à l'université de Mentouri en Algérie, 189.
19. Nowak D.J., Hoehn R. & Crane D.E., 2007, Oxygen production by urban trees in the United States, *Arboric. & Urban For.*, 33, 220-226.
20. Osseni A.A., 2013, Utilisation du Système d'Information Géographique à l'optimisation de la gestion des espaces verts publics dans la ville de Porto-Novo, Bénin. Mémoire de DESS en Production et gestion de l'information géographique. RECTAS, Obafemi Awolowo University Campus, Ile-Ife, Nigeria. 75.
21. Polorigni B. Radji R. & Kokou K, 2014, Perceptions, tendances et préférences en foresterie urbaine : Cas de la ville de Lomé au Togo, *Eur. Sci. J.*, 10, 5, 261-277.
22. Pullin A.S. et Knight, T.M., 2005, Assessing conservation management's evidence base: a survey of management-plan compilers in the United Kingdom and Australia, *Conserv. Biol.*, 19, 1989-1996.
23. Saint-Laurent D., 2000, Approches biogéographiques de la nature en ville : parcs, espaces verts et friches. *Cah. Geogr. Que.*, 44, 122, 147-166.
24. Sanesi G. et Chiarello F., 2006, Residents and urban green spaces: the case of Bari, *Urban Greening*, 4, 125-134.
25. UNEP, 2008, Les espaces verts de demain. Usages et attentes des Français, Ipsos.

A.A. Osseni Abdel, Béninois, D.E.A. / Doctorant, Assistant de recherches, Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Département Aménagement et Gestion de l'Environnement, Laboratoire d'Ecologie Appliquée, Cotonou, Bénin.

I. Toko Mouhamadou, Béninois, Doctorat, Enseignant, Centre Régional de Formation aux Techniques des Levés Aérospatiaux, Département des SIG, Ilé-Ife, Osun State, Nigéria.

B.A.C. Tohazin, Béninois, D.E.A. / Doctorant, Enseignant, Centre Régional de Formation aux Techniques des Levés Aérospatiaux, Département de Cartographie, Ilé-Ife, Osun State, Nigéria.

B. Sinsin, Béninois, Doctorat / Professeur Titulaire des universités du CAMES, Enseignant-chercheur, Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Département Aménagement et Gestion de l'Environnement, Laboratoire d'Ecologie Appliquée, Cotonou, Bénin.

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. drie jaar oud) wetenschappelijk manuscript zijn: een doctoraal proefschrift of een werk van ten minste hetzelfde niveau.

Het werk mag niet uitgegeven zijn vóór de bekendmaking van de vraag. 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 in vijf exemplaren op het secretariaat van de Academie toekomen vóór 1 maart van het tweede kalenderjaar dat op de publicatie van de vragen volgt.

b) Beoordeling van de ingediende werken

Art. 1. Tijdens hun maartzitting duiden de klassen voor elk werk drie lezers aan om het te onderzoeken en er voor de jury een verslag over op te stellen.

Art. 2. De jury wordt voorgezeten door de Voorzitter van de Academie en is samengesteld uit zes gewone of eregewone leden, nl. twee per klasse, hetzij een per taalrol. Zij worden voor twee jaar aangeduid door de klasse. Elk jaar tijdens de maartzitting wordt de helft van de jury hernieuwd.

Art. 3. De prijzen worden in de maand mei door de klasse toegekend nadat zij het verslag van de jury gelezen en goedgekeurd heeft. De auteur van het bekroonde werk zal de titel van « Laureaat van de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen » dragen.

Art. 4. Na toekenning van de prijzen blijven de werken op het secretariaat van de Academie ter beschikking van de leden.

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. trois ans): une thèse de doctorat ou un travail de niveau au moins équivalent. Le travail ne peut avoir été publié avant la diffusion de la question. 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 des questions.

b) Appréciation des travaux introduits

Art. 1. En leur séance de mars, les classes désignent pour chaque travail trois lecteurs chargés de les examiner et d'en faire rapport auprès du jury.

Art. 2. Le jury est présidé par le Président de l'Académie et est constitué de six membres titulaires ou titulaires honoraires, à savoir deux par classe, dont un par régime linguistique. Ils sont désignés pour deux ans par la classe. Chaque année, lors de la séance de mars, le jury est renouvelé de moitié.

Art. 3. Les prix sont attribués par la classe au mois de mai après lecture et approbation du rapport du jury. L'auteur de l'ouvrage couronné portera le titre de « Lauréat de l'Académie royale des Sciences d'Outre-Mer ».

Art. 4. 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. three years old) scientific manuscript: a PhD thesis or a work of at least the same level. The work may not have been published before the announcement of the question.

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 questions. Five copies are required.

b) Assessment of the works submitted

1. In their March meeting, the Sections appoint for each work three readers in charge of inspecting them and making a report to the jury.

2. The jury is chaired by the President of the Academy and includes six fellow or honorary fellow members, i.e. two per Section, one per linguistic community. These are appointed by the Section for two years. Every year, in the meeting of March, half of the jury is re-elected.

