

TROPICULTURA

2017 Vol. 35 N°2

Trimestriel (avril-mai-juin)

Driemaandelijks (april-mei-juni)

Trimestral (abril-mayor-junio)

Quarterly (April-May-June)



Taches brunes sur une foliole de feuille de palmier à huile

Crédit: Guy Mergéai, Boma, RDC, 2013

Editeur responsable / Verantwoordelijke uitgever: J. Bogaert

Avenue Louise 231
1050 Bruxelles/Brussel
Belgique/België

Avec les soutiens

de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer (ARSOM), www.kaowarsom.be;
d'École régionale post-universitaire d'aménagement et de gestion intégrés des forêts et territoires
tropicaux (ERAIFT), www.eraift-rdc.cd; et de la Région de Bruxelles Capitale

Met de steunen van

de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen (KAOW), www.kaowarsom.be, van
École régionale post-universitaire d'aménagement et de gestion intégrés des forêts et territoires
tropicaux (ERAIFT), www.eraift-rdc.cd; en van het Brusselse Gewest

EDITORIAL/EDITORIAAL/EDITORIAL

Paradoxical Agriculture or the Art of Producing More While Using Less

L'agriculture paradoxale ou l'art de produire plus avec moins

De paradoxale landbouw of de kunst van het produceren van meer met minder

La agricultura paradójica o el arte de producir más con menos

G. Mergeai

71

ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

Assisted Natural Regeneration with Fencing in the Central and Northern Zones of Burkina Faso

Régénération naturelle assistée par la mise en défense dans les zones centrale et nord du Burkina Faso

Door hekwerk ondersteunde natuurlijke regeneratie in de centrale en noordelijke gebieden van Burkina Faso

Regeneración natural asistida por el desarrollo de la defensa en las zonas centro y norte de Burkina Faso

B. Belem, F. Kaguembega-Mueller, R. Bellefontaine, J.P. Sorg, U. Bloesch & E. Graf

73

Comparing the Benefits Between Producing Maize for Seeds or Consumption in Cameroon

Comparaison de la rentabilité de la production de semences et de grains de maïs pour la consommation au Cameroun

Vergelijking van de rendabiliteit in Kameroen van de productie van mais voor de zaden of voor de consumptie

Comparación de la rentabilidad de la producción de semilla y grano de maíz para el consumo en Camerún

A.J. Jaza Folefack

87

Effets de doses croissantes d'additifs sur la productivité de deux souches de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. sous la technique de gobetage et sur substrats locaux en R.D. du Congo

Effecten van toenemende doses additief op de productiviteit van twee stammen van *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. onder de dekaarde techniek en op lokale substraten in de D.R. Congo

Efectos de dosis crecientes de aditivos en la productividad de dos cepas de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. bajo de la técnica de envoltura y sobre sustratos locales en la R. D. Congo

G.N. Mushagalusa, J.M. Mondo, G.B. Masangu, S. Cikwanine, C. Sambili, E.M. Bagula & A.Z. Balezi

102

Rendements et mécanismes d'adoption du matériel végétal amélioré: le cacao au centre-Cameroun

Opbrengsten en adoptie-mechanismen van veredelde plantmateriaal: het geval van cacao g in Centraal Kameroen

Los rendimientos y los mecanismos de adopción de material de plantación mejorado: Cacao en el centro del Camerún

L.B. Mfeck Eyenga, C.B. Kamdem, L. Temple & S. Mathe

110

Inventaire et disponibilité des produits forestiers non-ligneux utilisés par les populations riveraines de la

Forêt Classée du Haut- Sassandra après la période de conflits armés en Côte d'Ivoire

Inventarisatie en beschikbaarheid van niet-houtige bosproducten gebruikt door de naburige bevolkingen van het

Geklasseerde Bos van Haut-Sassandra na de gewapende conflictperiode in Ivoorkust

Inventario y disponibilidad de productos forestales no maderables utilizados por los residentes ribereños del

Bosque Clasificado de Haut-Sassandra después del período de conflicto armado en Costa de Marfil

K.A. Kouakou, Y.S.S. Barima, G.G. Zanh, K. Traoré & J. Bogaert

121

Comparative Profitability of Managing *Meloidogyne incognita* on Cowpea (*Vigna unguiculata*) Using Carbofuran and Pulverized *Aloe keayi* Leaves

Comparaison de la rentabilité de la gestion de *Meloidogyne incognita* sur le niébé (*Vigna unguiculata*) en utilisant le carbofuran et la poudre de feuilles d'*Aloe keayi*

Vergelijkende rentabiliteit van de bestrijding van *Meloidogyne incognita* op zwartogenboon (*Vigna unguiculata*) met behulp van carbofuran en poeder van *Aloe keayi* bladen

Rentabilidad relativa del manejo de *Meloidogyne incognita* sobre caupí (*Vigna unguiculata*) con uso de carbofurano y hojas pulverizadas de *Aloe keayi*

A. A. Tanimola, B. Fawole & A.O. Claudius-Cole

137

ANNONCES/ AANKONDIGINGEN/ ANUNCIOS

RAOS: International Conference on Sustainable Energy for Africa

146

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

Paradoxical Agriculture or the Art of Producing More While Using Less

All over the world, agriculture is facing a host of major challenges, which must be overcome if we want to feed humanity sustainably over the next few decades. The amount of available arable land per capita is falling, together with soil quality. It is also becoming increasingly difficult to provide everyone with water, with the water supply becoming less reliable in many regions of our planet. At the same time, there is a tendency for the price of inputs to increase. We must overcome these challenges, while protecting the quality of our natural resources and reducing poverty.

Studies conducted on irrigated perimeters in Northern Pakistan, which were previously dominated by traditional flooded rice cultivation, show that combining the principles of conservation agriculture and the System of Rice Intensification (SRI) developed by De Laulanié (1993) may represent an attractive alternative. This approach might enable us to produce more while using fewer resources.

This new production method was described as “paradoxical agriculture” by Sharif (2011). It is based chiefly on the creation of permanent raised-beds and precision mechanical weeding using the appropriate agricultural machinery. The raised beds are created by compacting the bottoms of the furrows that separate them. These techniques make it possible to aerate the soil effectively and limit the percolation of irrigation water, by forcing it inside the raised-beds where it is absorbed by the roots of the cultivated plants. As with the SRI, fertilisation can be mainly organic.

Initially developed for the cultivation of rice, this new production method has been used successfully for the cultivation of other plants (potatoes, wheat, carrots, etc.). It makes it possible to significantly increase yields, while reducing crop water requirements by 70%.

Similar results can be obtained, without using sophisticated machines, in rice intensification systems, but on far smaller plots. A great deal of research is being conducted, in order to explain how it could be possible to produce more but with fewer inputs. Improved soil aeration, combined with an adequate water supply for the plants and the slow release of nutrients, which are stored in organic form in the soil, represent possible explanations for these amazing performance gains.

Those who wish to know more about the principles and methods used for paradoxical agriculture can consult the website: www.pedaver.com.

I hope you will enjoy reading this new edition of Tropicultura.

Guy Mergeai
Editor-in-Chief

De Laulanié H., 1993, Le système de riziculture intensive malgache (Intensive Rice Farming in Madagascar). *Tropicultura*, 11, 3, 110-114.

Sharif A., 2011, Technical adaptations for mechanized SRI production to achieve water saving and increased profitability in Punjab, Pakistan. *Paddy Water Environ.*, 9, 111-119.

L'agriculture paradoxale ou l'art de produire plus avec moins

L'agriculture mondiale est confrontée à plusieurs défis majeurs qu'il est indispensable de relever pour pouvoir nourrir durablement l'humanité au cours des prochaines décennies. La surface de terres arables disponible par habitant et la qualité du sol diminuent tandis que l'approvisionnement en eau devient plus difficile et moins fiable dans de nombreuses régions de notre planète; ceci alors que le prix des intrants tend à augmenter. Relever ces gageures devra se faire en préservant la qualité de nos ressources naturelles et en réduisant la pauvreté.

Des travaux menés au Nord du Pakistan dans des périmètres irrigués dominés jusqu'ici par la riziculture inondée classique montrent que la combinaison des principes de l'agriculture de conservation et du système de riziculture intensive (System of Rice Intensification, SRI) mis au point par De Laulanié (1993) peut constituer une alternative intéressante pour produire plus avec moins de ressources.

Ce nouveau mode de production est appelé «agriculture paradoxale» par Sharif (2011). Il repose en grande partie sur la constitution de planches surélevées permanentes et la réalisation de sarclages mécanisés de précision au moyen de machines agricoles adaptées. La constitution des planches surélevées se réalise en compactant le fond des sillons qui les séparent. Ces techniques permettent une bonne aération du sol et de limiter la percolation de l'eau d'irrigation en la forçant à aller vers l'intérieur des planches où elle est prélevée par les racines des plantes cultivées. Comme dans le cas du SRI, la fertilisation peut être principalement organique.

Développé initialement pour la culture du riz, ce nouveau mode de production est appliqué avec succès à la culture d'autres plantes (pomme de terre, blé, carottes, ...). Il permet d'augmenter considérablement les rendements tout en réduisant de 70 % les besoins en eau des cultures.

Des résultats similaires peuvent être obtenus sans recours à des machines sophistiquées dans les systèmes de riziculture intensive mais sur des parcelles de beaucoup plus petite taille. De nombreuses recherches sont en cours pour expliquer comment il est possible de produire plus avec moins d'intrants. La meilleure aération du sol associée à une alimentation en eau adéquate des plantes et à la libération progressive des nutriments stockés dans le sol sous une forme organique constituent des explications possibles de ces gains de performance étonnants.

Ceux qui souhaitent en savoir plus sur les principes et les modes d'application de cette agriculture paradoxale peuvent consulter le site web www.pedaver.com.

Je vous souhaite une excellente lecture de ce nouveau numéro de Tropicultura.

Guy Mergeai
Rédacteur en chef

De Laulanié H., 1993, Le système de riziculture intensive malgache (Intensive Rice Farming in Madagascar). *Tropicultura*, 11, 3, 110-114.

Sharif A., 2011, Technical adaptations for mechanized SRI production to achieve water saving and increased profitability in Punjab, Pakistan. *Paddy Water Environ.*, 9, 111-119.

Assisted Natural Regeneration with Fencing in the Central and Northern Zones of Burkina Faso

B. Belem^{1*}, F. Kaguembega-Mueller², R. Bellefontaine³, J.P. Sorg⁴, U. Bloesch⁴ & E. Graf⁴

Keywords: Assisted Natural Regeneration- Fencing- Forest Restoration- NewTree- Sahel- Burkina Faso

Summary

Despite their socio-economic importance, forests and other woodland vegetation are declining rapidly in Africa. In the Sahel, climate change and desertification intensify this problem and the local population is lacking woodland resources for daily life. Therefore, there is a need for improved and long-term restoration of degraded ecosystems. The present article investigates an approach of sustainable forest restoration by Assisted Natural Regeneration (ANR) with fencing, a technique adopted by newTree, a Swiss NGO, since 2003 in the Central and Northern zones of Burkina Faso. The present article investigates the effects of ANR on vegetation restoration and on population's livelihood. Methods include vegetation inventories, literature review, analysis of newTree technical reports from 2003 to 2012, stakeholders' interviews and cost-benefit examination. Results show a striking development of vegetation within only nine years of protection. Inventories of trees inside and outside fences show that variety of tree species and number of trees is much higher inside the protected areas than outside fencing. Moreover the approach of newTree contributes to farmers' livelihood improvement by the valorization of non-wood forest products (NWFP) and sustainable agriculture. Costs for fencing are relatively high but on the other hand the approach is very effective by involving the population in a participatory way. The double objective – biodiversity conservation and poverty reduction – can be effectively achieved by the whole approach of newTree using ANR technique. ANR could be applied in areas where tree planting is made difficult by the poverty and the lack of water for the creation of nurseries.

Résumé

Régénération naturelle assistée par la mise en défense dans les zones centrale et nord du Burkina Faso

Malgré leur importance, les forêts et les autres ressources végétales sont en déclin rapide en Afrique. Dans le Sahel, les changements climatiques et la désertification accentuent ce problème et les communautés se trouvent dépourvues de ressources pour soutenir leur vie quotidienne. Par conséquent, il est nécessaire d'assurer à long terme la restauration des écosystèmes dégradés. Le présent article examine les effets de la Régénération Naturelle Assistée (RNA) sur la restauration de la végétation et sur l'amélioration des conditions de vie des populations au Centre et au Nord du Burkina Faso. Les méthodes d'évaluation incluent la revue de la littérature intégrant l'analyse des rapports techniques de newTree depuis 2003 à 2012, les inventaires de la végétation ligneuse, les interviews des acteurs et enfin l'examen des coûts-avantages liés à l'application de la RNA. Les résultats montrent que le nombre des espèces du point de vue botanique et le nombre d'arbres sont plus élevés à l'intérieur des clôtures qu'à l'extérieur. En outre, l'approche de newTree contribue à l'amélioration des moyens de subsistance des producteurs. Bien que les coûts d'installation des clôtures soient relativement élevés, l'approche demeure efficace en impliquant la population. La conservation de la biodiversité et la réduction de la pauvreté peuvent être atteintes par l'application de la démarche de newTree. La RNA pourrait être appliquée dans les zones où la plantation des arbres est rendue difficile à cause de la pauvreté des communautés et le manque d'eau pour la création de pépinières.

¹Action Group for Tree Promotion and Valuation in the Sahel

²NewTree Burkina Faso, Ouagadougou, Burkina Faso.

³CIRAD, UMR AGAP, Montpellier, France.

⁴NewTree Schweiz, Bollwerk, Bern, Switzerland.

*Corresponding author: E-mail : belbass@hotmail.com

Introduction

In Africa, forests and trees are major contributors to food and pharmacological security, on one hand through providing edible fruits and leaves and protection of agricultural soils and water resources and on the other hand through income generating activities for the purchase of food for the most poor and vulnerable people (14, 16, 28).

Despite this importance, forests are degrading and lead to biodiversity loss (12). Forests of Burkina Faso including woodlands and savannahs cover 21% of the land (5,649,000 ha) and the average annual forest loss is 1.03% or 60,000 ha (13). Forest is determined both by the presence of trees and the absence of other predominant land uses. The trees should be able to reach a minimum height of 5 meters. Forest includes areas with young trees that have not yet reached but which are expected to reach a canopy cover of at least 10 percent and tree height of 5 meters or more. It also includes areas that are temporarily unstocked due to clear-cutting as part of a forest management practice or natural disasters, and which are expected to be regenerated within 5 years. Wooded land is land not defined as "Forest", spanning more than 0.5 hectares; with trees higher than 5 meters and a canopy cover of 5-10 percent, or trees able to reach these thresholds; or with a combined cover of shrubs, bushes and trees above 10 percent. It does not include land that is predominantly under agricultural or urban land use (13).

Climate change (recurrent droughts), forest clearing for agriculture, trees and shrubs cutting for firewood and construction, animal browsing and unsustainable non wood forest products (NWFP) harvesting are the main causes of land and forest degradation (36). Indirect causes include poverty (16), which is a widespread phenomenon in Burkina Faso, 43.9 percent of the inhabitants live below the absolute poverty line.

In order to sustain the population's livelihood, the government of Burkina Faso, through the Forest Investment Program (29), supports policies, measures and scales up financing in order to facilitate the reduction of deforestation and forest degradation and promotes a sustainable forest management, resulting in emission reduction, protection of carbon stocks and control of desertification and poverty. This program is in compliance with the country's Strategy for Accelerated Growth and Sustainable Development (21) for the achievement of the Millennium Development Goals and the Global Strategy for Plant Conservation (8).

Biodiversity conservation in Burkina Faso is based on preservation of forests and woodlands through the establishment of State forests (23, 41, 43) and tree planting during the rainy season, from June to September. But besides these methods, Assisted Natural Regeneration (ANR) is a viable technique that contributes to restore vegetation.

Natural Regeneration is the process by which plants recolonize land where the vegetation has been partly or totally destroyed. Besides the capacity to germinate from available seeds, some tree species are able to regenerate by shooting, suckering or by coppicing (1, 2, 3, 4, 5, 24, 32, 42).

This natural process of tree regeneration can be assisted with fencing of degraded areas as undertaken in Ethiopia, Nigeria (35) and Burkina Faso (10). Especially when animal browsing is one of the key factors for vegetation degradation, ANR with fencing may be a viable alternative for biodiversity conservation. But despite its practical advantages, the technique remains underutilized due to lack of awareness and research results demonstrating its effectiveness (35).

The present article proposes to contribute to fill this gap by describing and discussing the experiences of newTree, a Swiss NGO adopting ANR with fencing in Burkina Faso since 2003. More specifically, we seek to analyse the success of the newTree approach by its effects on plant conservation and impact on population livelihood in the sudanian and sahelian ecosystems in West Africa in general and Burkina Faso particularly.

Study sites

newTree intervention areas in Burkina Faso include the sudano-sahelian central region with five provinces (Boulkiemde, Kadiogo, Kourwéogo, Oubritenga and Sanmatenga) and the sahelian northern region, with two provinces (Soum and Loroum) (Figure 1). The sudano-sahelian central region is characterized by an average annual rainfall of 600 to 900 mm and a rainy season lasting about 4 months from June to September. The strain on land utilization is very high in this part of the country due to the high population density of 50 - 100 and more inhabitants per km² (22). Farming methods remain traditional and are essentially orientated towards food crops, dominated by sorghum (*Sorghum bicolor* L.) and millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br. Parkland tree species include *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn., *Parkia biglobosa* (Jacq.) R.Br. ex G. Don, *Tamarindus indica* L., *Adansonia digitata* L., *Bombax costatum* Pellegr. & Vuill.. Erratic rainfalls, deforestation, and livestock grazing result in vegetation and land degradation, which are the main constraints for a sustainable development in that region.

The sahelian northern region is characterized by an annual average rainfall less than 600 mm with a short rainy season (4 months maximum).

In this zone, the population density is less than 50 inhabitants per km² (22). Crop-based farming coexists with agro-pastoral livestock production. Main tree and shrubs include *Balanites aegyptiaca* (L.) Delile, *Acacia nilotica* (L.) Willd. ex Delile, *A. senegal* (L.) Willd., *A. raddiana* Savi, *Euphorbia balsamifera* Aiton, *Faidherbia albida* (Delile) A. Chev., *Leptadania pyrotechnica* (Forssk.) Decne.

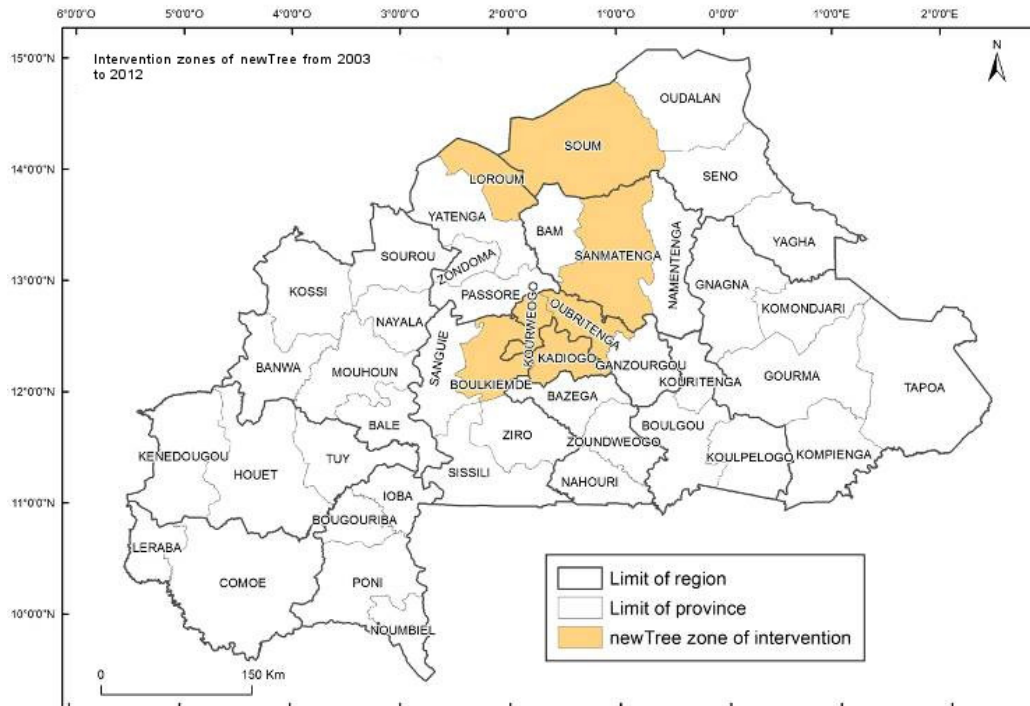


Figure 1: Intervention zones of newTree (source: newTree).

Insufficient or irregular rainfall and low soil fertility are serious constraints for agricultural development. Drought and livestock pressure seriously affect the survival of plant species (36).

These zones are selected by newTree to undertake a participatory degraded land restoration with fencing.

NewTree Approach

In Burkina Faso, the overall goal of newTree is to sustainably restore degraded ecosystems while contributing to livelihood improvement of the rural population (Figure 2). One of the main activities of the program is the protection of degraded land by a wire fence to prevent animal browsing. This protection is necessary as during the dry season, animals are roaming freely and browse unprotected plant species. Besides protecting degraded ecosystems by fencing the approach is accompanied by the creation of income generating activities through the promotion of non-wood forest products (NWFP) like bee-keeping, harvesting of fodder, transformation of seeds (e.g. *B. aegyptiaca* (L.) Del.) to oil, etc. Promotion of improved cooking stoves to reduce fuel wood consumption is also a component of the approach. The organization provides education of the local population through a centre for agro-ecological training and a centre for transformation of NWFP (Photo 1). Since 2011 newTree is also conducting a Farmer Managed Natural Regeneration (FMNR) project in the Soum province. This is another effective method to regenerate degraded ecosystems without fencing.

Results are not yet available from this activity but there exist a lot of experiences from Niger where FMNR has been a wide spread method since 30 years (26, 33, 34).

newTree's interventions are based on a participatory approach to rural development and environmental conservation (19). For all these activities newTree sets a high value on the training, awareness building, capacity enhancement and empowerment of farmers and women in particular. This provides for long-term responsibility and therefore sustainability of the approach, and enables independent chain reactions. newTree has ten years of experience of ANR with fencing so therefore the present article is assessing the impact and the general results of this approach, including effects of income generating activities and the accompanying capacity building and training from 2003 to 2012.

Site management for the protected degraded land with fencing is clearly established through a contract agreement between newTree and the farmers. This contract includes traditional and government land rights and clarifies each other's responsibilities and rights, contributing to avoid conflicts on land rights and between resource users.

The contracting farmers are bound to contribute by providing labor for the construction of fences (e.g. hole digging, pole installation, fabrication of chain-linked fence materials and maintenance) and locally available fence construction components (sand, gravel, rock and water). newTree contributes by delivering other material like iron poles, wire, cement and technical support.

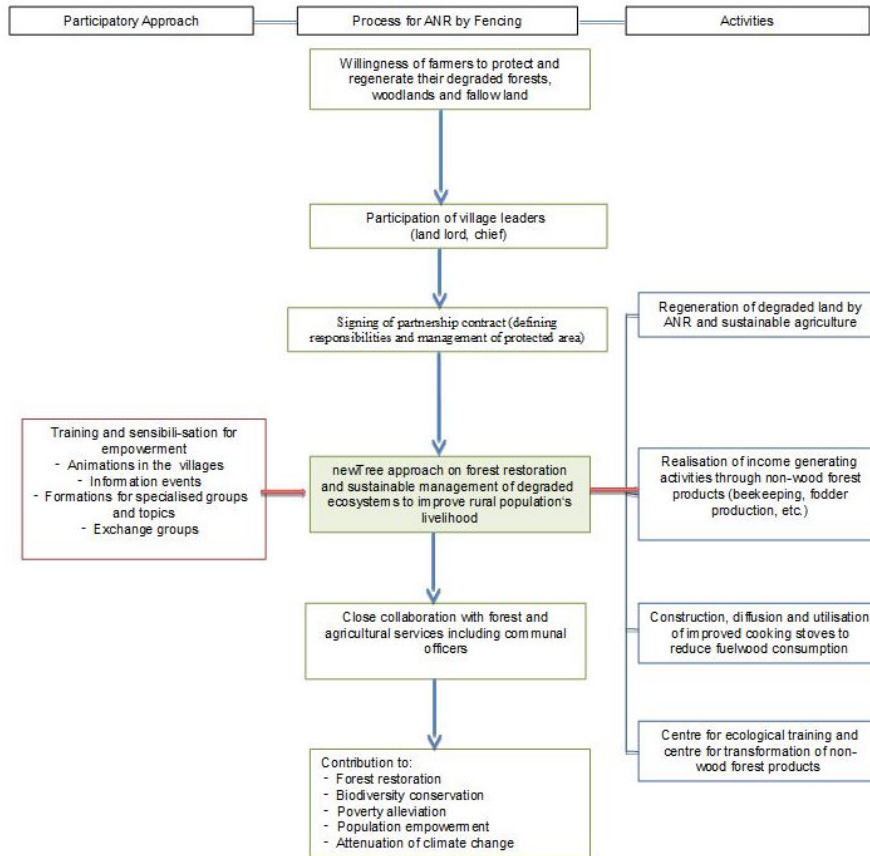


Figure 2: NewTree approach.



Photo 1: Fodder production: one of multiple income generating activities at Djibo, Northern Burkina Faso (Photo F. Kaguembèga).

In each village, efforts are made to foster women's participation in the program in order to strengthen sustainability and gender diversity.

Each protected site is divided into a surrounding layer of 10 meters called cultivation band where agroforestry technologies are applied (e.g. improved ploughs, soil fertilization with compost) and an inner protected core without any agricultural activities. The expected results of the ANR with fencing are presented in table 1.

Methods

Methods used to assess the impact of the approach of ANR with fencing include inventories of the protected sites, analysis of newTree annual reports from 2003 to 2012 (31), participatory SWOT analysis, and cost-benefit examination.

Inventories of protected sites

In the beginning, newTree inventories tree and shrubs of all fenced sites. Subsequently, each site is generally inventoried every five years. From 2003 to 2005 all installed sites have been fully inventoried whereas from 2006 onwards, only half of all fenced sites have been inventoried with samples due to the highly increased number of protected sites as well as limited financial and human resources. Inventories take place from March to June before the rainy season.

At each site, the inventory is carried out in one sample plot which is a circle covering a quarter of the area. Example: since the area of the protected site is 28,000 m² or 2.8 ha, a circle of a radius of 49.6 m is adopted. Outside each protected site, the same area is randomly selected. The outside sample plot is defined by projecting the inside sample plot outside of the fence on the opposite site of the entry point to the protected site. Thus, both plots are established at the same distance from the cultivated strip. Within the plots, all trees, shrubs and lianas with a height ≥ 20 cm were recorded. Plant scientific names follow (37).

Data include kind of species (genus and family), height (h), Diameter at Breast Height (DBH). They were analyzed with the Excel 2013 to perform data analysis and graphical presentation.