3. Prizes are awarded by each Section in May after reading and approving the jury's report. The author of the award-winning work will be conferred the title of "Prizewinner of the Royal Academy for Overseas Sciences".

4. 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. tres años) : una tesis de doctorado o una obra que alcance al menos el mismo nivel.

La obra no puede haber sido publicada antes de la difusión de la cuestión.

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 las cuestiones. Se requieren cinco ejemplares.

b) Evaluación de las obras presentadas

1. En su sesión de marzo, las Secciones nombran para cada obra a tres lectores encargados de examinarlas y de hacer un informe para el jurado.

2. El jurado está dirigido por el Presidente de la Academia y constituido por seis miembros titulares o titulares honorarios, sea dos por Sección, de quienes uno por comunidad lingüística. Están nombrados para dos años por la Sección. Cada año, en la sesión de marzo, la mitad del jurado está reelegida.

3. Los premios son otorgados por la Sección correspondiente en el mes de mayo tras lectura y aprobación del informe del jurado. El autor de la obra premiada llevará el título de «Laureado de la Real Academia de Ciencias de Ultramar».

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

Koninklijke Academie
voor
Overzeese Wetenschappen



Académie Royale
des
Sciences d'Outre-Mer

Questions du concours 2016

Première question. - On demande une étude originale sur l'engagement de troupes coloniales dans la Première Guerre mondiale, que ce soit sur le front européen ou en dehors de l'Europe. La question porte aussi sur la mémoire liée à cet engagement et peut être traitée au départ de toutes les sciences humaines.

2^e question. - On demande une étude sur la gestion et la réduction des risques d'inondation dans des pays en développement.

3^e question. - On demande une étude d'impact sociale et économique, au sens large du terme (santé, éducation, sécurité, ...), du développement de réseaux de communication numérique dans les pays émergents. L'étude pourra également porter sur les possibilités de collaboration Sud-Nord qu'offrent les réseaux numériques au travers des plates-formes d'échange d'information, dans le domaine de la recherche.

Les ouvrages présentés au concours doivent parvenir au secrétariat de l'Académie avant le 1^{er} mars 2016.

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 2016

Eerste vraag. - Men vraagt een oorspronkelijke studie over het inzetten van koloniale troepen in de Eerste Wereldoorlog zowel in Europa als erbuiten. Het onderwerp kan ook slaan op de herinnering aan deze deelneming en kan vanuit elke discipline van de menswetenschappen benaderd worden.

2^{de} vraag. - Men vraagt een studie over het beheer en het beperken van overstromingsrisico's in ontwikkelingslanden.

3^{de} vraag. - Men vraagt een studie over de sociale en economische impact, in de ruime betekenis van het woord (gezondheid, opleiding, veiligheid, ...), van de ontwikkeling van digitale communicatienetwerken in groeilanden. De studie mag ook handelen over de Zuid-Noord samenwerkingsmogelijkheden die digitale netwerken bieden via informatie-uitwisselingsplatforms op het vlak van onderzoek.

De werken die voor de wedstrijd ingediend worden, moeten op het secretariaat van de Académie toekomen vóór 1 maart 2016.

Bijkomende inlichtingen kunnen verkregen worden op het secretariaat van de Académie, 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 2017

Première question. - On demande une étude sur les conséquences du tourisme international dans un ppement.

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>

ORGANISATION

Nature of the entity in charge of publication of *Tropicultura*, and purposes of the journal

Agri-Overseas is an association created in order to establish common-interest professional relationships between people working on overseas rural development. It publishes the scientific and information publication "*Tropicultura*" which covers rural problems in developing countries. This publication is published every three months with the financial support of the Brussels-Capital Region and the voluntary contribution of institutions or members. It benefits from the scientific patronage of the Belgian Royal Academy for Overseas Sciences (RAOS) and the "Brussels-Capital Region".

Agri-Overseas is composed of both individual members and members of the following Belgian Institutions: the Belgian Royal Academy for Overseas Sciences (RAOS), the four Faculties of Agronomy (Liège/Gembloux, Ghent, Leuven and Louvain-la-Neuve), the two Faculties of Veterinary Medicine (Ghent and Liège), the Department of bio-medical sciences of the Institute of Tropical Medicine in Antwerp, the Inter-faculty Section of Agronomy of the Université Libre de Bruxelles (Brussels), the Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix (Namur), the Department of Environment Sciences and Management from the University of Liège.

Board

The Board of Agri-Overseas is composed as follows: Professor J. Bogaert, President; Professor Dr Ir G. Mergeai, managing director; Dr E. Thys, Secretary; Professor Dr B. Losson, Treasurer; Honorary Professor Dr S. Geerts, RAOS representative member; Professor Dr J. Vercruysse, member; and Honorary Professor Dr Ir J. Hardouin, member.