Participatory SWOT analysis

newTree's approach has been analysed through stakeholders' interviews, participatory monitoring and evaluation of newTree partners and staff with participatory SWOT analyses.

The SWOT method evaluates the Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats involved in the project implementation. For stakeholders, the advantages they have in collaborating with newTree, the interest of participating to the program implementation and main constraints were assessed.

Table 1
Expected results of the ANR with fencing.

Short-term	Mid and long-term
<ul style="list-style-type: none"> -Conservation of plant species -Increasing biomass and biodiversity (seedlings, stump sprouts, root suckers of endangered native tree species) -Soil improvement (increasing organic matter, applying compost in cultivation band) and water conservation (stone bunds) -Increasing income for farmers: <ul style="list-style-type: none"> -Production of wood and NWFP (e.g. honey production and increasing grass biomass for roof tops, mats and 	<ul style="list-style-type: none"> -Restoration of degraded ecosystems, village forests, woodlands and fallows -Restoration of soil fertility -Increasing availability of fuel wood and construction wood -Increasing availability of sustainably produced NWFP -Diversification of plant based products to meet local people's needs -Poverty alleviation by improving farmers' livelihood -Attenuation of climate change

Costs and benefits

Benefits for the farmers have been analyzed by following the earnings of ten farmers with protected sites along different activities (agriculture, cattle breeding, ANR, secondary activities) (6). Data include the contribution of ANR to the total gross profit (%), the total gross profit with ANR (FCFA), the total gross profit without ANR (FCFA) and the average annual income per farmer provided by resources from ANR.

Expansion of ANR with fencing

From 2003 to 2012, a total of 198 sites have been fenced in collaboration with families and groups of farmers in seven provinces and protect currently 560 hectares of degraded lands (Figure 3, Table 2). About 40% of the protected sites occur in the central sudano-sahelien region and about 60% are implemented in the northern sahelian region. The mean, the minimum and the maximum protected area per fenced site are 0.28 - 0.41 and 10.4 ha respectively.

Each year, newTree is confronted with numerous demands from villages and farmers for installing protected sites of which only a part can be realized due to the limited capacities of the NGO. For example, for 2013 newTree received 209 demands of which only 30 could be granted. This high number of demands shows the utility of the program for the farmers and is a sign that the program is meeting their needs in a right way.

Evolution of tree species diversity within protected areas

The inventory results until 2012 show that 68,683 trees belonging to 103 different species grow on the inventoried samples (inventory surface = 92.8 ha; 740.12 trees/ha). By extrapolating on the whole protected area (560.1 ha), there is a total number of 414,540 trees throughout the seven provinces. The average number of species and trees per hectare is generally increasing with age of fencing (number of years since fencing), so the longer the degraded land is protected the higher the number of species and trees.

Results in figure 4 demonstrate clearly the positive impact of fencing on tree species diversity: across both central and northern regions, the average number of tree species per hectare is around double within the fenced areas compared to outside the fenced areas (Photo 2). In the central region, the impact is even 30-40% higher compared to the Northern region, which is due to climate differences. The number of trees, inside the fence is around five to six times higher than outside of the protected area (Figure 5). In appendix 1 are presented the main tree and shrubs species recorded in and outside fencing both in the central and northern zone in the inventory of 2011; carried out after eight of fencing.

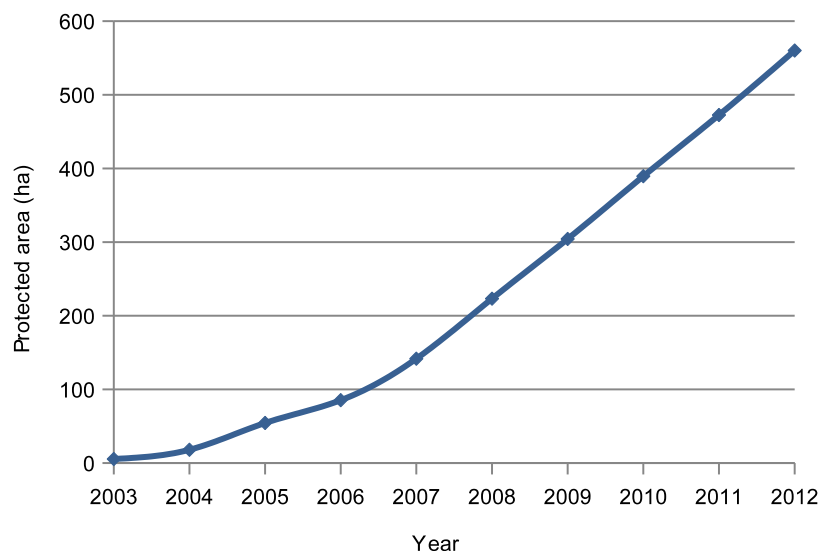


Figure 3: Increase of protected area with fencing since the beginning of newTree activities.

Table 2
Protected (fenced) sites until 2012.

Designation	Centre	North	Total
Province	5	2	7
Number of protected sites	82	116	198
Total protected area (hectares)	245	315	560

Swot analysis assessment of the ARN with fencing

SWOT analysis (Table 3) shows that farmers are satisfied with the protection and restoration of their degraded lands. They are experiencing a relatively fast development of vegetation, hence that trees grow better within the protected sites and produce more fruits than outside the fence. They also remark that seedlings are abundant within the protected sites. As main constraints, the NGO lists the limited number of appropriate partners, misunderstanding between neighbors, the lack of water and the limited period available for tree growing.

Costs and benefits of ANR

Overall, natural resources from ANR constitute around 20% of the total gross profit per farmer per year besides agriculture, cattle breeding and secondary activities. This translates to an average annual income per farmer provided by resources from ANR of CFA Franc 95,400 (= EUR 145) in the North and 41,200 CFA (~ EUR 63) in the Central region respectively. Farmers use a high variety of products like honey, construction wood, straw, root and bark, fruits, leaves, hay, fire wood and charcoal. Around 70% of the products from ANR are self-consumed. From the given 20% one can roughly calculate the income from the area without fencing.

For the detailed numbers see an overview in table 4. The absolute poverty line in Burkina Faso is approximately CFA Franc 108,454 (= EUR 165.35) per year (21). Hence especially in the North the valorization of the protection site through NWFP can highly contribute to reduce poverty. We can therefore conclude that ANR with enrichment planting combined with income generating activities contributes to Burkina Faso's poverty reduction strategy.

The establishment of one protected site of 3 ha costs around CFA Franc 2,250,124 (= EUR 3,420), of which 33% are borne by the land users, mainly in form of labor. The most expensive elements are the components for fence construction (e.g. poles, wire).

Advantages and drawbacks of ANR

By working directly with farmers and focusing on capacity building, as well as its aim for biodiversity conservation and increasing revenues of farmers, the newTree approach is in line with Burkina Faso's development strategy.

The newTree approach contributes to policy at national and international levels by using field projects to derive learnings to feed into the policy debate. Example is given by the establishment of a local convention to ensure that all stakeholders agree that the land is used for biodiversity conservation and that this conservation meets the needs of the communities in each village (see also 17).

Results of the analysis of the newTree approach to restore degraded ecosystems through ANR with fencing show a striking development of vegetation within only nine years. The fence together with a cultivation band where agroforestry is adopted effectively prevents disturbances such as grazing, fire and illegal wood cutting. Inventories show that inside protected areas the number of trees is around three to four times higher than outside the protected areas. The newTree approach enables farmers to get revenues from NWFP which helps as well to protect trees in future.

Table 5 compares various reforestation approaches (by planting of tree seedlings and reforestation by ANR techniques) and their merits. One constraint of tree planting methods is the high labor and financial inputs required (25). Assisted natural regeneration (ANR) however is a simple, low-cost forest restoration method that can effectively convert degraded deforested lands to more productive forests (20; 38, 39; 15, 40). The method aims to accelerate, rather than replace, natural processes by removing or reducing barriers to natural forest regeneration such as soil degradation, competition with weedy species, and recurring disturbances (e.g., fire, grazing, and unregulated wood harvesting) (2, 9, 35). Forest restored through ANR will have sometimes little commercial value in terms of timber, but it will support greater biodiversity and often more effectively provide products for subsistence needs of the local people as compared to commercial plantations. These disadvantages can be overcome by enrichment planting with local endangered trees, fruit trees, medicinal plant species, and tree species for fodder or beekeeping development (27, 30). Compared to reforestation by plantation, ANR methods offer some financial advantages because the costs associated with seed collection, nursery setting, seedlings' watering / irrigation and planting seedlings are eliminated or reduced. By adopting ANR with fencing however these advantages are reduced because of costs for the installation of the fence.

In addition the ANR method is a bottom-up approach where the population is included in the process in a participative way. Hence the approach is much better accepted and therefore success more sustainable. Another advantage is that ANR techniques are often adopted on land where the farmer has an approved usage right.

This is often not the case for reforestation by plantation where land belongs mostly to the state. The newTree approach is embedded in the ANR techniques with enrichment planting but with the special characteristic of fencing. This fact is increasing costs compared to ANR techniques without fencing and is one main constraint of the approach.

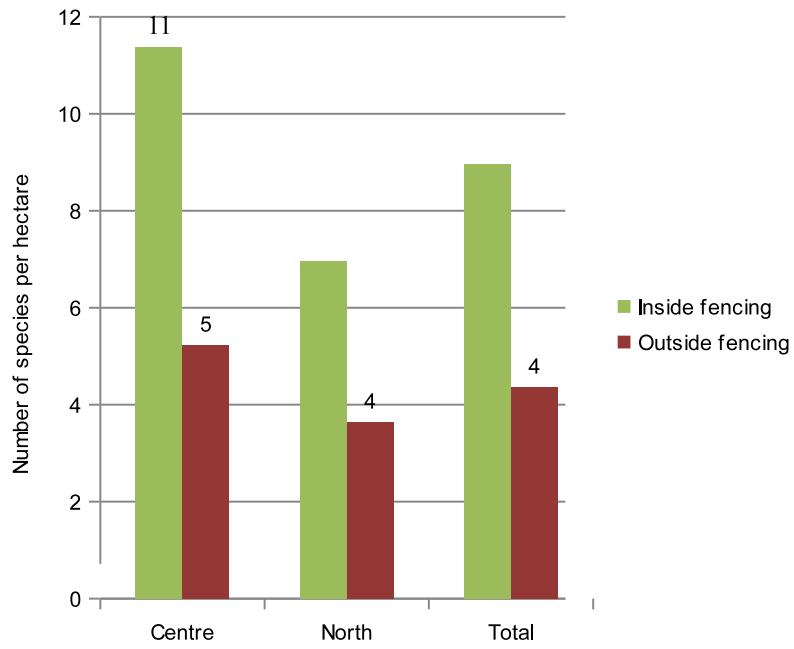


Figure 4: Average number of species per hectare both central and northern region.



Photo 2: newTree protects degraded ecosystems in central and northern Burkina Faso by fencing.

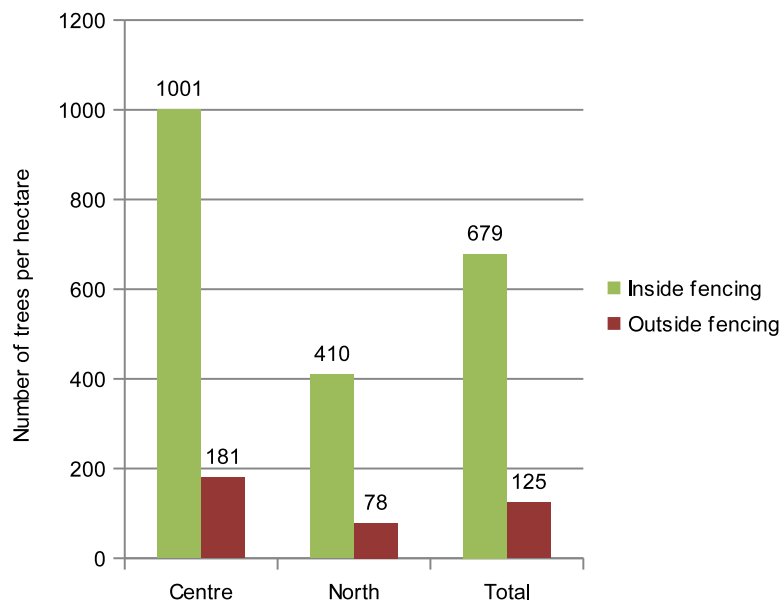


Figure 5: Average number of trees per hectare inside and outside of the protected area both central and northern region.

Table 3
Results of SWOT analysis.

Activities	Opportunities	Constraints	Solutions
Identification and selection of partners	Interest of farmers to restore their degraded lands; Availability of labor	Insufficient number of future partners Surface to protect by fencing too small (less than 3 ha)	Increase the number of appropriate partners (selection criteria)
Administrative validation of selected sites	Full participation of both modern and traditional local authorities Land tenure is not generally a problem	Political involvement in the partnership agreement	Reduce political interference
Delineation of sites and fixing fences	Availability of local labor	Misunderstanding with neighbors	Information of all the farmers
Raising saplings in nurseries for enrichment planting and live fences	Availability of land, seeds and labor	Lack of water supply Limited period for tree growing in nursery	Create water resources Appropriate choice of appropriate seedlings for planting (seedlings must be grown in nursery during 4-6 months before planting)
Practice of agro-forestry technologies	Availability of a portion of the site	Plants attacked by termites	Training farmers on agroforestry Increase the area to cultivate crops

Table 4
Overview over the income with and without ANR.

Designation	Burkina North	Burkina Central
Contribution of ANR to the total gross profit (%)	23	21
Total gross profit with ANR (FCFA)	414783	196190
Total gross profit without ANR (FCFA)	319383	154990
Average annual income per farmer provided by resources from ANR (FCFA)	95400	41200
Total gross profit with ANR (EUR)	630	298
Total gross profit without ANR (EUR)	485	235
Average annual income per farmer provided by resources from ANR (EUR)	145	63

Table 5
Various reforestation approaches and their merits [adapted (35)].

Reforestation Approach	Costs (Labor and Capital)	Conditions of success	Bio-diversity	Time for forest development	Social aspect in rural area
Commercial monoculture plantation	High	Fast growing selected species Rich soils	Low	Fast	Top down approach (land generally owned by the state)
ANR (seedlings, root suckers, ground layers, stump sprouts)	Very low	High availability of tree, shrub and herbaceous seeds	Low to medium	Medium	Bottom up approach (land is owned by local people)
ANR with enrichment planting	Low to medium	Planted trees must not compete with existing ones	Medium	Medium	Bottom up approach (land is owned by local people)

It impedes a future independent approach; this means farmers are remaining dependent on this first investment by a sponsor. Furthermore this implies that ANR with fencing cannot be adopted to protect large areas.

On the other hand, the newTree approach is demonstrating diverse advantages compared to other forest restoration methods. With its participatory bottom-up focus, degraded areas are restored very effectively. Farmers are involved from the beginning and take their responsibility within the process, which contributes to the inherent interest of the population in protecting the degraded areas. Illegal wood cutting, depletion and mismanagement are reduced to a minimum. Moreover ANR with fencing and with population's involvement is very effective and forest restoration is possible after a few years already. The fence prevents animals from entering and the cultivation band protects the site from fire. Therefore the main causes for tree and forest destruction in the Sahel are interrupted and vegetation development is enabled. Finally, sites protected by fencing can be assimilated to conventional protected areas if sustainable management principles and practices are applied. Regrowth of trees as a result of effective protection and adaptive management of protected areas also lead to conservation of biodiversity and reduced vulnerability to climate change (11).

Conclusion and recommendations

Villagers have shown a strong interest in biodiversity conservation and are the direct stakeholders of newTree activities in terms of capacity building. The double objective – biodiversity conservation and poverty reduction – can be effectively achieved by combining ANR and fencing, especially when participatory forest management is applied by devolving ownership and management of forest resources to local communities. Additional benefits including Non Wood Forest Products are likely to be achieved by applying agroforestry technologies in the protected sites.

ANR could be applied in areas where tree planting is made difficult by the poverty and the lack of water for the creation of nurseries. The future challenge is to work towards helping stakeholders from communities, government, civil society and disadvantaged groups to gain the skills and abilities needed to better manage and utilize their natural resources. In this respect, the setting up of knowledge, sharing and learning networks to link actors are key elements to promote.

Although the ANR method does not require significant research inputs before implementation, it is critical that monitoring and research are a part of the ANR process, so that changes in the vegetation can be evaluated and techniques can be improved as the amount of knowledge increases. Therefore, future research could include:

- Undertaking a cost benefit analysis of ANR with fencing with the purpose of improving the cost-benefit ratio and calculating an overall index by which project feasibility and achievements can be judged comparing the “with project” and “without project” situations (7, 18);

- Analysis of the capacity for in situ regeneration from seeds and vegetative organs of trees, shrubs and herbaceous plant species growing in the protected sites;

- Assess the biological impact (recruitment of trees and other plants, making habitat for fauna and birds, soil fertility restoration) of fencing compared to tree planting.

- Analyses and research about best strategies for the long-term valorization of the reduced emissions by the project through carbon credits (small-scale project, NWFP)

Acknowledgement

The authors would like to thank the scientific team of newTree, Switzerland especially Martin Schmid for his valuable comments. Further we thank to the rural farmers of newTree zone of intervention in Burkina Faso who work in good and close collaboration with the newTree team.

Literature

1. Bationo B.A., Karim S., Bellefontaine R., Saadou M., Guinko S., Ichaou A. et Bouhari A., 2005, Le marcottage terrestre : une technique économique pour la régénération de certains ligneux tropicaux, *Sécheresse*, **16**, 4, 309-311. http://www.secheresse.info/article.php?id_article=2342
2. Belem B., Boussim I.J., Bellefontaine R. & Guinko S., 2008, Stimulation du drageonnage de *Bombax costatum* par blessure des racines au Burkina Faso, *Bois et Forêts des Tropiques*, **295**, 1, 71-79. <http://www.bft.cirad.fr>
3. 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, 315-317. http://www.secheresse.info/article.php?id_article=2344
4. Bellefontaine R., Ferradous A., Mokhtari M., Bouiche L., Saibi L., Kenny L., Alifriqui M. & Meunier Q., 2013, *Mobilisation ex situ de vieux arganiers par marcottage aérien*, pp. 368-378. In: Actes du premier congrès international de l'arganier, 2011/12/15-17, Agadir, Maroc, INRA-Maroc Ed., 516 p. <http://www.inra.ma/Docs/actesarganier/arganier368378.pdf>
5. Bognougnou F., Savadogo P., Thiombiano A., Tigabu M., Boussim I.J., Oden P.C. & Guinko S., 2009, Impact of disturbance from roadworks on *Pteleopsis suberosa* regeneration in roadside environments in Burkina Faso, West Africa, *J. For. Res.*, **20**, 4, 355-361.
6. Both Ends, 2012, *Suivi des revenus issus des ressources agro-sylvo-pastorales dans 3 pays de la sous-région*. Rapport final.
7. Cavatassi R., 2004, *Valuation Methods for Environmental Benefits in Forestry and Watershed Investment Projects*. ESA Working Paper No. 04-01. Rome, 55 p.
8. CBD, 2002, *Global Strategy for Plant Conservation. The Secretariat of the Convention on Biological Diversity*. Montreal, CBD, UNEP, Botanic Gardens Conservation International, 16 p. <http://www.cbd.int/doc/publications/pc-brochure-fr.pdf>.
9. Cuny P., Sanogo S. & Sommer N., 1997, *Arbres du domaine soudanien. Leurs usages et leur multiplication*. Institut d'Economie Rurale, CRRRA-Sikasso, Mali et Intercoopération, Berne, Suisse, 122 p.
10. Devineau J.-L., Fournier A. & Nignan S., 2009, "Ordinary biodiversity" in western Burkina Faso (West Africa): what vegetation do the state forests conserve? *Biodivers. Conserv.*, **18**, 8, 2075-2099
11. Dudley N., Stolton S., Belokurov A., Krueger L., Lopoukhine N., MacKinnon K., Sandwith T. & Sekhran N., 2010, *Natural Solutions. Protected areas helping people cope with climate change*. Bristol UK, IUCN-WCPA, TNC, UNDP, WCS, The World Bank and WWF. 130 p.
12. FAO, 2007, *Situations des Forêts du monde 2007*. Rome, 157 p.
13. FAO, 2010a, FRA 2010, *Global Forest Resources Assessment 2010*. Global Tables. Rome.
14. FAO, 2010b, *Climate change implications for food security and natural resources management in Africa*. In: *Twenty-sixth Regional Conference for Africa*. 3-7 may 2010, Luanda, Angola. 23 p. https://www.google.com/url?q=http://www.fao.org/docrep/meeting/018/k7542e.pdf&sa=U&ved=0ahUKewjQLfyserKAhVJAxoKHevVCOgQFggPMAQ&client=internal-uds-cse&usg=AFQjCNFiQs4lLdKIELGvL8Hc13MH9z_FA
15. Fawa F., Mapongmetsem P.M., Tchingsabe O., Doumara D., Nenbe N. & Dona A. 2014, Root suckering of *Lophira lanceolata* Van Tiegh.ex Keay (Ochnaceae) in the Guinean Savannah Highlands of Cameroon, *Int. Res. J. Plant Sci.*, **5**, 2, 30-36, available at:<http://dx.doi.org/10.14303/irjps.2014.022>
16. Fisher R.J., Maginnis S., Jackson W.J., Barrow E. & Jeanrenaud S., 2005, *Poverty and Conservation. Landscapes, People and Power*. Gland, Switzerland and Cambridge, UK, IUCN. 167 p.
17. Granier L., 2006, *Les conventions locales de gestion des ressources naturelles et de l'environnement. Légalité et cohérence en droit sénégalais. Droit et politique de l'environnement*, n° 65. Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni, IUCN. 56 p.
18. Gregersen H.M., Arnold J.E.M. & Lundgren A.L., *Contreras-Hermosilla A.*, 1995, *Valuing forests: context, issues and guidelines*. FAO Forestry Paper 127. Rome, 62 p.
19. Guimarães J.P. de C., 2009, *Participatory Approaches to Rural Development and Rural Poverty Alleviation*. United Nations, Institute of Social Studies, ESCAP Working paper. 34 p.
20. Ichaou A., 2000, *Dynamique et productivité des structures forestières contractées des plateaux de l'Ouest nigérien. Thèse en Ecologie végétale tropicale*, Université P. Sabatier, Toulouse, 230 p.
21. IMF (International Monetary Fund), 2012, *Burkina Faso: Strategy for Accelerated Growth and Sustainable Development 2011-2015*, Washington D.C., IMF. 99 p.
22. INSD (Institut National de la Statistique et de la Démographie), 2009, *Tableau de Bord de l'Environnement du Burkina Faso*. 27 p.
23. Kaboré C., 2004, *Référentiel technique d'aménagement des forêts au Burkina Faso*. BKF/007-PAFDK. 133 p.
24. Ky-Dembele C., Tigabu M., Bayala J., Savadogo P. & Boussim I.J. & Odén P.C., 2010, Clonal propagation of *Detarium microcarpum* from root cuttings, *Silva Fennica*, **44**, 5, 775- 787.
25. Lamb D., 1998, Large-scale Ecological Restoration of Degraded Tropical Forest Lands: The Potential Role of Timber Plantations, *Restor. Ecol.*, **3**, 271-279.
26. Lamb D., Erskine P.D. & Parrotta J. A., 2005, *Restoration of Degraded Tropical Forest Landscapes*, *Sc.*, **310**, 5754, 1628-1632.
27. Leakey R., 2012, *Living with the trees of life: towards the transformation of tropical agriculture*. CABI, Wallingford, 200 p.
28. MECV (Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie), 2006, *Plan d'action de mise en œuvre des réformes institutionnelles et juridiques pour la décentralisation dans le secteur forestier*. Ouagadougou, MECV. 134 p.
29. MEDD (Ministère de l'Environnement et du Développement Durable), 2011, *Programme d'Investissement Forestier Ouagadougou*, 109 p.
30. Meunier Q., Arbonnier M., Morin A., Bellefontaine R., 2008, *Trees, shrubs and climbers valued by rural communities in Western Uganda. Utilisation and propagation potential*. French Embassy in Uganda and CIRAD, Montpellier, France, 106 p.
31. Larwanou M., Abdoulaye M., Reij C., 2006, *Etude de la régénération naturelle assistée dans la région de Zinder (Niger): une première exploration d'un phénomène spectaculaire*. International Resources Group, USAID, 56 p.

32. Lykke A.M., 2000, Local perceptions of vegetation change and priorities for conservation of woody-savanna vegetation in Senegal, *J. Environ. Manage.*, **59**, 107–120.
33. newTree, 2003-2012, *Rapport d'activités / Rapport annuel*.
34. Ouedraogo A., Thiombiano A., Hahn-Hadjali K. & Guinko S., 2006, Diagnostic de l'état de dégradation des peuplements de quatre espèces ligneuses en zone soudanienne du Burkina Faso, *Sécheresse*, **17**, 4, 485-491.
35. Reij C.P., 2009, Reverdir le Sahel: le succès de la régénération naturelle des arbres. *Agridape*: 6-8. http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/west-africa/la-diffusion-des-pratiques-durables/reverdir-le-sahel-le-succes-de-la-regeneration/at_download/article_pdf
36. Reij C.P. & Botoni E., 2009, *La transformation silencieuse de l'environnement et des systèmes de production au Sahel : Impacts des investissements publics et privés dans la gestion des ressources naturelles*. Univ. Libre, Amsterdam, 61 p.
37. Shono K., Cadaweng E. A., Patrick B., Durst P. B., 2007, Application of Assisted Natural Regeneration to Restore Degraded Tropical Forestlands, *Restor. Ecol.*, **15**, 4, 620–626
38. SP/CONAGESE, 2002, *State of environment*. Report for Burkina Faso. 50 p.
39. Vieira D.L.M., Scariot A., Sampaio A.B. & Holl K.D., 2006, Tropical dry-forest regeneration from root suckers in Central Brazil, *J. Trop. Ecol.*, **22**, 353-357.
40. Vieira D.L.M., Coutinho A.G., da Rocha G.P.E., 2013, Resprouting ability of dry forest tree species after disturbance does not relate to propagation possibility by stem and root cuttings, *Restor. Ecol.*, **21**, 3, 305-311.
41. TerrAfrica, 2011, *Sustainable Land Management in Practice. Guidelines and Best Practices for Sub-Saharan Africa*. Rome, 188 p.
42. Zida A.W., Bationo B.A., Somé A.N. & Bellefontaine R., 2014, Architecture racinaire et aptitude au drageonnage de *Balanites aegyptiaca*, *Sclerocarya birrea* et *Diospyros mespiliformis*, *Int. J. Biol. Chemi. Sci.*, **8**, 3, 903-915.
43. Zida D., 2007, *Impact of forest management regimes on ligneous regeneration in the Sudanian savanna of Burkina Faso*. Doctoral thesis. Umea, Swedish University of Agricultural Sciences.

B. Belem, Burkinabé, PhD, President of the Action Group for Tree Promotion and Valuation in the Sahel, Ouagadougou, Burkina Faso.

F. Kaguembega-Mueller, Swiss and Burkinabè, M.Sc, newTree country Director, Ouagadougou, Burkina Faso.

R. Bellefontaine, French, PhD, Researcher, CIRAD, UMR AGAP, Montpellier, France

J.P. Sorg, Swiss; PhD. Swiss Federal Institute of Technology in Zurich (ETH), Department of Environmental Sciences, retired.

U. Bloesch, Swiss, PhD. Director Adansonia-Consulting, Evilard, Switzerland.

E. Graf, Swiss, MSc., Scientific Officer Intercantonal Laboratory, Schaffhausen, Switzerland Switzerland.

Appendix 1

Botanical name of the main species recorded in the protected sites and outside (inventory of 2011) ANR.

<i>Species</i>	Family	Central zone		Northern zone	
		NSiPS	NSoPS	NSiPS	NSoPS
<i>Acacia erythrocalyx</i> Brenan	Fabaceae-Mimosoideae	108	6	0	0
<i>Acacia gourmaensis</i> A. Chev.	Fabaceae-Mimosoideae	241	38	0	0
<i>Acacia hockii</i> De Wild	Fabaceae-Mimosoideae	533	0	0	0
<i>Acacia laeta</i> R. Br. ex Benth.	Fabaceae-Mimosoideae	12	1	0	0
<i>Acacia macrostachya</i> Reichenb. ex DC	Fabaceae-Mimosoideae	665	82	21	1
<i>Acacia nilotica</i> subsp. <i>adstringens</i> (Schumach. & Thonn.) Roberty	Fabaceae-Mimosoideae	50	30	4313	688
<i>Acacia tortilis</i> (Forssk.) Hayne	Fabaceae-Mimosoideae	0	0	291	191
<i>Acacia senegal</i> (L.) Willd.	Fabaceae-Mimosoideae	13	12	1085	162
<i>Acacia seyal</i> Del.	Fabaceae-Mimosoideae	1613	541	3142	656
<i>Acacia sieberiana</i> DC.	Fabaceae-Mimosoideae	16	6	0	0
<i>Adansonia digitata</i> L.	Malvaceae	41	15	177	3
<i>Azelia africana</i> Smith ex Pers.	Fabaceae-Caesalpinioideae	8	0	0	0
<i>Albizia chevalieri</i> Harms	Fabaceae-Mimosoideae	102	0	3	0
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae	7	0	0	0
<i>Annona senegalensis</i> Pers.	Annonaceae	580	112	0	0
<i>Anogeissus leiocarpa</i> (DC.) Guill. & Perr.	Combretaceae	836	89	42	0
<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Delile	Zygophyllaceae	631	143	5375	1844
<i>Bauhinia rufescens</i> Lam.	Fabaceae-Caesalpinioideae	18		347	34
<i>Bombax costatum</i> Pellegr. et Vuillet	Malvaceae	124	19	0	0
<i>Boscia angustifolia</i> A. Rich.	Capparaceae	83	8	4	0
<i>Boscia senegalensis</i> (Pers) Lam ex Poir.	Capparaceae	139	33	0	0
<i>Boswellia dalzielii</i> Hutch.	Burseraceae	12	4	0	0
<i>Bridelia ferruginea</i> Benth.	Phyllanthaceae	287	4	0	0
<i>Calotropis procera</i> (Ait) Ait. f.	Capparaceae	9	7	50	14
<i>Capparis sepiaria</i> L.	Capparaceae	85	9	54	14
<i>Cassia sieberiana</i> DC.	Fabaceae-Caesalpinioideae	674	67	54	2
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Malvaceae	40	0	0	0
<i>Combretum aculeatum</i> Vent.	Combretaceae	1493	272	866	211
<i>Combretum glutinosum</i> Perr. ex DC.	Combretaceae	7575	1114	197	207
<i>Combretum micranthum</i> G. Don	Combretaceae	4708	965	533	312
<i>Combretum nigricans</i> Lepr. ex Guill. et Perr.	Combretaceae	538	336	55	4
<i>Commiphora Africana</i> (A.Rich.) Engl.	Burseraceae	118	8	1	1
<i>Crossopteryx febrifuga</i> (Afzel. ex G. Don) Benth.	Rubiaceae	671	0	0	0
<i>Daniellia oliveri</i> (Rofe) Hutch. et dalz.	Fabaceae-Caesalpinioideae	5	0	0	0
<i>Detarium microcarpum</i> Guill. et Perr.	Fabaceae-Caesalpinioideae	1852	0	0	0
<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wright et Arn.	Fabaceae-Mimosoideae	770	13	137	14
<i>Diospyros mespiliformis</i> Hoscht. ex A. Rich.	Ebenaceae	3676	901	33	0
<i>Entada africana</i> Guill. Et Perr.	Fabaceae-Mimosoideae	589	1	0	0
<i>Faidherbia albida</i> (Del.) A. Chev.	Fabaceae-Mimosoideae	56	77	72	16
<i>Feretia apodanthera</i> Del.	Rubiaceae	2753	134	93	3
<i>Gardenia erubescens</i> Stapf et Hutch.	Rubiaceae	1398	20	1	
<i>Gardenia sokotensis</i> Hutch.	Rubiaceae	288	94	14	0
<i>Gardenia ternifolia</i> Schumach. et Thonn.	Rubiaceae	155	0	11	0

<i>Grewia bicolor</i> Juss.	Malvaceae	203	15	7	5
<i>Grewia flavescens</i> Juss.	Malvaceae	45	11	2	0
<i>Grewia mollis</i> Juss.	Malvaceae	530	17	4	2
<i>Guiera senegalensis</i> J.F. Gmel.	Combretaceae	17761	4203	5515	2945
<i>Holarrhena floribunda</i> (G. Don) Dur. et Schinz	Apocynaceae	216	16	0	0
<i>Hyphaene thebaica</i> (L.) Mart.	Arecaceae	28	3	0	0
<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss	Meliaceae	93	5	0	0
<i>Lannea acida</i> A. Rich	Anacardiaceae	400	11	0	0
<i>Lannea microcarpa</i> Engl. & K. Krause	Anacardiaceae	1730	318	23	3
<i>Lannea schimperi</i> (Hochst. ex A. Rich.) Engl.	Anacardiaceae	173	0	0	0
<i>Maerua angolensis</i> DC.	Capparaceae	233	7	192	6
<i>Maerua crassifolia</i> Forssk.	Capparaceae	16	3	568	152
<i>Gymnosporia senegalensis</i> (Lam.) Loes.	Celastraceae	1076	95	0	0
<i>Ozoroa insignis</i> Del.	Anacardiaceae	404	11	0	0
<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) R. Br. ex G. Don	Fabaceae-Mimosoideae	110	5	1	0
<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst.	Fabaceae-Caesalpinioideae	10324	3226	2553	501
<i>Piliostigma thonningii</i> (Schumach.) Mine-Redh.	Fabaceae-Caesalpinioideae	1050	125	0	0
<i>Pteleopsis suberosa</i> Engl. Et Diels	Combretaceae	564	20	0	0
<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir.	Fabaceae-Faboideae	48	6	1	0
<i>Saba senegalensis</i> (A. DC) Pichon	Apocynaceae	360	8	0	0
<i>Sclerocarya birrea</i> (A. Rich.) Hochst.	Anacardiaceae	587	149	163	32
<i>Securidaca longepedunculata</i> Fres.	Polygalaceae	7	20	0	0
<i>Flueggea virosa</i> (Roxb. ex Willd) Voigt.	Phyllantaceae	390	7	1	0
<i>Senna singueana</i> (Del.) Lock	Fabaceae-Caesalpinioideae	1040	41	2	0
<i>Sterculia setigera</i> Del.	Malvaceae	146	17	0	0
<i>Stereospermum kunthianum</i> Cham.	Bignoniaceae	1686	61	13	0
<i>Tamarindus indica</i> L.	Fabaceae-Caesalpinioideae	96	20	4	1
<i>Terminalia avicenioides</i> Guill. et Perr.	Combretaceae	2241	32	2	
<i>Terminalia macroptera</i> Guill. et Perr.	Combretaceae	11	5	0	0
<i>Vitellaria paradoxa</i> Gaertn. F.	Sapotaceae	3498	695	8	0
<i>Vitex doniana</i> Sw eet	Lamiaceae	119	0	0	0
<i>Ximenia americana</i> L.	Ximeniacaceae	1311	157	27	0
<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.	Rhamnaceae	2117	642	2065	411

Legend

NSiPS: Number of species in the protected sites

NSoPS: Number of species outside the protected sites

Comparing the Benefits Between Producing Maize for Seeds or Consumption in Cameroon

A.J. Jaza Folefack*¹

Keywords: Pure seed- Residual seed - Production elasticity- Cameroon

Summary

This paper compares the benefits between seed maize producers (using pure seed) and consumption maize producers (using residual seed) in the Western upper plateau zone of Cameroon. From the field survey, seed maize producers record higher crop yields and gross margins. The estimated Cobb-Douglas production functions show the highest significant coefficient for pure seed used by seed maize producers indicating that pure seed is the most productive input in both groups and thus using pure seed is more advantageous than residual seed. Results from the financial gain assessment by increasing other factor inputs indicate that mineral fertilizer, pesticides, sowing and weeding labour are more productive and beneficial to the seed maize producers. Hence, in spite of the high seed price and investment cost for this activity, farmers producing maize seed benefit more than those cultivating maize meant for food consumption. However, the low replacement rate of maize seed in the field (5% per year) could explain the timidity of adoption of this activity by farmers. Cooperation is therefore recommended between different stakeholders (farmers, extension agents, research institutions, development partners, etc.) in order to sensitize farmers on the necessity to regularly renew their maize seed, which in turn would increase the country's maize production. These actors should convene on a good plan of action which would favor maize seed advertisement, rapid transmission of information to farmers, adhesion of farmers into cooperatives, subscription of farmers to journals/newspapers, financial and training assistance to farmers, creation of marketing board and micro-finance institutions to address the farmers' problems, etc.

Résumé

Comparaison de la rentabilité de la production de semences et de grains de maïs pour la consommation au Cameroun

Cet article compare les bénéfices obtenus par les producteurs de semences de maïs (utilisant les semences pures) et par les producteurs de maïs de consommation (utilisant des semences tout-venant) dans la zone des hauts plateaux de l'Ouest du Cameroun. Les résultats obtenus montrent que les producteurs de semences de maïs obtiennent des rendements élevés et de grands profits par rapport aux producteurs de maïs de consommation. L'estimation des fonctions de production de Cobb-Douglas a montré un coefficient de corrélation hautement significatif pour les producteurs de semences pures. Cela montre que l'utilisation des semences pures représente un meilleur intrant par rapport aux semences tout-venant. L'évaluation du gain financier lorsqu'on augmente l'utilisation d'autres facteurs de production indique que l'engrais minéral, les pesticides, la main d'œuvre pour le semis et le désherbage sont plus productifs et bénéfiques aux producteurs de semences de maïs. Par conséquent, malgré le prix d'achat élevé des semences pures et le coût d'investissement élevé pour cette activité, les agriculteurs produisant des semences hybrides gagnent plus que ceux produisant du maïs de consommation. Le faible taux de renouvellement des semences de maïs dans la zone d'étude (5% par an) expliquerait la timidité d'adoption de cette activité par les agriculteurs. Une collaboration entre différents acteurs (agriculteurs, agents de vulgarisation, instituts de recherche, partenaires de développement, etc.) serait nécessaire en vue de sensibiliser les agriculteurs à l'intérêt de renouveler régulièrement leurs semences. Ces acteurs devraient s'entendre sur un plan d'action commun qui favoriserait la vulgarisation des semences de maïs, la transmission des informations, l'adhésion des agriculteurs aux coopératives, l'abonnement aux magazines de vulgarisation, l'assistance financière et la formation des agriculteurs, la création d'offices de commercialisation et d'institutions de micro-finance en vue de bien cerner les problèmes auxquels sont confrontés les agriculteurs, etc.

¹Department of Agricultural Economics, University of Dschang, Cameroon

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

Introduction

The Cameroonian economy relies mainly on agriculture which contributes to about 35% of Gross Domestic Product (GDP), employs two-thirds of the active population and generates more than half of the total export earnings (13). Within the agricultural sector, the contribution of food crops is important to the country's economy. During the previous decade, this sub-sector employs 54% of rural people, contributes to about 19% of the country's GDP and 42% of the revenue earned by the rural population (9, 10).

Among the mostly cultivated food crops, maize ranks third in terms of volume of production after cassava and banana. The high demand of maize for human consumption, animal feeding or beer production motivated most farmers to give their preference on the cultivation of this crop. However, in spite of the increasing number of maize producers over the years and the fact that this crop is currently cultivated by almost one million farmers in Cameroon, its production still remains insufficient to satisfy the demand of the ever increasing population. The reason could be that, the increase in maize production in Cameroon and several African countries is generally done by expansion of cultivable land area (crop extensification) rather than improving the productivity per unit area (crop intensification). However, the use of quality seeds is important in obtaining high crop yields (2, 10).

In Cameroon, there has been little structural change in production since the country's independence in 1960. Nowadays, production is still at the rudimentary stage using simple and traditional farm implements. Under these conditions, most farmers cultivate maize without using the improved pure seeds and modern inputs. This explains the low crop yields of 1-2t/ha in traditional farms as compared to high yields of 3-10t/ha obtained in modern farms which use improved varieties of pure seeds (3, 5). The low productivity of the crop requires the country to meet the domestic deficits in demand with maize imports from other countries.

In 2010 for instance, Cameroon imported about 17,343 tons of maize in order to compensate the deficit of its domestic production and demand estimated at 1,040,442 tons/year. Hence, with the increasing demographic rate of the population (2.8% per annum), there is an urgent need to improve the conditions of domestic production of maize in order to reduce the importation of this crop in future (7, 13). However, for a developing country like Cameroon to do so, good quality seeds which are adapted to the farmer's needs should be made available (6). As earlier mentioned, poor quality seeds contribute to the reduction of potential yield of maize and other food crops (6, 16).

Consequently, the availability of numerous varieties of seeds of improved quality remains a condition prior to the achievement of a good level of agricultural productivity for Cameroon which aims to become a middle income country by the year 2035.

Since the 1990s, the liberalization of seed production has enabled a few farmers to invest in the business of pure seeds' multiplication imported from overseas countries in order to produce hybrid seeds which are then sold to other local maize producers. Hence, two main businesses are currently existent for maize production in Cameroon: a few farmers are engaged in the local production/multiplication of imported pure seeds while other farmers produce the consumption maize from the residual seeds sorted out from their previous production. Among the one million maize farmers counted throughout the country, about 13.66% are "seed maize producers" and 86.34% are "consumption maize producers" (12, 14). That means, more than three-quarters of maize farmers prefer to produce maize for consumption rather than seeds because they are not sure of higher returns, inputs' efficiency or productivity of their investment (9).

Most farmers believe that, the business of seed maize production is costly to them because they lack capital to purchase imported pure seeds and other inputs necessary for this activity. The market price accounts so much in their decision because pure seeds are imported from overseas and sold at 1,500 FCFA/kg i.e. about eight times more expensive than the residual seeds sort out from the consumption maize (which costs 190 FCFA/kg). The pure seeds are still more expensive than the hybrid seeds which are locally multiplied by the seed maize producers and sold at 605 FCFA/kg i.e. three times more expensive than the residual seeds sort out from the consumption maize (7,13).

In short, the sale price of seed is an important determinant affecting the decision of farmers to engage in any maize production activity. Therefore, is it gainful for a farmer to invest in the production of maize seed or consumption maize? Thus, this paper compares both options by computing the inputs' productivity and gross margin earned by farmers engaged in the production of maize seed and consumption maize.

Materials and methods

Study area and data collection

This study uses the data collected from February to July 2014 in the western upper plateau zone of Cameroon. Administratively, this zone covers the West, North-West and South-West regions of the country. It is characterized by an equatorial climate of Guinean type with moderate temperature (13°C to 27°C), large precipitations (varying from 1500 to 2600 mm annually) and two cropping seasons, allowing farmers to produce maize throughout the year.

Hence, the cultivation of maize all over the year enables agro-dealers of seeds to sell their maize seed to producers at any period (10, 14).

This zone is chosen based on the diagnosis of seed systems undertaken by the project SSR4D (Strengthening Seed Systems Research for Development in West and Central Africa) which reveals that, the commercial maize seeds are mainly used in the western upper plateau (zone III) and humid bimodal forest (zone V) of Cameroon (10). Besides, the western upper plateau zone is convenient for this study because of the existence of the seed certification process in the area, the high demand for commercial maize seed in the zone, the fact that it is the country's highly cultivated maize zone in terms of land area (229,753 ha representing 27.15% of the country's cultivated maize area) and production (475,285 tons/year representing 28.45% of the national maize production) (5).

A stratified random sampling was used to select a total of 219 farmers comprised of 105 seed maize producers and 114 consumption maize producers. Since the western upper plateau covers the West, North-West and South-West regions of the country, 35 seed maize producers and 38 consumption maize producers were selected in each of the three regions. This is summed up to a total of $3 \times 35 = 105$ seed maize producers and $3 \times 38 = 114$ consumption maize producers throughout the three regions. The selected seed maize producers were farmers using pure seeds¹ as main input whereas the consumption maize producers were those using residual seeds² as major input.

Using a structured questionnaire and interview schedule, cross-sectional primary data of the cropping season 2013/2014 were collected from the two groups (seed maize producers and consumption maize producers). The data collected were estimation made from own assessment of each farmer and concerned mainly the maize yield and the intensity of the use of inputs to produce the crop (land area, pure seeds, residual seeds, mineral fertilizer, animal manure, pesticides, sowing and weeding labour and (post)-harvest labour).

Those data were supplemented by secondary data such as the sales prices of seeds, maize, inputs and other information collected from available literature in the domain of sustainable maize seed production in Africa and Cameroon in particular.

Data analysis

In order to achieve the study objective, this paper uses the gross margin and Cobb-Douglas production functions estimated from each group of maize producers.

Gross margin

By definition, the gross margin is the enterprise's contribution towards fixed costs and profit after the variable costs have been paid (4, 8). Hence, the farmer's gross margin (GM) from maize cultivated either for seeds or food consumption is derived by subtracting the total variable costs (TVC) [i.e. costs for purchasing inputs] from the total revenue (TR) [i.e. gains from the sales of maize harvested from the farm]. It is mathematically expressed in the Equation I.

$$GM = TR - TVC \quad (I)$$

In this study, the variable costs for maize production include namely the: land rent ($P_{X1}X_1$), pure seed cost ($P_{X2}X_2$), residual seed cost ($P_{X3}X_3$), mineral fertilizer cost ($P_{X4}X_4$), animal manure cost ($P_{X5}X_5$), pesticides cost ($P_{X6}X_6$), sowing and weeding labour cost ($P_{X7}X_7$) and (post)-harvest labour cost ($P_{X8}X_8$).

Hence, the total variable costs (TVC) are mathematically expressed in the Equation II.

$$TVC = P_{X1}X_1 + P_{X2}X_2 + P_{X3}X_3 + P_{X4}X_4 + P_{X5}X_5 + P_{X6}X_6 + P_{X7}X_7 + P_{X8}X_8 \quad (II)$$

In equation (1), the total revenue (TR) is equal to the price of maize times quantity ($P_y Y$). Hence, the producer's gross margin (GM) computed by replacing the TVC expression of equation (II) into equation (I) is written in equation III.

$$GM = P_y Y - P_{X1}X_1 - P_{X2}X_2 - P_{X3}X_3 - P_{X4}X_4 - P_{X5}X_5 - P_{X6}X_6 - P_{X7}X_7 - P_{X8}X_8 \quad (III)$$

Where: X_1, X_2, \dots, X_8 are the intensities of the inputs X_1 to X_8 with X_1 : land area; X_2 : pure seed; X_3 : residual seed; X_4 : mineral fertilizer; X_5 : animal manure; X_6 : pesticides; X_7 : sowing and weeding labour; X_8 : (post)-harvest labour; $P_{X1}, P_{X2}, \dots, P_{X8}$: prices of the inputs X_1 to X_8 ; Y : maize quantity; P_y : maize price; GM : gross margin of producer; TVC : total variable costs.

Cobb-Douglas production function

To analyze the inputs' productivity and profit earned by farmers engaged in the production of maize seed and consumption maize, the literature of economics suggests four main types of production function: linear, quadratic, exponential and Cobb-Douglas (4, 8, 15).

Among the four functional forms, the Cobb-Douglas type is preferred in this paper mainly due to its convenience in estimation which employs an Ordinary Least Squares (OLS) technique, its simplicity in the interpretation of coefficients (the coefficients of this function represent the elasticities of production) and its perfect inputs substitution property. Furthermore, this study lacks requisite detailed data in a single-off

¹Pure seeds=seeds which have never been crossed. Their multiplication produces the hybrid seeds (Mendel's F1 generation).

²Residual seeds=seeds sorted by farmers themselves from their previous crop harvests (part of maize produced for consumption used by farmers as seeds). They are totally obtained from the local production multiplied several times (Mendel's F2 generation onwards).

survey for using flexible functional forms, hence the Cobb-Douglas form is more appropriate (4, 9). The non-linear mathematical form of the Cobb-Douglas type of production function used is expressed by equation IV.

$$Y_i = \beta_0 X_{1i}^{\beta_1} X_{2i}^{\beta_2} X_{3i}^{\beta_3} X_{4i}^{\beta_4} X_{5i}^{\beta_5} \dots \dots \dots X_{ji}^{\beta_j} e^{u_i} \quad (IV)$$

Where: Y_i is maize yield at i^{th} farm; $X_1, X_2, X_3, \dots, X_j$ are the explanatory variables (inputs); $i = 1, 2, 3, \dots, N$ is the number of farmers interviewed in each of the two groups ($N = 105$ for seed maize producers and $N = 114$ for consumption maize producers); $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_j$ are the partial elasticities of production for the variable inputs; β_0 represents the intercept; e is the exponential function and u_i is the stochastic disturbance term. For the purpose of estimating the linear regression, this function has been transformed into natural logarithms and computed by using the SPSS software program (version 20.0). More precisely, by specifying the variables with respect to the study objective and by taking the natural logarithms in both sides of equation IV, the log-log/double log form of the Cobb-Douglas type of production function is further specified in equation V.

$$\ln Y_i = \ln \beta_0 + \beta_1 \ln X_{1i} + \beta_2 \ln X_{2i} + \beta_3 \ln X_{3i} + \beta_4 \ln X_{4i} + \beta_5 \ln X_{5i} + \beta_6 \ln X_{6i} + \beta_7 \ln X_{7i} + \beta_8 \ln X_{8i} + u_i \quad (V)$$

Where: Y = maize yield (in t/ha); X_1 = Land area (in ha); X_2 = pure seeds' intensity (in kg/ha); X_3 = residual seeds' intensity (in kg/ha); X_4 = mineral fertilizer intensity (in kg/ha); X_5 = animal manure intensity (in kg/ha); X_6 = pesticides intensity (in liter/ha); X_7 = sowing and weeding labour (in personday/ha); X_8 = (post)-harvest labour (in personday/ha); u = error term; \ln = natural logarithmic function; β_0 = constant, to be estimated; $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7, \beta_8, \beta_9$ are the partial elasticities of production for the respective inputs, to be estimated.

Nevertheless, while running the linear regression for the Cobb-Douglas type of production function of equation V, the transformation to logarithms becomes mathematically a problem for the "zero" observation of pure seeds and residual seeds respectively for the seed maize producers and consumption maize producers. To avoid that problem, the "residual seeds" variable was excluded from estimating the production function of seed maize producers whereas the "pure seeds" variable was not considered in the production function estimation of consumption maize producers (8). Hence, the study assumes that, the producers of maize seed use only the pure seeds and no quantity of residual seeds. On the other hand, the producers of consumption maize do not use pure seeds but utilise only the residual seeds.

Results

Results of field survey

The results of field survey in table 1 indicate that, the producers of consumption maize cultivate large parcels of land (0.51 ha) as compared to the producers of maize seed (0.29 ha). On average, the yield recorded by the producers of maize seed (4.19 t/ha) is about 3.27 times higher than the output for the producers of maize for consumption (1.28 t/ha). However, the intensity of inputs used for maize production differs between the two groups. The producers of maize seed do not use residual seeds but utilise on average 21 kg/ha of pure seeds whereas the producers of maize for consumption do not utilise pure seeds but use on average 5 kg/ha of residual seeds (Table 1).

The mineral fertilizer intensity is higher for the producers of maize seed (293 kg/ha) as compared to the consumption maize producers (56 kg/ha). Likewise, the producers of maize seed utilise higher pesticides amount (4.59 liters/ha) as compared to the consumption maize producers (0.03 liter/ha). However, the intensity of animal manure is lower for producers of maize seed (9 kg/ha) as compared to the consumption maize producers (243 kg/ha) (Table 1).

The producers of maize seed need sowing and weeding labour (19 persondays /ha) in higher amount as compared to the consumption maize producers (10 persondays/ha). However, the consumption maize producers need (post)-harvest labour in higher quantities (45 persondays/ha) as compared to the producers of maize seed (18 persondays/ha) (Table 1).

The corresponding budgets for maize crop for the producers of maize seed and producers of maize for consumption (tables 2 and 3, respectively) show that, in total, the producers of maize seed spend much more money for purchasing inputs (245,825 FCFA/ha) as compared to the producers of consumption maize (157,675 FCFA/ha). These computations are done by assuming that pure seeds are purchased at higher price (1,500 FCFA/kg) as compared to residual seeds (190 FCFA/kg), which affects the highest total variable costs for purchasing inputs for the producers of maize seed (Tables 2 and 3).

Likewise, the fact that the multiplied hybrid seeds are sold at higher prices (605 FCFA/kg) than the maize for consumption (sold at 190 FCFA/kg) largely influences the revenue difference in the two groups. Hence, the total revenue gained is higher for producers of maize seed (2,534,950 FCFA/ha) as compared to producers of consumption maize (243,200 FCFA/ha).

Table 1
Average crop yield and inputs utilisation for the producers of maize seed and consumption maize.

Input or yield	Seed maize producers (N=105)	Consumption maize producers (N=114)
Land area (ha)	0.29	0.51
Pure seeds (kg/ha)	21	-
Residual seeds (kg/ha)	-	5
Mineral fertilizer (kg/ha)	293	56
Animal manure (kg/ha)	9	243
Pesticides (liter/ha)	4.59	0.03
Sowing and weeding labour (personday/ha)	19	10
(Post)-harvest labour (personday/ha)	18	45
Yield (t/ha)	4.19	1.28

Table 2
Crop budget for producers of maize seed (one hectare) [N=105].