Editorial Staff

The Publication Committee of *TROPICULTURA* is made up of Professor Dr Ir G. Mergeai, Chief editor, and the following editorial staff: Professor Ch. De Cannière for "forestry, Landscape Ecology and plant production", Professor Dr J.-P. Dehoux for "Animal Production and Animal Life Control", Dr D. de Lame for "Sociology", Honorary Professor Dr Ir F. Malaisse for "Forestry and Ecology", Professor Emeritus Dr J.-C. Micha for "Fishing and Pisciculture", Professor Emeritus Dr Ir E. Tollens for "Rural Economy", Professor Dr Ir P. Van Damme for "Agronomy and Forestry", Professor Dr E. Van Ranst for "Soil Science", Professor Dr P. Dorny for "Animal Health" and Ir. F. Maes, associate scientist. The secretariat deals directly with the other topics relevant to the journal (economy, sociology, etc.).

Publication secretariat

231, Avenue Louise B- 1050 Brussels – Belgium
Telephone: ++32.2.540 88 60/ 61; Fax.: ++32.2.540 88 59
Email: ghare.tropicultura@belgacom.net/ clouvet.tropicultura@belgacom.net
Website: <http://www.tropicultura.org/>

GUIDE TO AUTHORS

Manuscript content

The topics covered in articles published in *Tropicultura* focus on all issues affecting rural development and sustainable environment management in the hot regions of the planet. Priority is given to articles on original subjects, which have the widest possible scope. In other words, it is especially important that their content includes methodological aspects, which can be transferred to a wide range of environments and regions around the world. Particular emphasis is also placed on the reliability of the published information. For example, when reference is made to results obtained from experiments, importance is attached to the number of tests that were repeated at different times and places, which form the basis of the resulting data.

The manuscripts must be original and must not have been simultaneously submitted for publication to another scientific periodical. They can be written in one of the following four languages: English, Spanish, French and Dutch.

Submission procedure

Manuscripts must be sent to the editor-in-chief by post, in triplicate, in the form of a paper document, or 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.

Statement of publication

In order to ensure that the manuscript is original and approved for publication by his supervisory body, the principal author is requested to sign and return the statement.

Copyright

If the article is accepted, the editorial office will require a commitment from the various authors associated with the article, stating that they agree to assign their rights of publication to Tropicultura.

Contribution to publication costs

The total contribution made by authors to the cost of publishing the article amounts to 200 Euros. Before the article is processed, the corresponding author must sign and return the statement.

International reviewers

When submitting articles, the authors must suggest three internationally renowned reviewers who could assess their manuscripts.

Texte français dans le n°1

Nederlandse tekst in Nr.3

Texto Español en el N°4

TROPICULTURA

2015 Vol. 33 N° 2

Four issues a year (April-May-June)

EDITORIAL

Soil – the Key to our Future (in English and French)

G. Mergeai

65

ORIGINAL ARTICLES

Analysis of the Technical/Economic Performance of Four Cropping Systems Involving
Jatropha curcas L. in the Kinshasa Region (Democratic Republic of the Congo) (in English)

J.D. Minengu, P. Mobambo & G. Mergeai

67

Crop Production of Northern Mindanao, Philippines: Its contribution to the Regional
Economy and Food Security (in English)

G.M. Dejarne–Calalang, L. Bock & G. Colinet

77

Effect of Substrates on Germination and Seedling Emergence of Sunflower (*Helianthus annuus* L.)
at the Yongka Western Highlands Research/Garden Park, Bamenda-Cameroon (in English)

B.P.K. Yerima, Y.A. Tiamgne, L. Fokou, T.C.M.A. Tziemi & E. Van Ranst

91

Cassava Mosaic Disease Yield Loss Assessment under Various Altitude Agro- ecosystems
in the Sud-Kivu Region, Democratic Republic of Congo (in French)

E. Bisimwa, J. Walangululu & C. Bragard

101

Characterization of Baoulé Cattle in the "Pays Lobi" of Ivory Coast: Socio-economic Roles,
Management Practices, and Production Constraints (in French)

B. Soro, D.P. Sokouri, G.K. Dayo, A.S.P. N'Guetta & C.V. Yapi-Gnaoré

111

Effects of the Association of Compost and Mineral Fertilizer on the Productivity of a Cotton - Maize
cropping System in Burkina Faso (in French)

B. Koulibaly, D. Dakuo, A. Ouattara, O. Traoré, F. Lompo, P. N. Zombré & A. Yao-Kouamé

125

Germination and Growth of Four Species of Combretaceae in Nursery (in French)

A. Amani, M.M. Inoussa, I. Dan Guimbo, A. Mahamane, M. Saadou & A.M. Lykke

135

GIS and Green Spaces' Management in Porto-Novo Town in Benin (in French)

A.A. Osseni, I. Toko Mouhamadou, B.A.C. Tohozin & B. Sinsin

146

ANNOUNCEMENTS

157

TROPICULTURA IS A PEER-REVIEWED JOURNAL INDEXED BY AGRIS, CABI, SESAME AND DOAJ