Item	Unit	Quantity	Price (FCFA/Unit)	Amount (FCFA)
Land rent	ha	1	50,000	50,000
Pure seeds	kg	21	1,500	31,500
Residual seeds	kg	0	190	0
Mineral fertilizer	kg	293	300	87,900
Animal manure	kg	9	30	270
Pesticides	liter	4.59	4,500	20,655
Sowing and weeding labour	personday	19	1,500	28,500
(Post)-harvest labour	personday	18	1,500	27,000
TOTAL VARIABLE COSTS (TVC)				245,825
Sales of multiplied hybrid seeds or TOTAL REVENUE (TR)		t	4.19	605,000
GROSS MARGIN (GM)=TR-TVC				+ 2,289,125

Notes: In this table,

- (i) The amount of each input is equal to: the input quantity multiplied by its price.
- (ii) The total variable costs (TVC) is equal to: the sum of amounts of land rent, pure seeds, residual seeds, mineral fertilizer, animal manure, pesticides and labour (for sowing, weeding and (post)-harvest).
- (iii) The sales of multiplied hybrid seeds i.e. the total revenue (TR) is equal to: the crop yield (4.19 t) multiplied by its sales prices (605,000 FCFA/t).
- (iv) The gross margin (GM) is equal to the: total revenue (TR) minus total variable costs (TVC).

Table 3
Crop budget for producers of consumption maize (one hectare) [n=114].

Item	Unit	Quantity	Price (FCFA/Unit)	Amount (FCFA)
Land rent	ha	1	50,000	50,000
Pure seeds	kg	0	1,500	0
Residual seeds	kg	5	190	950
Mineral fertilizer	kg	56	300	16,800
Animal manure	kg	243	30	7,290
Pesticides	liter	0.03	4,500	135
Sow ing and weeding labour	personday	10	1,500	15,000
(Post)-harvest labour	personday	45	1,500	67,500
TOTAL VARIABLE COSTS (TVC)				157,675
Sales of maize production orTOTAL REVENUE (TR)	t	1.28	190,000	243,200
GROSS MARGIN (GM)=TR-TVC				+85,525

Notes: Figures in this Table are computed by using similar formulas described in footnotes of Table 2.

Therefore, the gross margin earned by producers of maize seed (+2,534,950 FCFA/ha) is also higher than in the group of producers of maize for consumption (+85,525 FCFA/ha). The difference of gross margin between the two groups indicates that, farmers who are not engaged in the business of maize seed production lose about 2,289,125 minus 85,525= 2,203,600 FCFA/ha per cropping season (Tables 2 and 3).

Results of the estimated maize production functions

Table 4 presents the maize production functions (Cobb-Douglas type) for the producers of maize seed and consumption maize, as estimated by using the Ordinary Least Squares (OLS) method. The common problem with regressions of this type, multicollinearity, was examined through estimation of the Pearson correlation coefficients between explanatory variables (15). In most cases, these correlation coefficients were low and insignificant, indicating the absence of serious multicollinearity.

For all explanatory variables, the regression coefficients have the expected positive signs, indicating that an additional use of any of the inputs utilised would have a positive impact on maize yield (Table 4).

In the group of seed maize producers, the t-value proves that the coefficient of pure seeds is statistically significant (at 1% level) and it is the highest among the variable inputs. This shows that, the input of pure seeds is the most productive one within this group. The estimated partial elasticity suggests that, a 10% increase in the intensity of pure seeds would be associated with an increase in maize yield by 2.95% for the producers of maize seed (Table 4).

As proven by its highest partial elasticity (0.277) which is significant at 1% level, the residual seed is the most productive input within the group of consumption maize producers. In this group, the coefficient for residual seeds suggests that, a 10% increase in the intensity of residual seeds would be associated with an increase in maize yield by 2.77% (Table 4).

With a coefficient of 0.259 (significant at 1% level), the land area is the second most important factor for the producers of consumption maize. This factor is however less important to the seed maize producers. The computed production elasticities indicate that, a 10% increase in land area would lead to an increase in maize yield by 0.19% and 2.59% for the seed maize producers and consumption maize producers, respectively (Table 4).

The use of mineral fertilizer is statistically significant (at 5% level) in explaining the maize yield variation in the two groups. The computed production elasticities indicate that, a 10% increase in mineral fertilizer intensity would be associated with an increase in maize yield by 1.47% and 1.25% for the seed maize producers and consumption maize producers, respectively (Table 4).

In the two groups, the weak significant production elasticities for animal manure indicate that, if the intensity of animal manure is increased by 10%, then the maize yield would increase by 0.07% and 0.79% for the seed maize producers and consumption maize producers, respectively (Table 4).

The use of pesticides is also significant at 10% level in explaining the maize yield variation in the two groups. The estimated production elasticities for pesticides indicate that, a 10% increase in the intensity of pesticides application would lead to an increase in maize yield by 0.96% and 0.84% for the seed maize producers and consumption maize producers, respectively (Table 4).

Table 4
Estimated Cobb-Douglas production elasticities for maize

Explanatory variables	Seed maize producers [N=105]	Consumption maize producers [N=114]
Constant	1.269 (0.611)	1.085 (0.956)
Land area	0.019*** (5.236)	0.259*** (3.655)
Pure seeds	0.295*** (4.501)	-
Residual seeds	-	0.277*** (6.237)
Mineral fertilizer	0.147** (2.036)	0.125** (2.451)
Animal manure	0.007* (1.749)	0.079* (1.783)
Pesticides	0.096* (1.856)	0.084* (1.850)
Sowing and weeding labour	0.085* (1.915)	0.033* (1.798)
(Post)-harvest labour	0.021** (2.446)	0.233*** (8.298)
	R ² = 0.603	R ² = 0.584
TOTAL	F-value = 190.842*** Σelasticity = 0.670	F-value = 116.795*** Σelasticity = 1.090

*** Significant at 1%

** Significant at 5%

* Significant at 10%

() = t-value

The t-values of labour in each of the two groups prove that, all types of labour used are statistically significant in explaining the maize yield variation. For the seed maize producers, the estimated coefficients suggest that, a 10% increase in labour would be associated with an increase in maize yield by 0.85% and 0.21% respectively for the sowing & weeding labour and (post)-harvest labour (Table 4). For the consumption maize producers, a 10% increase in labour would be associated with an increase in maize yield by 0.33% and 2.33% respectively for the sowing & weeding labour and (post)-harvest labour (Table 4). By comparing the production elasticities of each input in the two groups, the seed maize producers record the highest coefficients for the inputs of pure seeds, mineral fertilizer, pesticides, sowing and weeding labour. Hence, these inputs are more productive to the seed maize producers and less productive to the consumption maize producers. However, the partial elasticities of production are rather higher for the four other inputs (land area, residual seeds, animal manure, (post)-harvest labour) in the group of consumption maize producers.

Hence, these four inputs are more productive in that group and less productive in the group of seed maize producers (Table 4).

The sum of elasticities is less than one (0.670) for the seed maize producers expressing a decreasing return to scale of maize yield with respect to all factor inputs. However, it is more than one (1.090) for the consumption maize producers, expressing an increasing return to scale of maize yield with respect to all factor inputs (Table 4). The estimated sum of elasticities indicate that, a 10% increase in the intensity of all the factor inputs would lead to an increase in maize yield by 6.70% and 10.90% for the seed maize producers and consumption maize producers, respectively (Table 4).

In both groups, the R-squared is greater than the 50% value recommended by Wooldridge (2009) to validate any regression model (15). The computed R-squared indicate that, 60.3% and 58.4% of the variations in the (log of) maize yield are explained by the (log of) inputs used for the regression in the groups of producers of maize seed and consumption maize, respectively (Table 4). The F-values of the R-squared are also highly significant for the two groups, implying that the data pertaining to the selected variables significantly fit the regression lines (Table 4).

Results from the financial gain assessment by increasing production factors

The efficacy of production factors is assessed from tables 5 to 11 by comparing the cost of each input to the financial value of the yield gain (supplementary revenue) induced by a 10% increase in the intensity of the application of this input.

In table 5, concerning the input of pure seeds, the seed maize producers gain higher supplementary revenue (74,781.025 FCFA/ha) than consumption maize producers (6,736.64 FCFA/ha) when the intensity of pure/residual seeds is increased by 10%. In table 7, when we add 10% more mineral fertilizer, the supplementary revenue gained is 37,263.765 FCFA/ha for seed maize producers and only 3,040 FCFA/ha for consumption maize producers. Likewise, if 10% more pesticide is available (Table 9), it would be better to increase it on seed maize producers who gain higher supplementary revenue (24,335.52 FCFA/ha) as compared to consumption maize producers (2,042.88 FCFA/ha). The sowing and weeding labour is more efficient to the seed maize producers who record higher supplementary revenue (21,547.075 FCFA/ha) than consumption maize producers (802.56 FCFA/ha) (Table 10).

Table 5
Effect of a 10% increase in pure or residual seeds' intensity (one hectare)

Item	Seed maize producers [N=105]	Consumption maize producers [N=114]
Pure/residual seeds applied on field (kg)	21	5
10% increase in intensity of pure/residual seeds (kg)	2.1	0.5
Price of pure/residual seeds (FCFA/kg)	1,500	190
COST INDUCED BY SUPPLEMENTARY PURE/RESIDUAL SEEDS (FCFA)	3,150	95
Average maize yield (t)	4.19	1.28
Partial elasticity of pure/residual seeds	0.295	0.277
Maize yield gain from 10% increase in pure/residual seeds (t)	0.123605	0.0354456
Price of multiplied hybrid seeds or consumption maize (FCFA/t)	605,000	190,000
SUPPLEMENTARY REVENUE GAINED (FCFA)	74,781.025	6,736.64

Notes:

In this table, in each group (seed maize producers and consumption maize producers),

- (i) The pure seeds were taken as main input for computing figures in the seed maize producers' group whereas the residual seeds were considered as major input for the consumption maize producers.
- (ii) The 10% increase quantity in pure/residual seeds intensity is equal to: the average field pure/residual seeds multiplied by 10%.
- (iii) The cost induced by supplementary pure/residual seeds is equal to: the 10% increase intensity in pure/residual seeds multiplied by the pure/residual seeds' price unit.
- (iv) The maize yield gain from 10% pure/residual seeds increase is equal to: 0.1 times the partial elasticity of pure/residual seeds multiplied by the average field survey maize yield.
- (v) The supplementary revenue gained is equal to: the maize yield gain (from 10% pure/residual seeds increase) multiplied by the maize price unit.

Source: Computed from tables 1, 2, 3 and 4 data.

Table 6
Effect of a 10% increase in cultivated land area.

Item	Seed maize pro- ducers [N=105]	Consumptio maize producers [N=114]
Land area cultivated on field (ha)	0.29	0.51
10% increase in land area (ha)	2.9	5.1
Land rent price (FCFA/ha)	50,000	50,000
COST INDUCED BY SUPPLEMENTARY LAND AREA (FCFA)	145,000	255,000
Average maize yield (t)	4.19	1.28
Partial elasticity of land area	0.019	0.259
Maize yield gain from 10% increase in land area (t)	0.007961	0.033152
Price of multiplied hybrid seeds or consumption maize (FCFA/t)	605,000	190,000
SUPPLEMENTARY REVENUE GAINED (FCFA)	4.816,405	6,298.88

Notes: Figures in this Table are computed by using similar formulas described in footnotes of Table 5.

Source: Computed from tables 1, 2, 3 and 4 data.

Table 7
Effect of a 10% increase in mineral fertilizer (one hectare).

Item	Seed maize producers [N=105]	Consumption maize producers [N=114]
Mineral fertilizer applied on field (kg)	293	56
10% increase in mineral fertilizer (kg)	2.93	5.6
Mineral fertilizer price (FCFA/kg)	300	300
COST INDUCED BY SUPPLEMENTARY MINERAL FERTILIZER (FCFA)	879	1,680
Average maize yield (t)	4.19	1.28
Partial elasticity of mineral fertilizer	0.147	0.125
Maize yield gain from 10% increase in mineral fertilizer (t)	0.061593	0,016
Price of multiplied hybrid seeds or consumption maize (FCFA/t)	605,000	190,000
SUPPLEMENTARY REVENUE GAINED (FCFA)	37,263.765	3,040

Notes: Figures in this Table are computed by using similar formulas described in footnotes of Table 5.

Source: Computed from tables 1, 2, 3 and 4 data.

Table 8
Effect of a 10% increase in animal manure (one hectare).

Item	Seed maize producers [N=105]	Consumption maize producers [N=114]
Animal manure applied on field (kg)	9	243
10% increase in animal manure (kg)	9.0	2.43
Animal manure price (FCFA/kg)	30	30
COST INDUCED BY SUPPLEMENTARY ANIMAL MANURE (FCFA)	270	72.9
Average maize yield (t)	4.19	1.28
Partial elasticity of animal manure	0.007	0.079
Maize yield gain from 10% increase in animal manure (t)	0.002933	0.010112
Price of multiplied hybrid seeds or consumption maize (FCFA/t)	605,000	190,000
SUPPLEMENTARY REVENUE GAINED (FCFA)	1,774.465	1,921.28

Notes: Figures in this Table are computed by using similar formulas described in footnotes of Table 5.

Source: Computed from tables 1, 2, 3 and 4 data.

Table 9
Effect of a 10% increase in pesticides (one hectare).

Item	Seed maize producers [N=105]	Consumption maize producers [N=114]
Pesticides applied on field (liters)	4,59	0,03
10% increase in pesticides (liters)	45,9	0,3
Pesticides price (FCFA/liter)	4,500	4,500
COST INDUCED BY SUPPLEMENTARY PESTICIDES (FCFA)	206,55	1350
Average maize yield (t)	4.19	1.28
Partial elasticity of pesticides	0,096	0,084
Maize yield gain from 10% increase in pesticides (t)	0,040224	0,010752
Price of multiplied hybrid seeds or consumption maize (FCFA/t)	605	190
SUPPLEMENTARY REVENUE GAINED (FCFA)	24,335.52	2,042.88

Notes: Figures in this Table are computed by using similar formulas described in footnotes of Table 5.
Source: Computed from tables 1, 2, 3 and 4 data.

Table 10
Effect of a 10% increase in sowing and weeding labour (one hectare).

Item	Seed maize producers [N=105]	Consumption maize producers [N=114]
Labour use in field (persondays)	19	10
10% increase in sowing and weeding labour (persondays)	1.9	1.0
Labour price (FCFA/personday)	1,500	1,500
COST INDUCED BY SUPPLEMENTARY SOWING AND WEEDING LABOUR (FCFA)	2,850	72.9
Average maize yield (t)	4.19	1.28
Partial elasticity of sowing and weeding labour	0,085	0,033
Maize yield gain from 10% increase in sowing and weeding labour (t)	0.035615	0.004224
Price of multiplied hybrid seeds or consumption maize (FCFA/t)	605,000	190,000
SUPPLEMENTARY REVENUE GAINED (FCFA)	21,547.075	802.56

Notes: Figures in this Table are computed by using similar formulas described in footnotes of Table 5.
Source: Computed from tables 1, 2, 3 and 4 data.

Table 11
Effect of a 10% increase in (post)-harvest labour (one hectare).

Item	Seed maize producers [N=105]	Consumption maize producers [N=114]
Labour use in field (persondays)	18	45
10% increase in (post)-harvest labour (persondays)	1.8	4.5
Labour price (FCFA/personday)	1,500	1,500
COST INDUCED BY SUPPLEMENTARY (POST)-HARVEST LABOUR (FCFA)	2700	6750
Average maize yield (t)	4.19	1.28
Partial elasticity of (post)-harvest labour	0.021	0.233
Maize yield gain from 10% increase in (post)-harvest labour (t)	0.008799	0.029824
Price of multiplied hybrid seeds or consumption maize (FCFA/t)	605,000	190,000
SUPPLEMENTARY REVENUE GAINED (FCFA)	5,323.395	5,666.56

Notes: Figures in this Table are computed by using similar formulas described in footnotes of Table 5.
Source: Computed from tables 1, 2, 3 and 4 data.

On the contrary (Tables 6, 8 and 11), the consumption maize producers gain higher supplementary revenue than seed maize producers when a 10% additional quantity of either land, animal manure or (post)-harvest labour is supplemented to their farms. In table 6, when we add 10% more cultivable land, the supplementary revenue gained is only 4,816.405 FCFA/ha for seed maize producers as compared to an additional earning of 6,298.88 FCFA/ha for consumption maize producers. In table 8, concerning the animal manure, the supplementary revenue gained by seed maize producers is 1,774.465 FCFA/ha which is lower than the amount of 1,921.28 FCFA/ha earned by consumption maize producers. Likewise, the (post)-harvest labour provide high efficacy to consumption maize producers who record higher supplementary revenue (5,323.395 FCFA/ha) than the seed maize producers (5,666.56 FCFA/ha) (Table 11).

All in all, results from tables 5, 7, 9 and 10 show that, the seed maize producers gain higher supplementary revenue when there is a 10% additional application of the inputs of pure seeds, mineral fertilizer, pesticides, sowing and weeding labour. These results confirm the high productivity of these inputs to the seed maize producers as already highlighted by the field survey results (Table 1) and Cobb-Douglas production elasticities (Table 2). However, we obtain divergent results for the inputs of land area, animal manure or (post)-harvest labour confirming that these inputs are rather efficient to the consumption maize producers (Tables 6, 8 and 11).

Discussion

Seed maize producers record higher crop yields and gross margins

The results of field survey show that, the yield of seed maize producers is 3.27 times higher than that of consumption maize producers (Table 1). Although the total variable costs for purchasing inputs is 156% higher for seed maize producers, these expenses are easily compensated by significant revenues earned from selling large quantities of maize seed harvests (Tables 2 and 3).

Thus, the gross margin gained is 27 times higher for the seed maize producers meaning that, the local production/multiplication of hybrid seeds from imported pure maize seeds is a profitable business (Tables 2 and 3). Hence, it is more beneficial to use pure rather than residual seeds for maize production. The higher crop yield or gross margin recorded by seed maize producers could be explained by the various agronomic benefits or sustainable effects of using improved pure seeds (plant resistance to diseases, high germination rate, etc) which contribute to large volume of crop harvests (1, 3, 11).

Furthermore, all the seed maize producers benefit from a good/regular follow up of their farms by agricultural extension agents of the Ministries of Agriculture, Scientific and Technical Research which manage/host several projects on maize production throughout the country. Through these projects, the government aims at improving the country's self-sufficiency of maize supply and would like to increase the country's maize production. In this view, he has to make sure that seeds of good quality which produce high yields are effectively produced and sold to various farmers (2).

Hence, the regular field visits of agricultural extension agents aim to popularize the improved maize seeds under this government policy.

These results are consistent with those of a previous study by Etoundi and Kamgnia (2008) which reveals that, the use of improved seeds' varieties lead to an increase in maize yields by 300-400% in the Centre region of Cameroon (5).

Consequently, the government policies (e.g. credit awards, subsidies) which could facilitate an easy acquisition and use of improved pure seeds for maize production could be advantageous to Cameroonian farmers.

However, the computed results consider that the maize and inputs used to produce this crop are sold at the current market prices but do not take into account the subsidy offered from time to time to the maize producers who operate legally. Hence, the gross margin earned by seed maize producers could be higher because all of them own official government licences to produce/multiply the maize seeds, which allow them to produce legally without any fear (1).

This is in contrast to most consumption maize producers who operate without valid official permits (most of them without licences to cultivate) hence do not benefit from any government support to get subsidized seeds and other inputs (such as pesticides, mineral fertilizer, etc) (12, 16).

Inputs' application rate and productivity differ between seed maize producers and consumption maize producers

As compared to the consumption maize producers, the seed maize producers use higher amount of pure seeds, mineral fertilizer, pesticides, sowing and weeding labour (Table 1). The estimated production elasticities (table 4) and the results from the financial gain assessment by increasing these production factors (tables 5, 7, 9 and 10) also testify that these inputs are more productive and beneficial to the seed maize producers. The difference in productivity between the pure and residual seeds is genetically explained by the fact that, the imported pure seeds (used by seed maize producers) have never been crossed whereas the residual seeds (used by consumption maize producers) have been crossed several times from the hybrid varieties (3, 5). The high amount of mineral fertilizer, pesticides, sowing and weeding labour used by seed maize producers (Table 1) is justified by the current government legislation which obliges the cultivation of maize seed by applying these inputs in conformity with standard requirements set up by the country's Ministries of Agriculture, Scientific and Technical Research (7).

The same legislation instigates the regular follow up of seed maize producers by agricultural extension agents from these Ministries in order to make sure that they multiply seeds of good quality necessary for the country's maize production to increase over the time.

Unfortunately, the consumption maize producers do not benefit from such follow up (2). They utilise low rates of mineral fertilizer, pesticides, sowing and weeding labour because they lack money to purchase high amounts of these inputs (about 40% of them live below the poverty line) (13).

Table 1 shows however that in comparison with seed maize producers, consumption maize producers use higher land area, residual seeds, animal manure and (post)-harvest labour. The computed production elasticities (Table 4) and the results from the financial gain assessment by increasing these production factors (Tables 6, 8 and 11) also demonstrate the high productivity and profitability of these inputs for the consumption maize producers. But generally, these inputs do not have too much effect since their use leads to lower crop yield as compared to the crop output of seed maize producers. The consumption maize producers believe that, they can compensate their loss of production (i.e. their low crop yield) by expanding their land area rather than improving the techniques of production. They use vast land area but record low maize yield (i.e. they practise an extensive farming system) contrary to the seed maize producers who record high crop yield in small land area (i.e. they practise an intensive agricultural system) (1).

The high use and productivity of animal manure for the consumption maize producers (Tables 1 and 4) could be justified by the high poverty rate of this group of farmers who cannot purchase mineral fertilizer. From the field observation, it is believed that, they use high amount of animal manure because this input is taken "free of charge" from their own livestock. For this group of farmers, the locally made animal manure is affordable and easy to use in the place of expensive mineral fertilizer imported from overseas (9, 16).

The fact that consumption maize producers apply low quantities of pesticides on their crops also affects the labour use in their farms (Table 1). The high infestation rate of their crops by various diseases (resulting from the poor treatment of their plants with pesticides) forces them to employ a lot of people to sort out their crop harvests. They need a lot of time or people to sort out the residues, the good grains for consumption and the best ones to be used as seedlings during the following cropping season. This field reality is econometrically explained by the high productivity or partial elasticity of (post)-harvest labour for this group of farmers (Table 4).

To sum up, it would be recommended that the government should advertise the inputs used by seed maize producers (their crop produces high yield thanks to the inputs of pure seeds, mineral fertilizer, pesticides, sowing and weeding labour) at the detriment of the inputs used by consumption maize producers (they get low yield thanks to the inputs of land area, residual seeds, animal manure and (post)-harvest labour).

Seed maize producers use modern techniques whereas consumption maize producers apply archaic methods of production

In the agronomic literature, the distinction between traditional and modern agriculture stands from the techniques of production and mostly from the quality and quantity of inputs used in each case (7, 9). From the field survey results (Table 1), the seed maize producers use pure seeds which are good quality seeds (imported from overseas) whereas the consumption maize producers use residual seeds sort out from the previous crop harvests (with seeds quality declining over several cycles of production). For the most important inputs, the seed maize producers use higher amount than the consumption maize producers (Table 1). By comparing the application rate to standard requirements, the inputs are optimally applied in the first group whereas the second group does not use them appropriately (Table 1).

In the previous sections, the crop yield and land use allowed us to differentiate between intensive agriculture practised by seed maize producers and extensive farming system used by the consumption maize producers (3). The cropping system practised by this latter group of farmers does not change over the time since they use the land and other inputs according to traditional laws and customs (12). They rely mostly on archaic techniques inherited from their parents, which in turn lead to low crop yields (e.g. sorting out the seeds from previous crop harvests, sowing seeds with irregular spacing between rows, with undetermined number of seeds in a single pocket, etc).

The production method applied by seed maize producers is rather different because they use pure seeds. For this group of farmers, no seed is sort out from previous crop harvest, spacing the seeds between the rows is regular in the field, limited number of seeds are sowed in a single pocket, etc. In short, seeds are sowed by seed maize producers by following the standard requirements set up by the Ministries of Agriculture, Scientific and Technical Research. Hence, the high crop yield recorded by this group of farmers results from the modern techniques which they apply to produce (5, 11).

Seed maize producers and consumption maize producers operate at different stages of neoclassical production function

From table 4 results, the sum of production elasticities is less than one for the seed maize producers and more than one for consumption maize producers. Hence, the two groups of farmers operate at two different stages of the neoclassical production function³ (4, 8).

The consumption maize producers operate at stage I of the neoclassical production function (because of their more than one production elasticities) implying that more supplementary or addition of any input would increase the crop yield at an increasing rate (Table 4). In other terms, doubling the intensity of all the factor inputs used by this group of farmers would lead to more than the double of crop output. Hence, an increasing return to scale is observed because farmers of this group are putting less quantity of inputs (than the standard requirements) in their farms so that the maize plants would react quickly to any additive input application (9). They are generally small-scale farmers with primary objective to sell maize in order to earn money which is necessary to provide their families with adequate food. In most cases, they belong to very poor families and undertake this activity just to meet up with the basic needs (health and school fees) of their spouses and children. They generally lack money and can hardly afford the inputs' expenses to produce the maize according to the standard requirements (11).

On the other hand, seed maize producers operate at stage II of the neoclassical production function because of their less than one production elasticities (Table 4). Stage II being the rational stage of production, it is obvious that inputs are optimally used by this group of farmers. This stage generally displays a decreasing return to scale i.e. doubling the intensity of all the factor inputs used by the seed maize producers would lead to less than the double of crop output (4, 9). From the theory, economic efficiency is achieved at stage II so that there is no need for farmers operating at that stage to purchase additional inputs' amount (4, 8, 15). In the field, this efficiency is justified by appropriate inputs' amount used by this group of farmers who can afford the inputs to cultivate the hybrid seeds and who benefit from the regular follow up of their farms by agricultural extension agents from the Ministries of Agriculture, Scientific and Technical Research. Unfortunately, that is not the case of the consumption maize producers who work with no supervisory facility at their disposal (16).

³The neoclassical production function displays three stages. These are stages I, II, III which exhibit respectively an increasing return to scale, a decreasing return to scale and a decreasing marginal return (4, 8).

Conclusion and recommendations

This study analyses whether producing maize seed is more beneficial than producing maize meant for consumption in the western upper plateau zone (Cameroon). The results reveal that, as compared to consumption maize producers, seed maize producers record higher crop yields, gross margins, inputs' productivity, apply modern techniques of production, fulfill the economic efficiency conditions (operate at stage II of neoclassical production function). However, one could imagine that these benefits gained by seed maize producers would encourage large number of farmers to invest in this activity. On the contrary, only a few farmers have opted to produce the maize seed because of the high price of pure seeds, which discourages them so that they continue to use the residual seeds sort out from their previous crop harvests.

As a consequence, the replacement rate of maize seed by farmers is very low (5% per year) (13). It is however believed that, as most farmers continue to recycle the seeds from one season to another, they will lose the vigour over time until such a moment that this group of farmers will need to buy new seed. Hence, for Cameroon to maintain its food-self sufficiency and continue to export its maize production to neighbouring countries, it would be urgent that different stakeholders involved in maize production cooperate each other in order to sensitize farmers on the necessity to regularly renew their maize seed. This could be through a communication plan which integrates and assign a role to each actor (farmers, extension agents, research institutions, development partners, etc).

For such a plan to be successful, research institutions should make sure that they always put various results of their new discoveries of maize seed at the disposal of government authorities and farmers.

For instance, the national research institutions (such as IRAD⁴, PNAFM⁵) should regularly advertise information on maize seed to the farmers so as to enable them to adopt it. On their side, the extension agents should facilitate this advertisement by ensuring that the informal communication channel (such as conversation between colleagues, friends, neighbours, classmates, etc) is well developed to transmit oral information. These agents should mobilize all maize farmers to form themselves into constructive group so that they can derive maximum benefit of collective union. They should also facilitate the subscription of farmers to periodic newspapers, journals, magazines, etc which better advertize the new varieties of maize seed and new methods of producing them.

Since most farmers cannot afford the pure seeds, the government should also provide financial assistance to farmers who lack capital to engage in the business of multiplication of pure seeds. Government funds should be accompanied with adequate training of farmers in production techniques, in the use of appropriate farm tools and implementation of good marketing system (e.g. creation of a marketing board in order to regularly inform farmers on the market price variation of maize seed). Public and private financial institutions such as agricultural and community banks should be established with simple procedure of securing loans to farmers willing to produce the hybrid maize seeds.

Acknowledgements

This paper was written during a post-doctoral's renew research stay at the University of Giessen (Germany) funded by the Alexander von Humboldt Foundation. Thus, the author is grateful to the Alexander von Humboldt Foundation for its financial support.

⁴IRAD=Institut de Recherche Agronomique pour le Développement.

⁵PNAFM=Programme National d'Appui à la Filière Maïs.

Literature

1. Alimi T., Idowu E.O. & Tijani A.A., 2004, Optimal farm size for profitable and sustainable certified maize seed production enterprise in Oyo State, Nigeria. *Botwana J. Econ.* 1, 2, 135-146.
2. Asuboah R.A., Badu-Apraku B., Fakorede B. & Asafo-Adjei B., 2014, *Strategies for sustainable maize seed production in West and Central Africa*. Network Report N° 24, 1-140. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria.
3. Awotide, D.O. & Mafouasson, H.N.T, 2015, Small-scale seed production in West and Central Africa: profitability, constraints and options, *Am. J. Agric. Forest.*, 3, 1, 1-10.
4. Debertin D.L., 1986, *Agricultural production economics*. Mac-Milan Publishing Company, New York, USA.
5. Etoundi S.M.N. & Kamgnia B.D., 2008, *Determinants of the adoption of improved varieties of maize in Cameroon: case of CMS 8704*. Proceedings of the African Economic Conference, 23rd-26th May 2008, Nairobi, Kenya.
6. FAO (*Food and Agriculture Organisation*), 2014, *Les semences dans les situations d'urgences*. <http://www.fao.org/> (17th October 2014).
7. Godwin A.A., Djomo-Choumbou R.F. & Okpachu S.A., 2011, Evaluating the constraints and opportunities of maize production in the west region of Cameroon for sustainable development, *J. Sustainable Dev.*, 13, 4, 189-196.
8. Heady E.O. & Dillon J.L, 1961, *Agricultural production functions*. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.
9. Jaza F.A.J., 2005, *The use of compost from household waste in agriculture: economic and environmental analysis in Cameroon*, Ph.D. dissertation, Published in: W. Doppler & S. Bauer (Editors), *Farming and rural systems economics*, 73, 1-246, Margraf Publishers, Weikersheim, Germany.
10. Jaza F.A.J., Toussi A., Kamgueng C., & Pfeudie J., 2008, *Project for the improvement of the productivity of familial exploitations of maize in the west province of Cameroon. A feasibility study*. Ministry of Agriculture and Rural Development, Yaoundé, Cameroon, 92 pp.
11. Kaliba A.R.M., Verkuijl H., & Mwangi, W., 2000, Factors affecting adoption of improved maize seeds and use of inorganic fertilizer for maize production in the intermediate and lowland zones of Tanzania, *J. Agric. Appl. Econ.*, 32, 1, 35-47.
12. Madjeu T.I.G., 2016, *Comparaison entre producteurs de maïs membres et non-membres des organisations paysannes dans l'arrondissement de Mbouda (Cameroun): analyse descriptive et économétrique*. Mémoire de Fin d'Etudes. Département d'Economie Rurale, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun.
13. Minader (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural), 2015, *Annuaire des statistiques du secteur agricole Camerounais: campagne 2014/2015*. Division des Etudes et Projets Agricoles, Cellule des Enquêtes et Statistiques, Yaoundé, Cameroun.
14. Nkwinkwa N.V.L., 2014, *Evaluation de la profitabilité du système semencier de maïs dans les zones des hauts plateaux de l'ouest et forestière humide bimodale au Cameroun*. Mémoire de Fin d'Etudes. Département d'Economie Rurale, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun.
15. Wooldridge J.M., 2009, *Introductory econometrics: a modern approach*. USA.
16. Wright M. & Tyler P., 2005, *Traditional seed saving practices in northern Ghana and central Malawi*. Technical Report N°3, 27-43. Natural Resources Institute (NRI), Chatham, UK.

Effets de doses croissantes d'additifs sur la productivité de deux souches de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. sous la technique de gobetage et sur substrats locaux en R.D. du Congo

G.N. Mushagalusa¹, J.M. Mondo^{1*}, G.B. Masangu¹, S.C. Lutwamuzire¹, C. Sambili¹, E.M. Bagula¹ & A.Z. Balezji^{1, 2}

Keywords: *P. ostreatus* var. P969- *P. ostreatus* var. HK51- Casing- Bean vines- Banana leaves- Rice bran- Cow dung- D.R. Congo

Résumé

L'objectif de l'étude était d'évaluer la combinaison optimale des substrats locaux avec des additifs permettant d'accroître le rendement des souches P969 et HK51 de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm., dans les conditions écologiques de l'Est de la R.D. du Congo. L'essai a été établi en split plot avec 3 facteurs: nature du substrat (fanés de haricot et feuilles de bananier), nature de l'additif (son de riz et bouse de vache) et dose d'additif (0, 5, 10 et 15%). Les résultats ont montré que les substrats à base de fanés de haricot sont plus productifs en termes de poids moyen des sporophores. L'ajout de l'additif à base de bouse sur les fanés de haricot, comme l'ajout de son de riz sur les feuilles de bananier, a permis l'accroissement proportionnel du rendement. Par contre, au-delà de 10% de supplément de son de riz sur les fanés de haricot, le rendement chute et devient même inférieur au témoin sans additif. Il ressort de cette étude que le choix du type et de la dose d'additifs à utiliser dépend de la nature du substrat pour la production de *P. ostreatus*.

Summary

Effects of Increasing Additive Doses on the Productivity of Two Strains of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. under the Casing Technique; and on Local Substrates in the D.R. of the Congo

The objective of the study was to evaluate the yield increase of P969 and HK51 strains of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. by combining different local substrates with additives. The research took place in the ecological conditions of Eastern Democratic Republic of the Congo. The trial was established according to a split plot design with 3 factors: substrate type (bean vines and banana leaves), additive type (rice bran and cow dung); and additive doses (0, 5, 10 and 15%). The results showed that the bean vines substrates are more productive in terms of sporophore weight. The supplementation of the dung additives on bean vines allowed the increase in output as well as the supplementation of rice bran on banana leaves. However, beyond a 10% supplementation rate of rice bran on bean vines the yield falls, and becomes lower than the control without additive. It has been observed that the choice of additive type and additive doses to be used may be influenced by the substrate nature in the production of *P. ostreatus*.

¹Université évangélique en Afrique, Faculté des sciences agronomiques et Environnement, Bukavu, République Démocratique du Congo.

²Université Officielle de Bukavu, Faculté des Sciences et Sciences appliquées, Bukavu, République Démocratique du Congo

*Auteur correspondant: mondo.mubalama@yahoo.fr ou mondo.mubalama@uea.ac.cd

Introduction

Les champignons comestibles sont des aliments largement répandus dans le monde et, par tradition, sont appréciés des populations rurales (4). Tout en permettant de varier l'alimentation, les champignons procurent un complément riche en minéraux, en vitamines et même en protéines, rivalisant ainsi avec les meilleurs légumes (5). En Afrique centrale, les champignons constituent un des produits forestiers non ligneux d'une importance capitale, tant du point de vue nutritionnel qu'économique (22). Les études menées notamment au Bénin (10), au Malawi (3) et en Tanzanie (13), ont montré que les champignons constituaient une contribution en valeur nutritive souvent essentielle aux régimes alimentaires. Parmi les champignons cultivés, *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. serait l'espèce la plus indiquée dans les conditions écologiques de la R.D. du Congo, du fait non seulement de l'existence de souches adaptées au climat tropical (25 à 35 °C) mais également de sa capacité à produire de bons rendements (19).

Sa qualité gustative joue également en faveur de son adoption par les habitants de la sous-région (21). Par ailleurs, ses exigences écologiques moindres pour la mise en culture, associées à sa forte résistance aux maladies et ravageurs, ont accru sa popularité (18). Une caractéristique importante est que les espèces du genre *Pleurotus* requièrent un temps de croissance court en comparaison à de nombreux autres champignons comestibles (1).

La littérature montre que la qualité et la concentration du substrat en nutriments affectent considérablement les paramètres de rendement chez les champignons (9). Les conditions régnant dans le substrat affectent donc la croissance du mycélium des champignons inoculés (23, 26). La productivité du substrat est elle-même en relation avec la qualité de l'additif utilisé (28). Dans certains cas, l'utilisation de compléments riches en azote, en vitamines et en éléments minéraux permet d'accélérer la croissance du mycélium et d'augmenter le rendement en sporophores. Ainsi, le choix d'un bon substrat et d'additifs constitue un atout prépondérant dans la culture des champignons comestibles (4, 8, 14). L'un des problèmes majeurs qui rend la culture de champignons difficile, est la détermination de la dose optimale d'additifs par rapport à un ou plusieurs suppléments donnés car le surdosage favorise les infections alors que la déficience est responsable des faibles rendements souvent enregistrés (23).

Dans un souci de durabilité de la culture des champignons en Afrique, le choix des substrats doit tenir compte des ressources locales, les plus accessibles et les moins coûteuses. Il convient dès lors de sélectionner les substrats locaux qui se prêtent à la culture mycélienne et d'identifier la dose optimale d'additifs qui permettra d'accroître leur productivité. C'est dans cette optique que la présente étude est menée.

Milieu, matériels et méthodes

Milieu d'étude

Notre étude a été menée à l'Université Evangélique en Afrique (UEA) dans la ville de Bukavu à l'Est de la République Démocratique du Congo (02°32'36,1" S, 028°51'32,9" E, 1661 m). Le tableau 1 présente les valeurs moyennes de température et d'humidité relative journalières enregistrées tout au long de la phase de fructification de nos deux souches d'essai (du 15 avril au 20 juillet 2014 et du 9 avril au 12 juillet 2015).

Matériels

Les souches P969 et HK51 de *Pleurotus ostreatus* ont été utilisées comme matériels mycologiques. La souche P969, développée en Chine par Juncao Technology a été obtenue à la station mycicole du Rwanda où elle est actuellement cultivée. La souche HK51 est produite par le laboratoire *Mycelia* en Belgique et a été obtenue via le laboratoire du réseau mycicole des Grands lacs de l'Université du Burundi. Elles ont été choisies en raison de leur adaptation aux conditions écologiques de la sous-région et de leur appréciabilité par les consommateurs locaux. Deux types de substrats locaux ont été utilisés: les fanes de haricot et les feuilles sèches de bananier, tous deux choisis en raison de leur disponibilité dans les environs de Bukavu. Deux additifs ont été utilisés: le son de riz et la bouse de vache, également disponibles en abondance à l'Est de la R.D. Congo.

Méthodes

L'étude s'est inspirée d'une méthode de culture de *P. ostreatus* ayant fait ses preuves dans la sous-région (17, 21). Les substrats ont été fabriqués à partir de feuilles sèches de bananier ou de fanes de haricot qui ont été découpées et trempées dans l'eau de distribution puis égouttées pendant 24 h.

Les substrats ont ensuite été mélangés avec chacun des deux additifs à des doses croissantes de 0, 5, 10 et 15% par kg de substrat et conditionnés dans des sachets en plastique thermorésistants de 30 cm x 17 cm. Une fois remplis de substrat, ces derniers ont été pasteurisés à la vapeur dans un demi-fût pendant 2 h 30 et refroidis pendant 24 h. L'asepsie lors de l'ensemencement des substrats avec le blanc de semis a été assurée par l'usage d'un bec bunsen. Le lardage s'est fait à raison de 2 cuillères à café de blanc de semis par sachet. L'ouverture des sachets a ensuite été coiffée par un tampon d'ouate et serrée par un anneau en plastique pour permettre le passage d'oxygène, tout en minimisant le risque de contamination par les microorganismes compétiteurs. L'incubation des substrats ensemencés s'est déroulée dans une chambre sombre durant une période d'environ 4 semaines.

La méthode classique de culture en tranchées ou gobetage (23) a été utilisée lors de la phase de fructification.

Elle a consisté à :

- i) creuser une tranchée de 1 m x 1 m et de 35 cm de profondeur;
- ii) y enfouir les sachets dont le substrat était entièrement colonisé par le mycélium en les plaçant côte à côte à une distance de 20 cm et en les recouvrant par une mince couche de terre;
- iii) disposer un abri sous forme de petite serre pour contrôler les conditions climatiques telles que les fortes pluies et l'ensoleillement excessif.

Il a été démontré que la productivité de *P. ostreatus* est plus élevée par l'utilisation de la technique de gobetage que par la culture classique en étagère (21). Cette meilleure performance serait liée aux conditions favorables rencontrées au sein du substrat, entre autres l'humidité et la température, qui jouent un rôle prépondérant dans la multiplication mycélienne (15). L'arrosage à l'eau de distribution se faisait 2 fois par jour, dès l'apparition des premiers *primordia* fructifères jusqu'à leur maturité, c'est-à-dire à l'étalement complet des sporophores. Dans le cadre de notre étude, un dispositif en split-plot avec 3 facteurs en étude a été mis en place. L'effet de la nature du substrat (fanons de haricot et feuilles de bananier), du type d'additif (son de riz et bouse de vache) et de la dose d'additif (0, 5, 10 et 15%) a été testé. Les différentes combinaisons donnent lieu à 16 traitements. Trois répétitions ont été utilisées pour cette étude.

Les paramètres mesurés par sachet de substrat sont le diamètre du chapeau, la hauteur du stipe, le poids moyen des sporophores par sachet et par volée (récolte), le nombre de pieds par touffe, le nombre de touffes par sachet de substrat ainsi que le nombre d'avortons.

Le rendement (en %) a été calculé en multipliant par cent le rapport entre poids frais des sporophores (récolte totale par sachet) et poids frais du substrat (23). Quatre récoltes (volées) par sachet étaient faites tout au long de l'expérience.

Le logiciel d'analyse des données Statistix version 8.0 (29) a été utilisé. Les données mesurées ont été soumises à une analyse de la variance au seuil de signification de 0.05 suivant un modèle en split-plot. Le test de Tukey a été utilisé pour la séparation des moyennes.

Résultats

Les moyennes des mesures des paramètres du rendement par sachet de substrat en fonction des types d'additifs utilisés sont reprises dans le tableau 2.

Le type d'additif a un effet significatif sur le nombre de pieds par touffe et sur le poids moyen des sporophores par sachet. En effet, l'ajout de bouse de vache a permis d'obtenir le poids moyen le plus élevé (107 g) qui est significativement différent de celui obtenu par l'addition de son de riz (95,44 g) et de la valeur du témoin (69,5 g). Le nombre le plus élevé de pieds par touffes a été obtenu grâce à l'addition de son de riz (8,78), une valeur significativement supérieure à celles obtenues avec l'échantillon additionné de bouse (7,89) et avec le témoin (5,83). Le rendement est significativement plus élevé lors de l'addition de la bouse de vache (42,82%) que celle du son de riz (38,18%) et du témoin (27,80%).

Les moyennes des mesures des paramètres du rendement par sachet de substrat en fonction des types de substrat utilisés sont reprises au tableau 3. La nature du substrat n'a d'effet significatif que sur le poids moyen des sporophores par sachet.

Tableau 1
Température et humidité relative de l'air à la champignonnière.

	T°C Matin	Hum Matin	T°C Midi	Hum Midi	T°C Soir	Hum Soir
Moyennes	18,50±0,29	75,56±2,40	23,87±1,30	61,47±5,57	19,82±0,86	68,24±3,41

Avec T°C (température en degré Celsius), Hum (Humidité de l'air en %)

Tableau 2
Effets des types d'additifs sur les paramètres du rendement.

Type d'additif	Diamètre moyen sporo-phore (cm)	Hauteur moyenne stipe (cm)	Nombre moyen de pieds par touffe	Poids moyen (g)	Nombre moyen de touffes	Nombre d'avortons	Rendement (en %)
Bouse de vache	8±1,08a	2,67±0,61a	7,89±3,32ab	107,06±20,00a	2,66±0,75a	7,50±4,35a	42,82±8,00a
Son de riz	7,56±1,17a	2,5±0,54a	8,78±1,21a	95,44±24,21ab	2,06±0,80a	8,33±2,49a	38,18±9,68ab
Témoin	7,17±0,33a	2,33±0,42a	5,83±1,47b	69,5±16,60b	1,33±0,52a	6,50±1,38a	27,80±6,64b
CV (%)	14,01	25,01	33,7	32,5	39,52	59,3	29,72

Les moyennes de même colonne suivies des lettres identiques ne sont pas statistiquement différentes au seuil de signification de 5%.

CV= Coefficient de variation.

Le poids moyen le plus élevé a en effet été enregistré sur les fanes de haricots (117,71 g) et est significativement différent de la moyenne enregistrée sur les feuilles sèches de bananier (75,74 g). Il en découle un rendement de 47,08% sur les fanes de haricot, valeur significativement différente de celle enregistrée sur les feuilles de bananier (30,29%). Les moyennes des mesures des paramètres du rendement par sachet de substrat en fonction des souches de *P. ostreatus* sont reprises au tableau 4. Le choix de la souche n'a eu d'effet significatif que sur le diamètre moyen des sporophores et sur le nombre moyen de touffes par sachet, avec dans les deux cas des valeurs plus élevées obtenues avec la souche P969.

Le tableau 5 présente les effets combinés des différents facteurs de notre étude sur les paramètres du rendement par sachet de substrat.

Le poids moyen des sporophores par sachet et par volée le plus élevé a été obtenu sur les substrats constitués de fanes de haricot avec l'additif à base de bouse de vache à une dose de 15% (161 g).

Par comparaison, le poids moyen des sporophores le plus élevé pour les feuilles de bananiers a été obtenu avec une dose de 15% de son de riz (100,6 g). Le poids le plus faible est enregistré sur substrat à base de feuilles de bananier si aucun additif n'est appliqué (56,67 g).

A l'issue de la récolte finale, les fanes de haricot additionnées de 15% de bouse de vache ont donné le rendement le plus élevée (64,40%) alors que le rendement le plus élevé sur feuilles sèches de bananier a été obtenu avec addition de 15% de son de riz (40,27%).

Le tableau 6 présente les résultats de l'analyse de la variance des facteurs ayant fait l'objet de notre étude sur les différents paramètres du rendement observés et leurs interactions.

On observe un effet hautement significatif dû à l'interaction du substrat et des doses d'additifs sur le poids des sporophores ($P < 0,001$).

La figure 1 illustre les effets combinés de la souche de champignon, de la dose d'additif et du type de substrat utilisé sur le poids moyen des champignons par volée produits par sachet de substrat.

Il ressort de cette figure que la souche P969 donne la moyenne la plus élevée sur feuilles de bananier en y ajoutant une dose d'additif de 10% (130,1 g soit un rendement moyen de 52%) alors que sur le même substrat, la souche HK51 donne le poids moyen le plus faible (36 g soit un rendement moyen de 14,4%) quand aucune dose d'additif ne lui est appliquée. Sur les fanes de haricot, une dose d'additif de 10% est responsable de la moyenne la plus élevée quelle que soit la souche utilisée.

Tableau 3
Effets des types de substrat sur les paramètres du rendement.

Substrats	Diamètre moyen sporophore (cm)	Hauteur moyenne stipe (cm)	Nombre moyen de pieds par touffe	Poids moyen par sporophore (g)	Nombre moyen de touffes	Nombre d'avortons	Rendement (en %)
Fanes de haricot	7,73±2,46a	2,67±1,08a	8,46±7,93a	117,71±23,21a	2,06±1,75a	5,64±4,59a	47,08±9,28a
Feuilles de bananier	7,67±2,19a	2,46±1,57a	7,58±5,25a	75,74±14,30b	1,81±0,95a	5,05±5,14a	30,29±5,72b
CV (%)	14,38	24,68	35,04	26,56	40,91	72,14	27,41

Les moyennes de même colonne suivies des lettres identiques ne sont pas statistiquement différentes au seuil de signification de 5%.
CV= Coefficient de variation.

Tableau 4
Effets des souches de *P. ostreatus* sur les paramètres du rendement.

Souches	Diamètre moyen sporophore (cm)	Hauteur moyenne stipe (cm)	Nombre moyen de pieds par touffe	Poids moyen par sporophore (g)	Nombre moyen de touffes	Nombre d'avortons	Rendement (en %)
HK51	4,13±1,32b	2,19±0,49a	3,73±2,18a	91,56±15,85a	4,04±1,04b	4,11±4,31a	36,62±6,34a
P969	6,92±1,21 a	2,40±0,10a	4,71±3,09a	108,72±22,21a	5,99±1,71 a	5,48±5,33a	43,49±8,88a
CV (%)	34,2	40,87	58,81	51,14	79,72	82,36	40,13

Les moyennes de même colonne suivies des lettres identiques ne sont pas statistiquement différentes au seuil de signification de 5%.
CV= Coefficient de variation.

Tableau 5
Effets combinés du substrat, de l'additif et de la dose sur les paramètres du rendement.

Substrat	Additif	Doses	Diamètre moyen sporophore (cm)	Hauteur moyenne stipe (cm)	Nombre moyen de pieds par touffe	Poids moyen par sporophore (g)	Nombre moyen de touffes	Nombre d'avortons	Rendement (en %)	
Feuilles de bananier	Bouse de vache	5	7,73±0,64	2,43±0,33	7,67±1,15	69,67±5,68	1,67±1,15	10,67±6,43	27,87±2,28	
		10	8,99±1,25	3,02±0,64	8,33±1,15	80,33±4,51	1,67±0,58	6,00±1,73	32,13±1,80	
		15	7,54±0,28	2,34±0,66	3,67±2,52	60,67±5,03	1,67±1,15	3,66±1,53	24,23±2,01	
	Son de Riz	5	7,44±1,13	2,82±0,25	9±2,64	70,33±4,93	1,33±0,58	8,67±1,52	28,13±1,98	
		10	8,70±0,84	3,35±0,54	9,67±1,15	91,67±6,66	2±0,00	6,67±0,58	36,67±2,66	
		15	8,92±0,52	3,65±0,51	9,33±2,08	100,67±10,02	2,67±0,57	9,33±0,58	40,27±4,00	
	Sans additif		0	7,66±0,47	2,53±0,45	5±1	56,67±7,64	1±0,87	6,00±1,73	22,67±3,06
	Fanes de haricot	Bouse de vache	5	7,68±0,94	3,76±0,43	8±1,00	133,67±3,78	1,67±0,58	5,33±0,58	53,44±1,50
10			8,93±0,44	3,17±0,47	7,33±1,53	137±7,00	2±0,00	7,00±2,65	54,80±2,80	
15			9,87±0,20	3,19±0,29	12,33±4,93	161±17,06	1,67±0,58	12,33±4,93	64,40±6,82	
Son de Riz		5	7,73±0,46	2,88±0,57	9,67±1,53	116,67±11,50	1,67±0,58	10,00±4,36	46,68±4,60	
		10	9,02±0,45	3,35±0,14	9,67±2,08	128±2,52	3±0,00	9,33±3,21	51,20±1,01	
		15	6,42±1,05	2,62±0,61	5,33±0,58	65,33±6,51	1,67±0,58	6,00±1,00	26,13±2,60	
Sans additif		0	7,49±0,15	2,93±0,37	6,67±1,53	82,33±11,68	1,67±0,57	7,00±1,00	32,93±4,67	

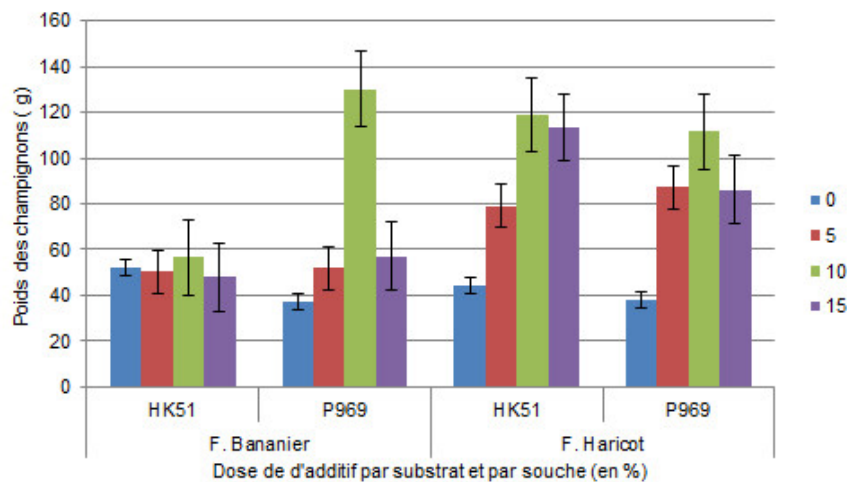


Figure 1: Poids moyens des champignons par rapport aux différentes souches, doses et types de substrats.

Tableau 6
Résumé de l'analyse de la variance des paramètres de rendement.

Sources de variation	Dl	Poids moyen par sporophore		Diamètre carpophore		Nombre de touffes		Nombre de pieds par touffe		Hauteur de stipes		Nombre d'avortons	
		CM	Pvalue	CM	Pvalue	CM	Pvalue	CM	Pvalue	CM	Pvalue	CM	Pvalue
Dose	3	55305	8.42e-06***	1.52	0.594867	55.10	2.7e-07***	276.7	0.012097*	16.54	0.00101**	24.01	0.3027
Substrat	1	13529	0.0243*	0.84	0.692762	2.98	0.2143	504.0	0.0775	0.13	0.76802	73.84	0.0716
Souche	1	218	0.7735	67.85	0.000474***	12.87	0.0601	0.2	0.952748	33.54	4.09e-06***	52.72	0.1275
Dose x substrat	3	7170	0.000998***	29.93	0.019033*	1.37	0.3984	47.7	0.293758	0.98	0.41607	7.62	0.5611
Dose x souche	3	242	0.7615	8.29	0.214466	3.81	0.1603	6.1	0.707481	6.62	0.03578*	138.74	0.0139*
Substrat x Souche	1	6247	0.1243	7.76	0.229555	0.42	0.6416	37.2	0.353540	10.33	0.00897**	0.04	0.9669
Dose x souche x substrat	3	368	0.7082	5.95	0.292548	0.07	0.8463	32.1	0.388960	6.11	0.04362*	12.08	0.4645

Légende: * significatif, ** très significatif, ***très hautement significatif, CM: carré moyen, Dl: degré de liberté.

Discussions des résultats

Globalement, les fanes de haricot ont été plus productives que les feuilles de bananier. Ce résultat pourrait être expliqué par la disponibilité d'un élément nutritif tel que l'azote qui est abondant dans les fanes de haricot (21). En effet, plus il y a de substances assimilables disponibles dans le substrat, plus le rendement en champignons est élevé (24). Ce constat est aussi appuyé par Chandy qui montre que les champignons doivent leur vigueur, en majeure partie à la richesse du substrat en nutriments essentiels disponibles (7). En effet, la plupart des espèces de pleurotes se développent de façon optimale sur des substrats dont le rapport C/N= 50 (14). L'ajout d'additif au substrat a permis d'accroître le poids moyen des sporophores par sachet et par conséquent le rendement total (en %) comparé au témoin sans additif. Ce résultat rejoint celui de Adisco qui affirme que l'apport supplémentaire d'azote dans les substrats augmente le rendement de plus de 20% (2). La faible teneur en azote dans les substrats à base de feuilles de bananier pourrait justifier les faibles rendements que nous avons obtenus. De la présente étude, il ressort que le choix du type et de la dose d'additifs doit être dicté par la nature du substrat qui est utilisé. L'ajout de bouse de vache sur les fanes de haricot provoque un accroissement du rendement, dû à l'apport par la bouse de vache d'autres éléments (phosphore, calcium, potassium et magnésium) que l'azote mis à disposition par le substrat (11).

L'addition de son de riz est bénéfique aux rendements enregistrés sur les substrats à base de feuilles de bananier. Sur les fanes de haricot, par contre, au-delà de 10% d'additif constitué de son de riz, le rendement chute de moitié et devient même inférieur au rendement obtenu avec le témoin sans additif. La baisse des rendements enregistrée lors d'un excès d'un supplément d'additif sur certains substrats est appuyée par les résultats trouvés par Curvetto *et al.* (9) et Oei (23) selon lesquels, plus le substrat est riche en nutriments, plus sa susceptibilité à l'infection augmente, plus la concurrence entre pleurotes et autres microorganismes s'accroît. Chez les pleurotes, la concurrence intra- et interspécifique conduit à un taux d'avortement élevé suite à un excès de nutriments dans le substrat. Aussi, plus le nombre de pieds est élevé, plus la hauteur du stipe est longue, moins le diamètre des sporophores est grand (12). En plus, Oei affirme que le poids varie de façon disproportionnelle avec le taux d'émergence des pieds au niveau du substrat (25). L'effet du type de souches n'a pas été significatif sur le poids moyen de champignons par sachet ni, par conséquent sur le rendement total. Il l'a par contre été pour le diamètre et le nombre de touffes formées par sachet.

Les résultats en termes de rendement que nous avons obtenus avec les souches P969 et HK51 ne confirment pas ceux des autres auteurs (6, 19, 20) qui avaient démontré que le rendement variait d'une souche de *Pleurotus* à une autre. Il confirme par contre bien ceux de Mondo *et al.* (21) qui, à l'issue d'une étude dans les mêmes conditions écologiques que les nôtres, avait conclu qu'il n'y avait pas de différence significative de rendements entre les souches P969 et HK51 de *Pleurotus ostreatus*.

Conclusion

Dans un souci de développement durable, le substrat à utiliser en culture de champignons devrait impérativement tenir compte des ressources locales, les plus accessibles et les moins coûteuses. Pour ce faire, il convient de sélectionner parmi les substrats locaux ceux qui se prêtent bien à la culture mycélienne, et d'identifier les additifs et la dose optimale qui leur permettent d'accroître leur productivité. C'est dans cette optique que la présente étude a été menée. Les résultats obtenus nous ont permis de tirer les conclusions suivantes: le rendement de *P. ostreatus*, quelle que soit la souche, dépend du substrat et de la dose d'additif utilisés. Globalement, les fanes de haricot ont été plus productives que les feuilles de bananiers.

De même, les différentes doses d'additifs ont permis d'atteindre des rendements statistiquement supérieurs au témoin sans additif. Enfin, nous avons constaté qu'au-delà de 10% de supplément en additif de son de riz sur les fanes de haricot, le rendement chute de moitié et devient même inférieur au témoin sans additif. Il ressort de la présente étude que le choix du type et de la dose d'additifs à utiliser en pleuroculture doit être dicté par la nature du substrat utilisé.

Remerciements

Nos remerciements à l'organisme allemand Pains pour le Monde (EED), à la Plate-forme Diobass-Kivu et à l'Université Evangélique en Afrique (UEA), pour nous avoir donné les moyens financiers et matériels nécessaires dans la conduite de la présente étude.

Références bibliographiques

- Adenipekun C.O. & Omolaso P.O., 2015, Comparative Study on Cultivation, Yield Performance and Proximate Composition of *Pleurotus pulmonarius* Fries. (Quelet) on Rice Straw and Banana Leaves, *World J. Agric. Sci.*, **11**, 3, 151-158
- Adisco, 2007, Culture de champignons pleurotes à petite échelle, 4-23 p.
- Boa E.R., Ngulube M., Meke G. & Munthali C., 2000, First Regional Workshop on Sustainable Use of Forest Products: Miombo Wild Edible Fungi. Zomba, Malawi, Forest Research Institute of Malawi and CABI Bioscience: 61 p.
- Bram V.N. & Janna D.F., 2007, *Culture à petite échelle de champignons 2: Agaricus et Volvariella*, Agrodok 41, ISBN Agromisa: 978-90-8573-084-2, ISBN CTA: 978-92-9081-369-9, Digigrafi, Wageningen, Pays-Bas.
- Buyck B. 1994, *Ubwoba: les champignons comestibles de l'Ouest du Burundi*. Publication Agricole No 34. Brussels, Belgium: Administration Générale de la Coopération au Développement. 124 p.
- Chaloux N., 1993, *Approche expérimentale de la biodégradabilité des pailles de blé. Application à la quantification des matières premières et des composts pour la production de champignon de couche*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux I, 220 p.
- Chandy K.T., 1997, Oyster Mushroom Cultivation, *Indian Social Inst.*, New Delhi, 12 p.
- Chang S.T., 1999, World production of cultivated edible and medicinal mushrooms in 1997 with emphasis on *Lentinula edodes* (Berk.) Sing. in China, *Intl. J. Med. Mushrooms*, **1**, 291-300.
- Curvetto N., Figlas D. & Delmastro S., 2002, Growth and productivity of deferent *Pleurotus ostreatus* strains on sunflower seed hulls supplemented with N-NH₄⁺ and/or Mn(II), *Bioresour. Technol.*, **84**, 2002, 171-176.
- De Kesel A., Codjia J.-C. & Yorou N.S., 2002, *Guide des champignons comestibles du Bénin*. Meise, Belgique: Jardin botanique national de Belgique.
- Drieux T., 1994, *Le compostage: une voie de valorisation des engrais de ferme*. Revue Fourrage 140,543-550 p.
- Flegg P.B., Spencer D.M. & Wood D.A., 1985, *La Biologie et la technologie de la culture des Champignons*. Wiley, Ann Arbor, pp: 347, ISBN: 047190435X.
- Harkonen M., 2002, *Mushroom Collecting in Tanzania and Hunan (Southern China): Inherited Wisdom and Folklore of Two Different Cultures*. In Watling R., Frankland J.C. & Ainsworth A.M., Ed. *Tropical Mycology: Macromycetes*. CABI Publishing, pp. 149-165.
- INERA, 1995, *In Dossier Pleurotes*. Bordeaux, 156 p
- Jandaik C.L. & Goyal S.P., 1995, *Farm and farming of oyster mushroom (Pleurotus sp)*. In: Singh R.P. & H.S. Chaube, editors. *Mushroom Production Technology*. G.B. Pant Univ. Agril. And Tech., Pantnagar India, 72-78 p.
- Kirk P.M., Cannon P.F., Minter D.W. & Stalpers J.A., 2008, *Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi*, 10th edition. CAB Europe - UK: 771 p.

17. Kiyuku P., Bigawa S. & Penninckx M., 2008, *Etude de l'effet des substrats utilisés pour la culture de Pleurotus spp: Cas des souches 336, 014 et HK7 sur brisures des graines de coton et fibres des fruits de palmier à huile*. Revue de l'Université du Burundi n° 24. 17 p.
18. Kues U. & Liu Y., 2000, Fruiting body production in basidiomycetes, *Appl. Microbiol. Biotech.*, **54**, 141-152.
19. Lin Z., 2006, *Juncao technology*. Fujian Agriculture and Forestry University. 143p.
20. Lourdes A.T, Arvin S.M.A. & Jeremy B.R., 2008, *Agronomic Responses of Oyster Mushroom (Pleurotus ostreatus) on Different Agricultural Wastes as Substrates*. Retrieved from: [http://region1.dost.gov.ph/IPSF %20compilations/pdf%20files/agronomic %20responses.pdf](http://region1.dost.gov.ph/IPSF%20compilations/pdf%20files/agronomic%20responses.pdf), (Accessed on: November 8, 2008).
21. Mondo J.M., Bagula E.M., Balezi A.Z. & Mushagalusa G.N., 2016, *Effets des substrats à base de fanes de haricot et de feuilles de bananier sur la productivité des souches de Pleurotus ostreatus (P969 et HK51) sur étagère et gobetage*, Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Regards / Terrain, mis en ligne le 11 avril 2016, URL : <http://vertigo.revues.org/16899>; DOI: 10.4000/vertigo.16899
22. Ndoye O., Awono A., Preece L. & Toirambe B., 2007, *Marchés des produits forestiers non ligneux dans les provinces de l'Équateur et de Bandundu : présentation d'une enquête de terrain*. In: Croizer C. & Trefon T., Eds. *Quel avenir pour les forêts de la République démocratique du Congo?* Bruxelles: Coopération Technique Belge (CTB), 68-70 p.
23. Oei P., 1993, *La culture des champignons. Guide technique*. Amsterdam, Pays-Bas: CTA, TOOL, FGRET, 318 p
24. Oei P., 2005, *La culture des champignons à petite échelle: pleurotes, shiitakes et auriculaires*. Wageningen, Pays-Bas: Fondation Agromisa, CTA, 86 p.
25. Oei P., 2003, *Mushroom cultivation; appropriate technology for Mushroom growers*. 3rd Edn. Publication, Leiden Netherlands, pp: 426.
26. Okhuoya J.A., 2008, Biodegradation of aliphatic, aromatic, resinic and asphaltic fractions of crude oil contaminated soils by *Pleurotus* (white rot fungi), *Afr. J. Biotechnol.*, **7**, 4291-4297.
27. Pegler D.N. & Pearce G.D., 1980, *The edible Mushrooms of Zambia*, Kew Bulletin, pp. 475-491
28. Queiroz E.C., Marino R.H. & Eira A.F., 2004, *Mineral supplementation and productivity of the shiitake mushroom on eucalyptus logs*. Scientia Agricola, São Paulo, **3**, 260-265.
29. USDA et NRCS, 2007, *Statistix 8 User Guide for the Plant Materials Program*, USA, 80 p.

G.N. Mushagalusa, Congolais, PhD, Professeur, Université évangélique en Afrique, Faculté des sciences agronomiques et Environnement, Bukavu, République Démocratique du Congo.

J.M. Mondo, Congolais, Ingénieur agronome, Chercheur, Université évangélique en Afrique, Faculté des Sciences agronomiques et Environnement, Unité de Recherche et de vulgarisation du champignon comestible, Bukavu, République Démocratique du Congo.

G.B. Masangu, Congolais, Ingénieur agronome, Chercheur, Université évangélique en Afrique, Faculté des Sciences agronomiques et Environnement, Bukavu, République Démocratique du Congo.

S.C. Lutwamazire, Congolais, Ingénieur Agronome, Chercheur, Université évangélique en Afrique, Faculté des Sciences agronomiques et Environnement, Bukavu, République Démocratique du Congo.

T.C. Sambili, Congolais, Ingénieur agronome, Chercheur, Université évangélique en Afrique, Faculté des Sciences agronomiques et Environnement, Bukavu, République Démocratique du Congo.

E.M. Bagula, Congolais, Doctorant, Chef des Travaux, Université évangélique en Afrique, Faculté des Sciences agronomiques et Environnement, Bukavu, République Démocratique du Congo.

A.Z. Balezi, Congolais, PhD, Professeur, Université Officielle de Bukavu, Faculté des Sciences et Sciences appliquées, Département de Biologie, et Université Évangélique en Afrique, Faculté des Sciences agronomiques et Environnement, Bukavu, République Démocratique du Congo.

Rendements et mécanismes d'adoption du matériel végétal amélioré: le cacao au centre-Cameroun

L.B. Mfeck Eyenga^{1*}, C.B. Kamdem¹, L. Temple² & S. Mathe³

Keywords: Improved plant material- Extension- Innovation model- Cocoa- Cameroon

Résumé

Dans cet article, nous évaluons l'impact du matériel végétal amélioré du cacaoyer sur le rendement dans la région du centre Cameroun. Nous utilisons une méthode d'évaluation non expérimentale basée sur les techniques d'appariement par score de propension. Les données utilisées pour ce travail résultent d'enquêtes en face à face. Entre décembre 2014 et février 2015, cent producteurs de cacao de la région du centre Cameroun ont été sollicités. Cette enquête révèle que: l'utilisation du matériel végétal amélioré a un effet positif statistiquement significatif sur le rendement. Ces résultats permettent également de préciser les conditions micro-économiques qui président à l'adoption de ce matériel amélioré. Les limites imposées par celles-ci sont discutées à deux niveaux. Le premier concerne les conséquences possibles de l'augmentation du rendement sur les revenus et donc la situation sociale des agriculteurs à long terme. Le deuxième concerne la nécessité de renouveler les modèles d'innovation qui impliquent les différents acteurs dans le processus d'innovation pour offrir un matériel végétal adapté à chaque contexte et lever les contraintes à leur adoption.

Summary

Yields and Adoption Mechanisms of Improved Plant Material: Case of Cocoa Crop in the Center-Cameroon

In this article, we estimate the impact of improved cocoa trees plant material in the Center region of Cameroon. We use a non-experimental method based on the techniques of propensity score matching. The data used for this project result from a face-to-face survey. One hundred cocoa producers were contacted between December 2014 and February 2015. This survey reveals that the use of improved plant material has a statistically significant positive effect on the yield. The results also clarify the micro-economic challenges in the adoption of this improved plant material. The limitations they impose are discussed at two levels: first, the possible consequences of the increase of the yield on farmer income and thus on their social status in the long run; second, the need to renew the innovation models that involve many stakeholders to provide plant materials adapted to each context and remove the constraints to their adoption.

¹Université de Yaoundé II, Faculté des Sciences Economiques et de Gestion, Département d'Economie Publique, Yaoundé, Cameroun.

²CIRAD-UMR Innovation, Montpellier, France.

³CIRAD-UMR Innovation IITA-Cameroon, Yaoundé, Cameroun.

Auteur correspondant: Email: lmfeck90@rocketmail.com

Reçu le 20.04.16 et accepté pour publication le 14.09.16

Introduction

Les produits de base tel que le cacao; ont un rôle important dans le développement socioéconomique en Afrique inter-tropicale (3). Ils font l'objet d'une attention particulière de la part des acteurs en charge de développement, focalisés en général par l'objectif d'améliorer la productivité et, plus particulièrement les rendements. Le plan de relance du café et du cacao au Cameroun mis en place par le Ministère de l'agriculture soutient ainsi l'accroissement de la production du cacao en se focalisant sur celui des rendements à l'hectare. Dans un environnement où les producteurs malgré la commercialisation collective ne maîtrisent que peu les prix de vente (17) et ceux des intrants, l'accroissement des rendements cacaoyers, principale production de rente, est un moyen possible d'améliorer les revenus (7, 9, 11). Le principal levier de cette amélioration actuellement promu est la vulgarisation du Matériel Végétal Amélioré (MVA). Ce choix repose sur plusieurs travaux qui établissent des relations de causalité entre l'usage de MVA et l'augmentation des rendements (1).

Au Cameroun, l'institutionnalisation de la recherche agricole a été initiée sous la tutelle coloniale au sein de différentes institutions publiques ou privées. Elle est aujourd'hui, principalement portée par l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), en relations avec différents centres de recherche internationaux.

Dans ses stations de recherche, cet institut a déjà mis au point et utilise plusieurs variétés améliorées. S'agissant du cacao, les résultats de la recherche sont principalement vulgarisés par des institutions dédiés comme la Société Camerounaise de Développement du Cacao (SODECAO) ou par des organismes professionnels (CICC) ou des coopératives, l'IRAD et divers programmes et/ou projets du ministère en charge de l'agriculture¹. Polarisée de manière conventionnelle par la sélection génétique, elle conduit au criblage d'hybrides rentrant en production dès 18 mois, et pouvant atteindre des rendements allant de 700 à 1.900 kg/ha (14) en station de recherche. La notion de matériel végétal améliorée est ici, principalement liée à l'usage de variétés hybrides mises au point par la recherche et parfois importées du Brésil par la SODECAO. Le profil de rendements du cacao au Cameroun présente une différence entre les bassins de production du Sud-ouest et ceux du Centre et du Sud. Ainsi des travaux empiriques (29) situent les rendements au Sud-ouest entre 600 et 1.200 kg/ha; alors que ceux du Centre et Sud fluctuent entre 100 et 500 kg/ha.

Par rapport aux variétés améliorées, si les rendements dans les conditions du Sud-ouest atteignent 1.000 kg/ha avec des variétés traditionnelles (26), en revanche dans la région du centre ils plafonnent autour de 400 kg même en utilisant (partiellement) des variétés améliorées. La relation entre ce matériel et les rendements nécessite donc d'être vérifiée. La principale question de cette étude est de comprendre en quoi l'impact du matériel végétal amélioré sur le rendement interpelle les modèles d'innovation au sein des institutions publiques de la recherche et du développement. Ainsi, cette étude cherche à tester si l'usage du MVA a un effet sur le rendement du cacao au Centre Cameroun. Pour atteindre cet objectif, nous analysons des rendements du cacao dans le centre Cameroun en utilisant la méthode d'appariement par score de propension. Nous confrontons pour cela les exploitations conduites avec des variétés améliorées et celles conduites avec des variétés non améliorées (tout venant) dans le centre Cameroun.

Revue de la littérature

Il est question ici, de présenter essentiellement la littérature liée à l'accompagnement des innovations agricoles par la vulgarisation d'une part et celle liée à la spécification de la fonction de production d'autre part.

De la vulgarisation des innovations agricoles à l'évaluation d'impact

La vulgarisation agricole renvoie de manière classique aux activités d'intermédiation, qui sous-tendent le transfert de technologies (importées, mises au point par la recherche, issues des entreprises) à des utilisateurs (2). Cependant, on peut distinguer deux orientations dominantes. La première considère la vulgarisation comme une étape mécanique de transfert d'une invention exogène à un utilisateur. Le vulgarisateur doit fournir les éléments d'informations et de formations, qui permettent d'utiliser correctement la nouveauté, pour obtenir les performances observées en station de recherche. Ce modèle linéaire de transfert technologique est aujourd'hui mis en échec en Afrique sub-saharienne et au Cameroun sur différentes productions (18). La deuxième orientation implique la vulgarisation dans la Co-construction de l'innovation. A cet effet, il faut la concevoir comme un ensemble de dispositifs permettent à la fois de générer et d'utiliser des nouveautés. Ces dispositifs pour cela doivent faciliter l'accès des agriculteurs, de leurs organisations et d'autres acteurs du marché aux connaissances, aux informations et aux technologies (28).

¹Projet Semencier Cacao Café (PSCC), le Projet d'appui à la Production et Diffusion du Matériel Végétal Cacao/Café (PPDMVC) et le Programme d'appui à l'Amélioration de la Productivité Agricole (PAPA)

Ils reposent sur la production des interactions avec les partenaires des institutions de recherche, de l'enseignement, des entrepreneurs du secteur agroalimentaire. Ils ont pour objet de renforcer les compétences et pratiques techniques, organisationnelles et de gestion (5) qui constituent les capacités collectives à innover. La vulgarisation a un objectif. Elle vise l'amélioration du niveau de vie des agriculteurs, à travers l'orientation de la production ou du coût de revient (2). Finalement, la vulgarisation agricole peut s'entendre soit comme la diffusion d'une invention de recherche en agissant sur les conditions qui ont permis d'obtenir les résultats expérimentaux. Soit comme une activité partagée entre différentes institutions et organisations pour soutenir des mécanismes d'implémentation et de dissémination de l'innovation en vue d'améliorer la performance globale des exploitants. Ainsi, au-delà des déterminants socioéconomiques des producteurs, l'adoption d'une innovation dépend aussi des institutions mises en place, qui sont des systèmes d'incitation (20) et, des modalités d'organisation entre les différents acteurs. La mise en œuvre d'un tel programme ou politique sociale ou de développement suscite la question de son efficacité (22). Elle renvoie à la mobilisation des méthodes d'évaluation d'impact (25). En agriculture, cette efficacité peut s'apprécier par l'augmentation de la production, du revenu et le renforcement des capacités de développement des acteurs (8). Une hypothèse dominante portée par la recherche agronomique est que: cette amélioration de la situation économique pour les producteurs est liée aux rendements.

Spécification de la fonction de production du cacao: une variante des cultures pérennes

La production du cacao ou son rendement varie avec les conditions naturelles du milieu, et bien sûr avec l'âge des cacaoyers et les pratiques culturales.

Les conditions du milieu naturel

Le cacaoyer est un arbre fragile qui ne supporte ni les températures trop basses, ni les chaleurs trop fortes (4). Son développement requiert des températures et précipitations moyennes annuelles comprises respectivement entre 27 et 32°C et, 1.500 et 2.500 mm. Dans ces conditions, le rendement du cacaoyer et le profil de production au cours de l'année peuvent varier à l'intérieur d'un même pays, selon les caractéristiques variées d'une région à l'autre.

Rendement du cacaoyer suivant l'âge

Dans certains travaux (11), l'évolution de la production du cacaoyer peut être cernée par la fonction de production des cultures pérennes développée par Nerlove en 1958. A partir de la fonction de production, on peut distinguer quatre phases dans le cycle de la production des cultures pérennes (Figure 1):

- une phase de gestation ou d'accroissement (I),
- une phase de croissance (II),
- une phase de stabilité (III) et
- une phase de décroissance ou de déclin (IV).

La phase de gestation part de la première production. Sa durée est liée aux caractères génétiques de l'espèce, l'intensité de l'entretien, le climat, la nature du sol, etc. Pour les variétés hybrides de l'IRAD, cette phase dure 18 mois à 3 ans, selon que les «paquets techniques» sont respectés ou pas.

La phase de croissance court de la première production au début de la phase de croisière. Ici, la croissance de la production est quasi linéaire jusqu'à la phase de croisière, toutes choses étant égales par ailleurs. Cette phase peut aller jusqu'à 8 ans.

La phase de stabilité ou phase de croisière ou encore phase de pleine production se caractérise par une stabilité du rendement. A ce stade, le rendement est maximal jusqu'à la fin de la vie économique de l'exploitation. Pour le cacaoyer, cette phase va généralement jusqu'à la 25^e année.

La phase de décroissance ou phase de déclin est la phase pendant laquelle l'âge économique de l'exploitation ou de l'arbre fruitier est atteint. Cet âge est fonction de l'entretien qu'a bénéficié l'exploitation du climat, de la variété, etc. Pour le cacaoyer, cette phase commence dès 25 ans.

Si cette représentation trouve un consensus dans des travaux empiriques (11, 30), il faut noter qu'elle correspond mieux à la culture en système intensif qui repose sur la monoculture. Deux différences majeures peuvent être relevées par rapport au mode extensif ou bien les Systèmes AgroForestiers (SAF) intensifs en travail mais, dans lesquels les rendements ne peuvent plus s'analyser uniquement à partir d'une seule production. Elles portent sur la durée de vie et le rendement. S'agissant de la durée de vie, les cacaoyères sous SAF dépassent souvent cinquante ans et les rendements y sont très variables (16) selon le degré de régénération et la densité; mais ils peuvent atteindre 900 à 1.100 kg/ha. De plus, contrairement au model intensif où les rendements chutent rapidement après 25 ans, le rendement des cacaoyères en agroforesterie (notamment au Cameroun) peuvent rester stables sur le long terme même sans apport en fertilisants chimique (6).

Cadre méthodologique d'évaluation de l'impact du matériel végétal amélioré

L'indicateur d'impact de la vulgarisation du MVA ici est le rendement moyen à l'hectare. Ainsi, pour évaluer cet impact, nous faisons une comparaison des exploitations en variétés améliorées et celles conduites en variétés non améliorées dans la région du centre Cameroun. Pour cela, nous utiliserons la méthode d'appariement pas score de propension dont l'originalité décrite par Rosenbum et Rubin (23).

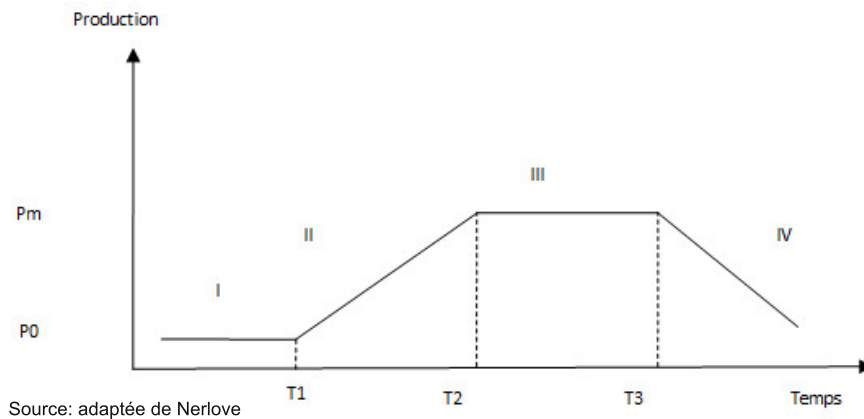


Figure 1: Fonction de production des cultures pérennes.

Elle consiste en la construction d'un groupe de comparaison statistique. Ce groupe est basé sur la probabilité de participer au programme (Equation I):

$$P(X) = Pr\left(d = \frac{1}{X}\right) \quad I$$

On capte l'effet du traitement en annihilant les différences de caractéristiques individuelles et du traitement dans les deux groupes. Les statistiques descriptives nous permettront de caractériser notre échantillon ainsi que les groupes de traitement (qui utilisent le MVA) et de contrôle (qui ne l'utilisent pas).

Méthode d'estimation

L'effet moyen du traitement sur les traités est défini dans l'équation II.

$$\begin{aligned} \Delta^{ATT} &= E(Y_T - Y_{NT}|1) = E(Y - Y|T=1) \\ &= E[Y - E(Y|X, T=0) | T=1] \\ &= [E(Y_T|T=1, X=x) - E(Y_{NT}|X, T=0, X=x)] \end{aligned} \quad II$$

L'estimateur Δ^{ATT} est la moyenne des écarts de l'état des traités et du contrefactuel. Dès lors, il faut estimer $E(Y_{NT}|X=x, T=0) = f(x)$, pour chaque individu traité de caractéristique x .

Pour ce faire, il est primordial d'effectuer l'appariement sur la base du score de propension et, s'assurer de la différence statistique des moyennes de la variable résultat des deux groupes.

La séquence d'estimation est la suivante:

- estimation du score de propension (PS) ou probabilité de recevoir le MVA à partir d'un modèle Probit ou Logit et calcul des effets marginaux;
- test de la différence statistique des moyennes de rendements des deux groupes;
- détermination du support commun par la régression paramétrique de Kernel suggérée par Heckman *et al.* (12) et la méthode des cinq plus proches voisins;
- calcul de l'écart-type de l'estimateur par la méthode du Bootstrap.

Les données utilisées

Nous mobilisons des données primaires collectées auprès de 100 producteurs de cacao de la région lors d'une enquête socioéconomique. Le questionnaire a été préalablement testé dans la localité de Batchenga puis l'enquête a été réalisée dans sept villages (Zamengoué; Koli; Ngat; Edou; Sibekon; Nkong-Abok et Balamba) répartis dans quatre arrondissements. Ces données étaient relatives aux caractéristiques du producteur et de l'exploitation cacaoyère. Ainsi, dans les analyses, nous pouvons les distinguer entre: la variable résultat (RST) des variables caractéristiques du producteur et de l'exploitation (CAR) ainsi que des variables de la régression logit (BIN) (Tableau 1).

Tableau 1
Description des variables à utiliser dans l'analyse.

Variables	Description de la variable	Unité	Type
Rdmt	Rendement moyen de l'exploitation	En kg/ha	RST
Part	Participation au programme	1= utilisation du matériel végétal amélioré et 0= sinon	BIN
Caractéristiques de l'exploitant			
Age	Age de l'exploitant	Nombre d'année	CAR
Educ	Niveau d'éducation de l'exploitant	1=aucun, 2=primaire, 3=secondaire, 4=supérieur, 5= professionnel	CAR
Tag	Age en agriculture	Nombre d'année	CAR
Pplcult	Principale culture de l'exploitant	1= cacao et 0= si non	CAR
Proxy	Distance de la source d'approvisionnement formelle la plus proche du producteur	En km	CAR
Formav	Avoir reçu une formation en cacaoculture avant la création de l'exploitation	1= oui et 0= sinon	CAR
Rva	Revenu annuel de l'exploitant par tranche	En FCFA, 1=si $\in [0, 30.000[$; 2=si $\in [30.000, 50.000[$; 3= si $\in [50.000, 100.000[$; 4= si $\in [100.000, 200.000[$; 5= si $\in [200.000, 500.000[$; 6= si $\in [500.000, \in [$	CAR
Caractéristiques de l'exploitation			
Agexpl	Age de l'exploitation	Nombre d'année depuis la création	CAR
Phyto	Traitement phytosanitaires	1= s'il utilise et 0=si non	CAR
Sup	Superficie de l'exploitation	Nombre d'hectare	CAR
Renouv	Avoir renouvelé certaines tiges de cacaoyer	1= non et 0= oui	CAR

Source: Construction des auteurs.

Zone d'étude

La région du centre-Cameroun appartient à une plateforme géologique cristallisée de 650 m d'altitude moyenne (le plateau Sud camerounais). Le climat ici, propice au développement des cultures pérennes est équatorial de type guinéen (13). Les températures moyennes annuelles s'élève à 25 °C, tandis que les précipitations varient entre 1.500 et 2.000 mm³/an. Les sols ferrallitiques ont un potentiel de fertilité variable. En termes de végétation, on trouve au Mbam et Inoubou une zone de transition forêt-savane; dans la Lekie une forêt semi décidue et dans la Mefou et Akono une forêt secondaire humide. La proximité des sources formelles d'approvisionnement en MVA, la présence des cacaoyères innovantes et la prédominance de la pratique agroforestière ont contribuées au choix des sites.

La stratégie d'échantillonnage

L'échantillon a été obtenu à partir des listes de producteurs fournies par des personnes ressources (responsables d'OP et/ou autorité administrative locale). Nous avons interrogé ceux des producteurs présents pendant notre passage. Etant donné que la production agricole dépend fortement du climat et du sol, la localisation des différentes exploitations dans la même zone agro écologique garantie la similarité des conditions pédoclimatiques.

Vérification des relations entre l'usage du matériel amélioré et les rendements

L'usage du MVA a un effet sur le rendement au Centre Cameroun. Le défi majeur à relever ici, consistait à réduire fortement le biais de mesure à partir de la technique d'appariement par score de propension. Le tableau 2 présente les caractéristiques des variables utilisées dans le modèle.

Tableau 2
Caractéristiques des variables du modèle.

Variable	Observation	Moyenne	Écart-type	Minimum	Maximum
Age	100	47,79	13,556	20	79
Educ	100	2,69	0,747	1	5
Tag	100	20,1	12,362	1	50
Agexpl	100	16,52	13,866	3	53
Phyto	100	0,94	0,238	0	1
Sup	100	1,35	1,045	0,08	4,83
Pplcult	100	0,57	0,497	0	1
Proxi	100	25,49	11,244	0	35
Formav	100	0,29	0,456	0	1
Renouv	100	0,22	0,416	0	1
Revannuel	100	5,79	0,518	4	6
Rdmt	100	512,96	289,778	100	1458,57

Source: Traitement des auteurs à partir des données d'enquête.

Tableau 3
Test de différence des moyennes de rendements.

Diff = Moy (0) –Moy(1)			
Ho :Diff =0			
t = -10,3835			
Degrees of freedom = 98			
Groupe	Observations	Moyenne	Ecart-type
Non adoptants	52	312,49	94,82
Adoptants	48	730,17	272,88
Total	100	512,97	289,78
Différence		-417,7	

Caractéristiques des groupes d'adoptants et non adoptants

La moyenne d'âge de la plantation présente une différence entre les deux groupes. En effet, les plantations innovantes sont relativement moins jeunes, mais rentrent bien vite en production. Quant aux plantations en matériel non amélioré, bien qu'elles soient vieilles, leur production reste stable car, elles sont conduites dans des SAF. Il en est de même des exploitations innovantes; ce qui permet la comparaison. Les adoptants sont relativement moins jeunes (46 ans en moyenne). On peut s'attendre à ce que cette variable détermine négativement l'adoption du MVA car, les non adoptants ont un horizon de planification plus long et peuvent donc prendre plus de risque. En termes d'éducation, il n'y a pas une grande différence entre les deux groupes. Il ne sera pas étonnant que cette variable n'influence pas la probabilité d'adoption du MVA. Le temps passé à l'exercice du métier d'agriculteur (*Tag*) détermine l'expérience du producteur et par ricochet sa capacité à maîtriser ses contraintes de production. Etant plus élevée chez les non adoptants, ce temps peut porter à la hausse leurs rendements moyens à l'hectare.

La distance du producteur à la source d'approvisionnement en MVA est en moyenne inférieure dans le groupe de traitement (23,95 km) que dans le groupe de contrôle (26,90 km). La variable *prox* peut donc influencer négativement le comportement d'adoption ici. Quant à la variable renouvellement, elle est davantage observée dans le groupe de traitement (27% d'adoptant disent avoir eu à renouveler les tiges contre 17% seulement de non adoptant). Ce qui peut influencer négativement la décision d'adopter le MVA. C'est en effet un coût supplémentaire pour le producteur. Aussi vrai que plusieurs études rendent compte de l'impact positif des variétés améliorées sur le rendement, nous ne pouvons pas parvenir à cette conclusion à cause du traitement phytosanitaire.

Ce traitement est plus administré par la quasi-totalité des non adoptants (98%) contre 89% des adoptants. Pour ce qui est enfin du rendement moyen par hectare dans l'échantillon total, il correspond aux résultats obtenus dans les travaux antérieurs au Centre-Sud. Par ailleurs, les deux groupes présentent une différence statistique en termes de rendements moyens (Tableau 3).

Tableau 4
Probabilité de recevoir le matériel végétal amélioré.

Logit regression		
Number of obs= 100		
LR chi2(11)= 91.21		
Prob> chi2= 0,0000		
Pseudo R2= 0,6587		
Log likelihood= -23,630011		
Variables	Coefficients	Ecart-type
Age	-0,00814	0,0209
Educ	0,115	0,318
Tag	-0,00206	0,0257
Agexpl	-0,221***	0,058
Phyto	-3,439**	1,616
Sup	-0,641*	0,357
Ppcult	0,547	0,542
Proxi	0,00276	0,0226
Formav	0,901*	0,507
Revannuel	0,447	0,647
Renouv	-0,328	0,568
Constant	3,431	3,984

Ecart-type entre parenthèses *** significatif à 1%, ** significatif à 5%, * significatif à 10%

Tableau 5
Effets marginaux.

Y = Pr (Part) (predict) .0976597	
Variable	dF/dx
age	-.0014041
educ	.0197553
tag	-.0003561
agexpl	-.0381888
phyto*	.9070339
sup	-.1104795
ppcult*	.0905326
proxi	.0004762
formav*	.19638
revannuel	.0770627
renouv*	.0502004

(*) dF/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1

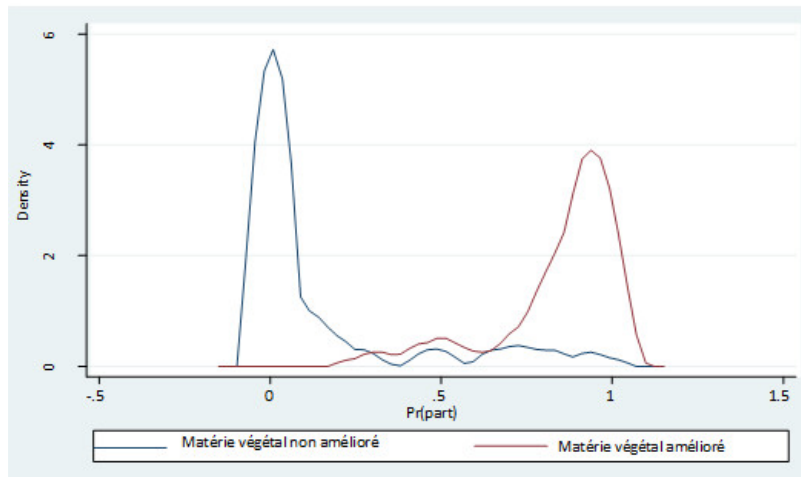


Figure 2: Distribution du propensity score entre le deux groupes.

Déterminants de la probabilité de recevoir le matériel végétal amélioré

Les résultats de l'estimation *logit* de l'utilisation du matériel végétal amélioré (Tableau 4) montrent que: l'âge de la plantation; le traitement phytosanitaire; la superficie de l'exploitation et la formation avant la création de l'exploitation déterminent son adoption. Le traitement phytosanitaire influence négativement la probabilité d'adoption. L'effet marginal de cette variable (Tableau 5) montre qu'elle réduit considérablement (à 90%) la probabilité pour un cacaoculteur d'adopter le MVA. S'agissant de la superficie, plus elle est grande, moins le producteur a la chance de recevoir ou d'adopter le MVA. L'effet marginal ici (Tableau 5) indique que l'étendu de la plantation réduit de 11% la probabilité d'adoption du matériel végétal amélioré. Quant à de l'âge de la plantation, l'estimation *logit* indique qu'il a un effet négatif sur la probabilité d'adopter le MVA. Sont effet marginal (Tableau 5) précise que cette probabilité diminue de 22% avec l'âge de la plantation. Enfin, la formation avant la mise en place de l'exploitation détermine positivement l'adoption du MVA. La probabilité de créer une plantation avec du MVA augmente de 19% si le producteur reçoit une formation avant.

La distribution du "Propensity scores" entre les deux groupes est représentée à la figure 2.

Celle-ci présente bien la différence de distribution entre le groupe de traitement et celui de contrôle.

Effet moyen du matériel végétal amélioré sur le rendement

Sur la base des appariements par *Kernel* et les cinq plus proches voisins, l'effet moyen du traitement est de 517,8 kg/ha. Les producteurs qui utilisent le matériel végétal amélioré récoltent 517,8 kg de cacao par hectare de plus que ceux qui ne l'utilisent pas (Tableau 7). Ce qui confirme bien la relation de causalité entre les variétés améliorées et les rendements. Ce résultat est obtenu avec 89 observations. En effet, 11 observations du groupe de traitement n'ont pu être appariées aux observations du groupe de contrôle (Tableau 7). Dans l'échantillon non apparié, l'âge de la plantation présentait déjà une forte différence entre les deux groupes (Tableau 6). Une méthode naïve aurait consisté en la comparaison directe des rendements moyens des deux groupes avant l'appariement. Ainsi, nous aurions obtenu une différence de 417,7 kg/ha de cacao (Tableau 3) pour l'utilisation du MVA. Mais, le problème aurait été d'avoir comparé des exploitations aux caractéristiques individuelles différentes. Ce donc a remédié l'appariement en comparant des exploitations aux caractéristiques identiques et/ou relativement proches. La robustesse de notre résultat (517,8 kg/ha) tient au fait qu'il est identique pour le *Kernel* et les cinq plus proches voisins (Tableau 7). L'intérêt de ce résultat repose sur la possibilité qu'ont les petits producteurs de cacao, d'améliorer leur niveau de vie à travers les revenus tirés de la vente de cacao.

Ce revenu étant tributaire du ciseau des prix c'est-à-dire du différentiel entre le prix du cacao et celui des intrants (phytosanitaires, plants) et de la main d'œuvre salariée mobilisée.

Tableau 6
Test d'appariement des échantillons.

	Echantillon non apparié			Apparié par le kernel			Apparié par les 5 plus proches voisins		
	Moyenne		p-value	Moyenne		p-value	Moyenne		p-value
	traités	Contrôle		traités	Contrôle		traités	Contrôle	
Age	46,6	48,88	0,4	46,73	50,75	0,15	46,73	50,75	0,15
Educ	2,81	2,57	0,11	2,81	2,9	0,49	2,81	2,9	0,49
Tag	18,86	21,25	0,33	17,58	20,83	0,28	17,58	20,83	0,28
Agexpl	6,44	25,81	0	6,79	5,89	0,21	6,79	5,89	0,21
Phyto	0,89	0,98	0,07	0,97	1	0,32	0,97	1	0,32
Supexpl	0,84	1,83	0	0,83	0,78	0,71	0,83	0,78	0,71
Pplcul	0,58	0,55	0,79	0,51	0,55	0,69	0,51	0,55	0,69
Proxi	23,95	26,9	0,19	24,83	19,94	0,05	24,83	19,94	0,05
Formav	0,39	0,19	0,02	0,37	0,33	0,71	0,378	0,33	0,71
Rva	5,72	5,84	0,26	5,7	5,68	0,89	5,7	5,68	0,89
Renouv	0,27	0,17	0,24	0,27	0,33	0,52	0,27	0,33	0,52

Source: auteurs à partir des données d'enquête

Tableau 7
Effet moyen du matériel végétal amélioré.

	Appariement par kernel	Appariement par les 5 plus proches voisins
ATT	517,80***	517,80***
Ecart-type	69,86	69,86
Nombre d'observation du groupe de traités	48(11)	48(11)
Nombre d'observation du groupe de contrôle	52	52
Nombre d'observation total	100(11)	100(11)

*** significatif à 1%, ** significatif à 5%, * significatif à 10%

Mise en critique des conditions d'adoption micro-économique: une nécessité du changement institutionnel et organisationnel

La nécessité de traitement phytosanitaire entrave l'adoption du MVA du fait de dépenses d'entretien élevées. Plus le coût est élevé, moins les producteurs de cacao adoptent le MVA. Par ailleurs, l'utilisation de ces produits d'entretien représente un risque sanitaire potentiel non seulement pour le producteur qui les manipule, mais aussi pour le consommateur (résidus de pesticide). Ce dernier point nécessite: que les producteurs utilisent des produits certifiés; qu'ils soient suffisamment protégés pendant les manipulations; et qu'ils respectent les dosages et le timing entre deux passages.

Ceci exige donc l'implication d'autres acteurs dans le processus d'innovation (agence de normalisation, agro-industries et le ministère en charge du commerce).

Le résultat sur la taille de l'exploitation peut paraître surprenant. Il indiquerait que les petites exploitations seraient les plus susceptibles à l'adoption de matériel amélioré.

Deux explications potentielles peuvent apparaître. La première est qu'en situation de pénurie globale de MVA, les nouveaux planteurs (jeunes exploitants) s'approvisionnent là où ils peuvent donc dans les structures qui offrent du matériel amélioré. La deuxième serait liée au fait qu'une dynamique de plantation du cacao est parfois portée par des pluriactifs (élites urbaines), qui plantent au village des petites parcelles en utilisant du matériel nouveau par soucis de modernité. Cependant, la taille de l'exploitation ou sa superficie est un indicateur de la richesse d'un exploitant. Si la richesse a généralement un effet positif sur l'adoption, la variété des indicateurs de richesse n'aboutissent pas au même résultat (24).

L'accroissement de la superficie d'une plantation entrave la probabilité d'adoption par ce qu'elle requiert nécessairement un investissement supplémentaire. Ce dont le producteur peut avoir du mal à mobiliser. C'est vraisemblablement le cas ici du traitement phytosanitaire pour le quel, les producteurs de cacao ne reçoivent quasiment plus d'appuis institutionnels.

La superficie moyenne de la plantation est inférieure dans le groupe de traitement (0,84 ha) par rapport au groupe de contrôle (1,83 ha). Par ailleurs, les producteurs du groupe de traitement sont en moyenne moins âgés que ceux du groupe de contrôle. Ce qui peut laisser croire que, les jeunes qui ont un horizon de planification plus long (et donc susceptible d'adopter le MVA) disposent de moins de terre. Ce problème pourrait être lié aux conditions d'accès au foncier qui ont peu été analysés. Une formation avant la mise en place d'une plantation de cacao prédispose à la connaissance et à la maîtrise des informations nécessaires à la conduite du verger et l'amélioration de ses performances.

Les producteurs formés par avances seraient donc plus ouverts à l'innovation.

Enfin, le fait d'avoir 27% d'adoptants qui ont déjà renouvelé des tiges de cacaoyer (contre 17% de non adoptant) suscite des interrogations sur ces variétés hybrides qui sont soit importées du Brésil, soit mise au point par l'IRAD. Premièrement, leur résistance face aux éventuelles intempéries est redoutée. Deuxièmement, leurs adaptabilités aux conditions localisées des écosystèmes ne seraient pas garanties.

Ces résultats confirment ainsi le fait que, suites aux politiques de libéralisations et le retrait de l'Etat à travers les diverses subventions autrefois accordées, des producteurs mal préparés ont été abandonnés aux mains des prestataires plus avertis (21). Par ailleurs, les dispositions institutionnelles en matière de propriété foncière ne sont pas favorables aux jeunes qui seraient mieux prédisposés à l'adoption de ce type d'innovation. En général, les producteurs de cacao ne recevant quasiment plus d'appuis institutionnels sont moins disposés à l'adoption de ce type d'innovation. D'autres variables structurelles n'ont cependant pas été testées dans cet article sur les déterminants institutionnels ou organisationnels qui président à l'adoption de matériel végétal amélioré et leur conséquence d'impact sur les rendements et les revenus. Un autre élément pivot de l'adoption du matériel amélioré concerne ses impacts économiques à court terme sur les marges brutes en fonction du rapport des prix, de leur instabilité, de la sensibilité climatique des rendements du matériel amélioré et le nombre d'année où le planteur peut espérer un rendement élevé en milieu paysan (10). Ces différents paramètres sont autant de fronts de recherche pour le futur.

Conclusion

Le besoin actuel de plants lié à la politique de relance du secteur cacao stimulée par le cycle haussier du marché international conduit dans de nombreux pays dont le Cameroun, à promouvoir l'usage de matériel végétal amélioré proposé par la recherche. Au regard de nos résultats, l'utilisation du matériel végétal amélioré entraîne une augmentation des rendements de l'ordre de 517,8 kg par hectare sur la partie du cycle productif de ces hybrides dans des conditions intensives. Ce résultat n'est pas suffisant pour recommander la vulgarisation des variétés hybrides de cacaoyer. En effet, il implique pour cela de vérifier en quoi l'usage de ce matériel se traduit par une augmentation ou pas du revenu des producteurs sur la longueur du cycle de ces hybrides. Néanmoins, la SODECAO (principal offreur de matériel végétal amélioré du cacao au Cameroun) estime la demande à 55 millions de plants mais l'offre disponible se situe autour de 5 millions seulement. Ainsi, il faut opérer des changements aussi bien en termes institutionnels qu'organisationnels pour permettre une offre de MVA adaptée qui favorise son adoption. Ce transfert technologique de matériel végétal amélioré par les activités de vulgarisation implique de mieux co-construire entre les différents acteurs (19), les facteurs d'adoption et les modalités d'évaluation d'impact liés à l'usage de ce matériel sur les conditions socio-économiques de vie au-delà de l'indicateur classique de rendement retenue dans la littérature. A un autre niveau, la promotion massive de matériel végétal amélioré présente un risque lié à l'augmentation de l'usage des pesticides. Il est donc important d'associer dans les modules de vulgarisation l'analyse des risques liés à l'usage de ces pesticides.

En outre, la notion même de «matériel végétal amélioré» est interrogée dans la mesure où, ce matériel principalement importé, peut intégrer les savoir-faire locaux dans la sélection des critères d'amélioration pour répondre au mieux aux besoins d'optimisation des écosystèmes. Les politiques de vulgarisation doivent s'interroger sur l'adaptation de ces variétés améliorées aux contextes locaux. Dans le prolongement, nos résultats interrogent le renouvellement des mécanismes d'articulation entre différents acteurs dans une logique systémique.

Références bibliographiques

1. Achigan-Dako E.G., Houdegbe A.C., Glèlè M. & Nono-Womdim R., 2014, Analyse du système de production et de distribution des semences de maïs (*Zea mays* L.) au Sud-Bénin, *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **18**,1, 49-60.
2. Canonge, H., 1959, *La vulgarisation. Économie Rurale*, **39**, 207–212.
3. CEA/BSR-AC, 2008, *Rôle des produits de base dans le développement socioéconomique des pays de l'Afrique centrale*, pp 5-18, 137p
4. Champaud J., 1966, L'économie cacaoyère du Cameroun, *Cah. Orstom.*, **3**, 105–124.
5. Christoplos I., 2011, *Mobiliser les potentialités de la vulgarisation rurale et agricole*. FAO. 6. CIRAD, 2014a. L'agriculture familiale: une chance pour la planète. CIRAD 12.
7. Clay J., 2004, *World agriculture and the environment*. Washington, Etats-Unis, Island Press, 570p
8. Delarue J., 2007, *Mise au point d'une méthode d'évaluation systémique d'impact des projets de développement agricole sur le revenu des producteurs. Etude de cas en région kpèlè* (République de Guinée), pp 24-66. AgroParisTech, Paris, 510 p.
9. Donald P.F., 2004, Biodiversity impacts of some agricultural commodity production systems, *Conserv. Biol.*, **18**,17- 37.
10. Dury S. & Temple L., 1999, *La diversification fruitière des exploitations péri-urbaines dans la région de Yaoundé, quelles conséquences pour l'orientation de la recherche?*, in: Communication Actes Symposium International Planétaire 99. Chambéry France, pp. 531–535.
11. Eboutou L.Y., 2009, *Rentabilité financière des agroforets à base de cacao enrichies par des arbres domestiqués dans le bassin de production du Centre*, Cameroun pp 6-19 Université de Dschang, 129p
12. Heckman J., Ichimura H., Smith J. & Todd P., 1998, Characterizing Selection Bias Using Experimental Data, *Econometrica*, **66**, 5, 1017.
13. INS, 2010, *Rapport régional de progrès des objectifs du millénaire pour le développement: région du centre*. INS-PNUD, Yaoundé.
14. IRAD, 2013, *50 ans de recherche agronomique au Cameroun: principaux résultats et acquis*. IRAD, Yaoundé.
15. Jagoret P., 2011, *Analyse et évaluation de systèmes agroforestiers complexes sur le long terme: Application aux systèmes de culture à base de cacaoyer au Centre Cameroun*, pp 5-25, SupAgro, Montpellier, 288p.
16. Jagoret P., Deheuvels O. & Bastide P., 2014, *Production durable de Cacao: s'inspirer de l'agroforesterie*. Perspective, 4.
17. Kamdem C.B. & Melachio A., 2014, Effects of Collectives Marketing by Farmers' Organizations on Cocoa Farmer's Price in Cameroon, *Revised Final Report, Afr. Econ. Res. Consort.*, **30**, 31 p.
18. Mabah T.G.L., Harvard M. & Temple L., 2013, Déterminants socio-économiques et institutionnels de l'adoption agricole sur le maïs à l'Ouest Cameroun, *Tropicultura*, **31**, 2, 137-142.
19. Mfeck L.B., 2015, *Evaluation de l'impact du matériel végétal amélioré du cacaoyer dans le centre-Cameroun* pp 49-58 université de Yaoundé 2 Soa, 89p.
20. North D., 1991, Institutions, *J. Econ. Perspect.*, **5**, 97–112.
21. Ondoa M.T., 2006, *Politiques agricole au Cameroun depuis 1960*.
22. Parienté W., 2009, *Analyse d'impact: l'apport des évaluations aléatoires*. DIAL STATECO, **103**, 1–14.
23. Rosenbum P. & Rubin D., 1983, *The Central Role of the Propensity Score in Observational Studies for Causal Effects*. *Biometrika*, 70, 41.
24. Roussy C., Ridier A. & Chaib K., 2015, Adoption d'innovation par les agriculteurs: role des perceptions et des préférences. Working Paper SMART-LERECO 15-03.
25. Temple L., Bienabe E., Barret D. & Saint Martin G., 2016, Methods for assessing the impact of research on innovation and development in the agriculture and food sector, *Afr. J. Sci., Technol., Innovation Dev.*, **8**, 5-6.
26. Temple L. & Fadani A., 1997, Cultures d'exportation et cultures vivrières au Cameroun: l'éclairage d'une controverse par une analyse micro-économique, *Econ. Rurale*, **239**, 40-48.
27. Temple L. & Minkoua N.J., 2015, Socio-economic Conditions of Horticultural Diversification in Cocoa Production Systems in Southern Cameroon. *In Economics and Ecology of Diversification. The Case of Tropical Tree Crops*. Ruf F., Schroth G. (Editors)
28. Touzard J.-M., Temple L., Faure G., Triomphe B., 2015. Innovation systems and knowledge communities in the agriculture and agrifood sector: a literature review, *J. Innovation Econ. Manage.*, **7**, 117-142.
29. Varlet F. & Berry D., 1997, *Réhabilitation de la protection phytosanitaire des cacaoyers etcaféiers du Cameroun. Cirad/Conseil interprofessionnel du cacao et du café (Cicc)*. Douala, Cameroun, Conseil interprofessionnel du cacao et du café, 204 p. + 202 p.
30. Wood G.A.R. & Lass R.A., 1985, *Cocoa*. Fourth edition. Londres, Grande Bretagne, Longman, Tropical Agriculture Series, 620p.

L.B. Mfeck Eyenga, Camerounais, M.Sc., Etudiant Université de Yaoundé II, Faculté des Sciences Economiques et de Gestion, Département d'Economie Publique, Yaoundé, Cameroun.

CB. Kamdem, Camerounais, PhD, Enseignant, Université de Yaoundé II, Faculté des Sciences Economiques et de Gestion, Département d'Economie Publique, Yaoundé, Cameroun.

L. Temple, Français, PhD, Chercheur - Animateur équipe SIRA CIRAD-UMR Innovation, Montpellier, France.

S. Mathe, Française, PhD, Chercheur - CIRAD-UMR Innovation, IITA-Cameroon, Yaoundé, Cameroun.

Inventaire et disponibilité des produits forestiers non-ligneux utilisés par les populations riveraines de la Forêt Classée du Haut-Sassandra après la période de conflits armés en Côte d'Ivoire

K.A. Kouakou^{1*}, Y.S.S. Barima¹, G.G. Zanh¹, K. Traoré² & J. Bogaert³

Keywords: Preferential NTFP- Disturbance- Marketing of NTFPs- Use of NTFPs- Conservation strategy- Ivory Coast

Résumé

L'objectif de l'étude est d'identifier et d'évaluer la disponibilité des espèces végétales en dehors du bois d'œuvre, dans et à la périphérie de la Forêt Classée du Haut-Sassandra (FCHS) après les conflits en Côte d'Ivoire. Des enquêtes ont été réalisées sous la forme de discussion de groupe et d'interviews individuelles auprès des riverains de la FCHS sans distinction de sexes et auprès de 45 ménages. Cent-trente-quatre espèces végétales et trois espèces fongiques appartenant à 56 familles ont été inventoriées. Sept catégories d'usages de Produits Forestier Non-Ligneux (PFNL) ont été identifiées dont l'usage médicinal est le plus important. Dix espèces végétales préférentielles pour la population rurale ont été déterminées. Selon la perception des populations rurales, 45% de PFNL sont devenues rares dans la zone d'étude. Les PFNL récoltés sont majoritairement destinés à l'autoconsommation. Les paysans conservent dans les champs et domestiquent certaines espèces utiles. Face à la rareté des PFNL, l'usage des produits manufacturés est de plus en plus récurrent dans les villages.

Summary

Inventory and Availability of Non-timber Forest Products used by Local Residents of the Classified Forest of Haut-Sassandra after the Armed Conflict Period in Ivory Coast

This study aims at identifying and assessing the plant species, apart from timbers, that can be found inside the Classified Forest of Haut-Sassandra (CFHS) and around after, the civil war in Ivory Coast. Investigations were carried out in 45 riverside resident households by individual and focus group interviews regardless the gender. One hundred and thirty-four plant species and 3 fungal species belonging to 56 families have been listed. Seven categories of uses of NTFP have been identified, among which medicinal use is the most important. Ten preferential plant species for rural population have been identified. The population stated that 45% of the NTFP have become rare in the area. The harvested NTFP are mainly for self-consumption. Farmers preserve and domesticate some plant species in their field. Faced with the scarcity of NTFPs, the use of manufactured goods is increasingly recurrent in the villages.

¹Université Jean Lorougnon Guédé, Unité de Formation et de Recherche en Environnement, Daloa, Côte d'Ivoire.

²Université Jean Lorougnon Guédé, Unité de Formation et de Recherche en Agroforesterie, Daloa, Côte d'Ivoire.

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

*Auteur correspondant: Email: apokouassi.kak@gmail.com

Introduction

Aujourd'hui, les aires protégées constituent un élément primordial de toute stratégie de conservation de la biodiversité d'un pays ou d'une région (1, 20). Elles constituent à cet effet un immense réservoir de biodiversité de ressources biologiques dont dépendent souvent les populations riveraines (30). En Afrique, les forêts offrent les moyens de subsistance à près de 60 millions de personnes (11). En effet, les populations riveraines des forêts sont parfois autorisées sous certaines conditions à effectuer des prélèvements de produits en dehors du bois d'œuvre dans ces milieux. Ces produits animaux et végétaux, connus sous le vocable de Produits Forestiers Non-Ligneux (PFNL) peuvent être des racines, des feuilles, des champignons, des chenilles, des escargots, etc. Malheureusement, en Côte d'Ivoire nombreuses sont les aires protégées et forêts classées qui n'existent que de nom, car elles ont été infiltrées pour la mise en place de grandes exploitations agricoles (2, 22, 23, 33, 27), amenuisant ainsi la disponibilité des ressources forestières en générale mais en particulier les PFNL pour les populations rurales. Pourtant, ces produits constituent des ressources précieuses pour une grande majorité des populations rurales des pays en développement notamment en Afrique où, plus de 80% de cette population s'en sert pour assurer son bien-être (3, 5, 6, 36). Les PFNL représentent souvent, aux yeux des populations locales, la manifestation la plus évidente de la valeur de la forêt en tant que capital-nature. Pour les scientifiques et les gestionnaires, ils représentent un facteur important dans la conservation de l'ensemble des ressources de la forêt, notamment de sa diversité génétique (17). Ils peuvent ainsi constituer une source importante de revenus dans les économies locales, nationales ou internationales (25). Par conséquent, lorsque les activités anthropiques dans une aire protégée ou forêts classées sont intenses, elles peuvent contribuer à la paupérisation des populations locales qui en dépendent. C'est le cas de la population riveraine de la Forêt Classée du Haut-Sassandra (FCHS), dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Cette région a subi les pires conséquences humanitaires et environnementales des crises politico-militaires qu'a connues la Côte d'Ivoire entre 2002 et 2011 (9).

En effet, dans cette région, les espaces forestiers ont été fortement utilisés dans diverses activités liées à la guerre et à la subsistance des populations. La forêt a servi de refuge aux populations qui, fuyant les zones de combat, s'y sont installées, vivant parfois des produits forestiers non-ligneux et y exerçant diverses activités agricoles. D'autres populations, moins vulnérables, ont aussi profité de cette période trouble pour installer d'importantes exploitations agricoles dans et aux alentours de la FCHS, amenuisant la disponibilité en PFNL pour les populations locales.

La disponibilité d'un PFNL est définie dans cette étude comme étant la capacité de disposer actuellement d'un PFNL dans la zone d'étude. Cette disponibilité se matérialise par l'abondance des PFNL dans la zone d'étude face à l'anthropisation grandissante du milieu. En effet, des travaux récents ont montré qu'environ 46% des forêts ont disparu de la FCHS entre 2000 et 2013 (4). Cette déforestation s'est faite en faveur des cultures agricoles et principalement la culture du cacaoyer qui occupe 23,32% des zones dégradées recensées dans cette forêt domaniale (2). Cette situation a conduit à la dégradation du couvert végétal dans la région qui a eu pour conséquences la disparition de certaines ressources forestières non-ligneuses.

L'objectif de cette étude est de déterminer la disponibilité des produits forestiers non-ligneux dans les localités rurales jouxtant la forêt classée du Haut-Sassandra suite à la perturbation de cette forêt domaniale due aux conflits en Côte d'Ivoire (2, 22, 33). Il s'agit donc d'identifier les PFNL prélevés dans et autour de la FCHS par la population riveraine; de déterminer leur disponibilité avant et après les conflits armés et d'évaluer leur importance économique pour la population locale.

Matériel et méthodes

Site d'étude

La FCHS est située au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire à environ 60 km à l'Ouest de la ville de Daloa (Figure 1) entre 6°51'-7°24' de latitude Nord et 6°59'-7°10' de longitude Ouest. Elle est l'une des forêts classées les plus importantes en superficie en Côte d'Ivoire avec 102.400 hectares, et est à cheval sur la région du Haut-Sassandra à l'Est et sur la région du Tonpki à l'Ouest. La FCHS est marquée par un climat humide à deux saisons de pluies; la grande saison sèche s'étalant de novembre à mars. Le paysage de la FCHS se compose d'éléments forestiers et de savane, notamment vers le Nord (24). Cette forêt appartenait, dans sa majeure partie, à la zone de forêt dense humide semi-décidue à *Celtis* spp. et *Triplochiton scleroxylon* du secteur mésophile (19). Les populations autochtones jouxtant la FCHS sont principalement les Niaboua installés au Sud de la forêt et les Niédéboua au Nord et au Nord-Est. La population allochtone est dominée par les Baoulé venus du centre du pays et les allogènes qui sont principalement les burkinabés.

De nombreux campements clandestins sont également installés dans la FCHS dont les principaux sont Trouvougbeu et Amanikouadiokro.

Toutes ces populations pratiquent l'agriculture vivrière (igname, riz, maïs, arachide, etc.), mais surtout l'agriculture de rente, essentiellement le cacaoyer et le caféier.

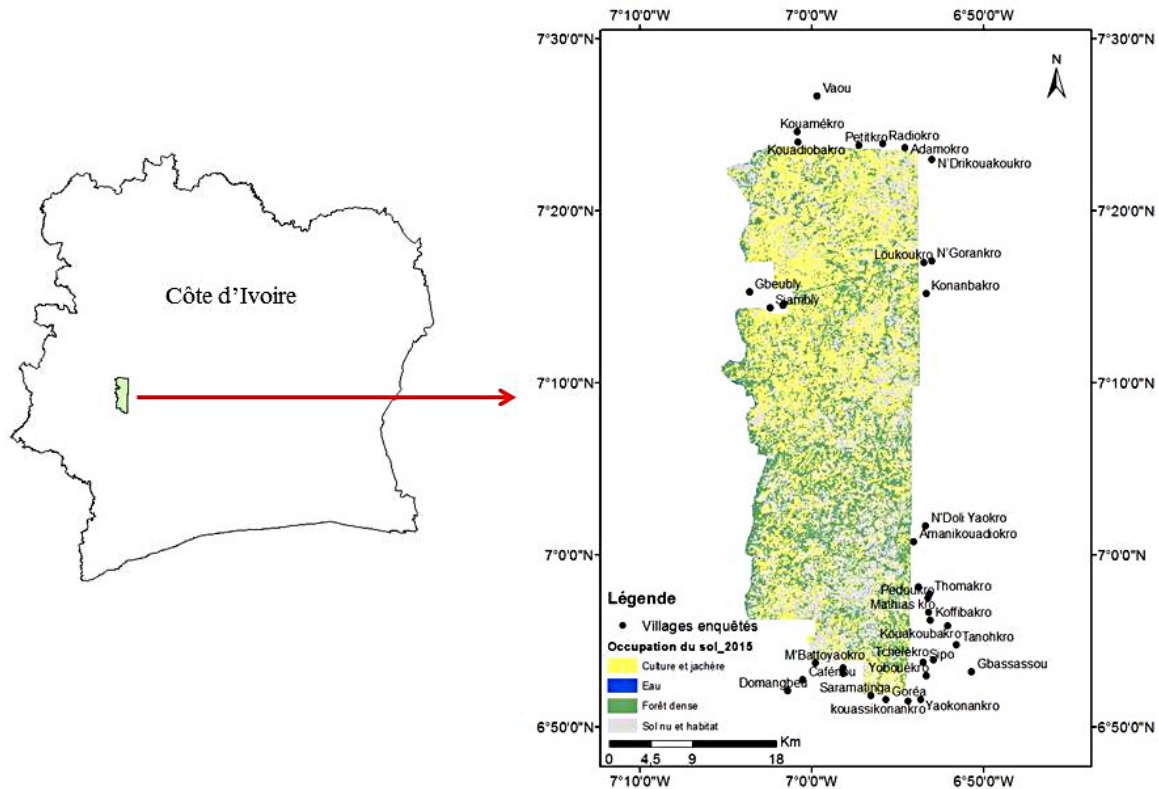


Figure 1: Carte d'occupation du sol de la Forêt Classée du Haut-Sassandra en 2015 et villages riverains enquêtés.

Méthodes de collecte des données

La collecte des données a été réalisée dans 36 villages situés aux alentours de la FCHS (Figure 1). Une méthode qualitative par des entretiens semi-directifs en "face à face" avec les populations a été réalisée afin de favoriser la collecte des données et des expériences à travers un dialogue. Ainsi, les entretiens ont été menés en français et en langue locale à l'aide de fiches d'enquêtes auprès des personnes ayant une bonne connaissance des PFNL et âgées d'au moins 25 ans sans distinction de sexe. La limitation de l'âge à 25 ans est guidée par la nécessité que la personne enquêtée ait au moins 15 ans au début de la crise et soit résidente permanente dans les localités à cette période. Un total de 499 personnes a ainsi été interviewé en novembre 2014 et janvier 2015.

Pour compléter la liste des PFNL, des discussions de groupe ont été organisées et 45 ménages ont été interrogés. Les entretiens de groupe ont réuni six à douze participants et un animateur sur la problématique abordée (18). Lors de cette séance, les hommes et les femmes ont été séparés afin d'éviter l'influence de la présence d'une catégorie sur l'autre (36).

Les questions posées étaient relatives aux PFNL d'origine végétale classés par catégories d'usage (alimentaire, médicinale, construction, artisanale, sacré, cérémonie, emballage), à l'importance de l'utilisation de chaque PFNL, à leur disponibilité avant et après la décennie de crises en Côte d'Ivoire, aux circuits de commercialisation ainsi qu'à la valeur économique des PFNL et aux différentes stratégies de substitution ou de conservation mises en place par les populations locales face à la rareté des PFNL. L'importance de l'utilisation de chaque espèce végétale a été appréciée au moyen d'un score d'utilisation attribué par les répondants selon chaque catégorie d'usage. La grille d'appréciation utilisée est:

- 3= espèce fortement utilisée;
- 2= espèce moyennement utilisée;
- 1= espèce faiblement utilisée;
- 0= espèce sans usage.

Analyse des données

Fréquence d'utilisation

La fréquence d'utilisation (F) d'une espèce est calculée suivant l'équation I:

$$F = \frac{S}{N} \times 100 \quad I$$

avec S : nombre de personnes ayant donné une réponse positive (Oui) pour l'utilisation du produit concerné; N : nombre total de personnes interviewées. Lorsque F tend vers 0, l'espèce est moins utilisée et lorsque F tend vers 100, l'espèce est plus utilisée.

Valeur d'usage ethnobotanique

La Valeur d'usage ethnobotanique (Vu) de l'espèce a été sollicitée selon la méthode utilisée par Camou-Guerrero *et al.* (8) et Dossou *et al.* (13). La valeur d'usage d'une espèce donnée (i) au sein d'une catégorie d'usage donnée est représentée par son score moyen d'utilisation au sein de cette catégorie. La valeur d'usage ethnobotanique est calculée selon l'équation II:

$$Vu(i) = \frac{\sum_i^n S_i}{n} \quad II$$

où $Vu(i)$ est la valeur d'usage ethnobotanique de l'espèce i au sein d'une catégorie d'usage donnée, S_i est le score d'utilisation attribué par les enquêtés i , et n est le nombre d'enquêtés pour une catégorie d'usage donnée.

La valeur d'usage a permis de déterminer les espèces ayant une grande valeur d'utilisation par les riverains de la FCHS.

Un test d'indépendance de Chi-deux a été effectué pour voir s'il existe une différence entre les fréquences de citation au niveau de la perception des populations obtenues sur la disponibilité des PFNL avant la crise et après la crise. Un second test de Chi-deux a été réalisé pour comparer la distribution des catégories d'usages chez les autochtones et allochtones. Ce test a été effectué à l'aide du logiciel Statistica 7.1.

Résultats

Inventaire et disponibilité actuelle des PFNL exploités à la périphérie de la FCHS

Les résultats des enquêtes ethnobotaniques ont permis de recenser à la périphérie de la FCHS, 134 espèces végétales et trois espèces fongiques utilisées par les populations riveraines. Elles se répartissent en 122 genres et 56 familles (Tableau 1). Les espèces recensées sont utilisées à diverses fins. Elles constituent aussi bien une source alimentaire, médicinale que pour la construction (Tableau 1). L'usage médicinale est de loin le plus prisé (85,40%). 18,97% des espèces sont utilisés pour la construction; 9,49% sont utilisés comme plantes comestibles; 4,38% en artisanat local; 3,65% pour les cérémonies et 0,73% pour l'emballage des produits et les bois sacrés.

D'une façon générale une diminution des PFNL a été constatée après la décennie de crise politico-militaire en Côte d'Ivoire. En effet, 80,16% des interviewés considèrent que les ressources forestières en générale mais en particulier les PFNL d'origine végétale, étaient disponibles avant la période de conflits dans et autour de la FCHS, mais ils sont en forte régression après les perturbations dues aux conflits, et 19,84% des populations estiment que les PFNL d'origine végétale n'ont pas été influencés négativement par les perturbations de la FCHS liées aux conflits.

Selon les enquêtes, 62 soit 45% des espèces utiles sont devenues rares ou ont pratiquement disparu de l'environnement immédiat des populations après la crise (Tableau 1).

Ce sont entre autres *Irvingia gabonensis*, *Neuropeltis acuminata*, *Entandrophragma cylindricum*, *Laccosperma secundiflorum*, *Annickia polycarpa*, *Mansonia altissima*, etc.

Les résultats des tests de Chi-deux révèlent une différence significative entre les avis donnés sur la perception de la disponibilité des PFNL avant la crise (Chi deux= 0,963; $p > 0,05$) et après la crise (Chi deux = 0,547; $p < 0,05$).

Catégories d'usages des PFNL en fonction des communautés

De nombreux besoins de la population riveraine de la FCHS sont satisfaits à partir des PFNL. Sept principaux catégories d'usages ont été distingués en fonction des diverses utilisations des PFNL (Figure 2). Avec plus de 60% d'usage aussi bien chez les autochtones que chez les allochtones, l'usage médicinal est de loin le plus prisé par les populations. Les résultats des tests de Chi-deux montrent qu'il n'existe pas de différence significative entre les catégories de PFNL utilisés par les communautés autochtones (Chi-deux=15,11; $p=0,034$) et allochtones (Chi-deux=27,15; $p=0,0031$). On peut donc conclure que les communautés vivant à proximité de la FCHS utilisent les mêmes catégories de PFNL.

Tableau 1

Liste des espèces végétales, usages, et disponibilité avant et après les conflits des produits forestiers non-ligneux recensés à la périphérie de la Forêt Classée du Haut-Sassandra.

N°	Espèces	Usages	Taux d'utilisation	Valeur d'usage	Disponibilité par rapport aux conflits	
					avant	après
1	<i>Elaeis guineensis</i>	alim, cons, med	94,18	2,96	+	+
2	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	alim, med	90,77	2,88	+	+
3	<i>Irvingia gabonensis</i> *	alim, med	58,12	2,41	+	-
4	<i>Entandrophragma angolense</i> *	med, cons	67,13	2	+	-
5	<i>Volvariella volvacea</i>	alim	63,5	1,98	+	+
6	<i>Psathyrella tuberculata</i>	alim	63,03	1,97	+	+
7	<i>Termitomyces letestui</i>	alim	63,28	1,97	+	+
8	<i>Milicia excelsa</i> *	sacr, med	59,28	1,96	+	-
9	<i>Thaumatococcus daniellii</i>	emb	51,7	1,95	+	-
10	<i>Eremospatha hookeri</i> *	cons, arti, cér	53,12	1,92	+	-
11	<i>Neuropeltis acuminata</i> *	cons	50,9	1,92	+	-
12	<i>Entandrophragma utile</i> *	med, cons	50,13	1,9	+	-
13	<i>Entandrophragma cylindricum</i> *	med, cons	50,72	1,8	+	-
14	<i>Calamus deërratus</i> *	arti, cons	46,24	1,6	+	-
15	<i>Laccosperma secundiflorum</i> **	cons, arti	53,11	1,6	+	-
16	<i>Alstonia boonei</i>	med	48,08	1,59	+	+
17	<i>Ceiba pentandra</i>	med	45,24	1,58	+	+
18	<i>Bambusa vulgaris</i> *	cons, med	43,06	1,56	+	-
19	<i>Olyra latifolia</i> *	arti	40,68	1,51	+	-
20	<i>Detarium senegalense</i> **	med, alim	35,07	1,48	+	-
21	<i>Celtis zenkeri</i>	med, cons	34,21	1,36	+	+
22	<i>Cola nitida</i>	alim, med	49,7	1,32	-	-
23	<i>Annickia polycarpa</i> *	med	35,67	1,3	+	-
24	<i>Dichapetalum madagascariense</i>	med	32,62	1,21	+	+
25	<i>Alchornea cordifolia</i>	med	41,28	1,2	+	+
26	<i>Triplochiton scleroxylon</i>	med	48,7	1,19	+	-
27	<i>Pycnanthus angolensis</i>	med	51,64	1,18	+	+
28	<i>Albizia ferruginea</i>	med	33,27	1,12	+	-
29	<i>Celosia lanata</i>	med, cér	6,41	1,11	+	+
30	<i>Ageratum conyzoides</i>	med	40,08	1,1	+	+
31	<i>Christiana africana</i> *	med	10,82	1,09	+	-

32	<i>Mansonia altissima*</i>	cons	42,88	1,04	+	-
33	<i>Albizia adianthifolia</i>	med, cons	30,06	1	+	+
34	<i>Cassia occidentalis</i>	med	17,43	1	+	-
35	<i>Diospyros vignei</i>	med	39,62	0,97	+	+
36	<i>Deinbollia pinnata</i>	med, alim	17,84	0,94	+	+
37	<i>Drypetes gilgiana</i>	med	17,43	0,91	+	+
38	<i>Baissea leonensis</i>	cons	11,22	0,9	+	+
39	<i>Bombax buenopozense</i>	med	9,02	0,9	+	-
40	<i>Garcinia kola*</i>	med	39,28	0,9	+	-
41	<i>Calotropis procera</i>	med	6,41	0,87	+	-
42	<i>Cynometra megalophylla</i>	med, cons	8,62	0,86	+	+
43	<i>Diospyros mespiliformis</i>	med	25,42	0,82	+	-
44	<i>Nesogordonia papaverifera</i>	cons	20,24	0,82	+	-
45	<i>Piper guineense</i>	med	34,25	0,81	+	-
46	<i>Aframomum exscapum</i>	med	14,03	0,8	+	+
47	<i>Euadenia eminens</i>	med	33,22	0,8	+	-
48	<i>Newbouldia laevis</i>	med, cons	37,47	0,8	+	+
49	<i>Terminalia ivorensis</i>	med	25,85	0,8	+	-
50	<i>Turraea heterophylla</i>	med	39,68	0,8	+	-
51	<i>Garcinia afzelii*</i>	med	39,68	0,79	+	-
52	<i>Eclipta prostrata*</i>	med	13,63	0,78	+	-
53	<i>Zanthoxylum zanthoxyloides*</i>	med	37,47	0,78	+	-
54	<i>Nauclea latifolia</i>	cons	34,61	0,76	+	-
55	<i>Terminalia superba</i>	med	40,05	0,74	+	+
56	<i>Ocimum gratissimum</i>	med	21,24	0,72	+	+
57	<i>Combretum molle</i>	med	13,03	0,71	+	+
58	<i>Distemonanthus benthamianus</i>	cons	11,22	0,71	+	+
59	<i>Piliostigma thonningii</i>	med	30,25	0,71	+	-
60	<i>Baphia bancoensis*</i>	med	9,02	0,7	+	-
61	<i>Caesalpinia bonduc</i>	med	13,03	0,69	+	+
62	<i>Chrysophyllum albidum</i>	med	8,62	0,69	+	+
63	<i>Aframomum albobviolaceum</i>	med	12,02	0,68	+	-
64	<i>Bridelia ferruginea</i>	med	6,81	0,67	+	-
65	<i>Cordia platythyrsa</i>	med	19,64	0,66	+	+
66	<i>Bryophyllum pinnatum</i>	med	4,61	0,64	+	+
67	<i>Harungana madagascariensis</i>	med	37,88	0,62	+	-
68	<i>Manniophyton fulvum</i>	cons, med	31,86	0,62	+	+
69	<i>Spondias mombin</i>	med, alim	26,45	0,61	+	+
70	<i>Abrus precatorius</i>	med	10,02	0,6	+	+

71	<i>Adenia lobata</i>	med	6,01	0,6	+	+
72	<i>Morinda lucida</i>	med	35,67	0,6	+	+
73	<i>Rauvolfia vomitoria</i>	med	24,25	0,58	+	+
74	<i>Afraegle paniculata*</i>	med	8,02	0,5	+	-
75	<i>Baphia nitida</i>	arti	7,01	0,46	+	+
76	<i>Aspilia africana</i>	med	4,61	0,44	+	-
77	<i>Spathodea campanulata</i>	med	6,41	0,44	+	-
78	<i>Boerhavia diffusa</i>	med	4,61	0,4	+	+
79	<i>Griffonia simplicifolia</i>	med	41,08	0,4	+	+
80	<i>Raphia hookeri*</i>	cons, med	4,01	0,4	+	-
81	<i>Anthocleista djalensis**</i>	med	4,21	0,33	+	-
82	<i>Paullinia pinnata</i>	med	21,64	0,31	+	+
83	<i>Phoenix reclinata</i>	alim, med	20,54	0,31	+	+
84	<i>Aframomum melegueta</i>	med	16,03	0,3	+	+
85	<i>Anchomanes difformis</i>	med	7,01	0,3	+	+
86	<i>Antiaris toxicaria</i>	cons	11,22	0,3	+	+
87	<i>Funtumia africana</i>	med	37,88	0,22	+	+
88	<i>Holarrhena floribunda</i>	med	17,03	0,22	+	+
89	<i>Aidia genipiflora*</i>	med	2	0,2	+	-
90	<i>Carapa procera*</i>	med	39,48	0,2	-	-
91	<i>Elytraria marginata</i>	med; cons	10,82	0,2	+	+
92	<i>Erythrophleum ivorense*</i>	med	21,64	0,2	+	-
93	<i>Phyllanthus amarus</i>	med	19,64	0,2	+	+
94	<i>Phyllanthus muellerianus</i>	med	15,23	0,2	+	+
95	<i>Hallea ledermannii</i>	med	19,04	0,19	+	-
96	<i>Euphorbia hirta</i>	med	17,43	0,16	+	+
97	<i>Ficus umbellata</i>	med	17,43	0,15	+	-
98	<i>Xylopia aethiopica</i>	med	35,67	0,15	+	+
99	<i>Heliotropium indicum</i>	med	15,23	0,13	+	+
100	<i>Glyphaea brevis</i>	med	19,84	0,11	+	+
101	<i>Hoslundia opposita*</i>	med	13,43	0,11	+	-
102	<i>Ficus sur.</i>	med	11,02	0,1	+	+
103	<i>Jatropha curcas</i>	med	39,48	0,09	+	+
104	<i>Myrianthus arboreus</i>	med, alim	13,03	0,09	+	+
105	<i>Pouteria aningeri*</i>	med, cons	19,84	0,09	-	-
106	<i>Sterculia oblonga</i>	med	25,05	0,09	+	+
107	<i>Lannea acida</i>	med	19,24	0,08	+	+
108	<i>Olax subscorpioidea</i>	med	11,02	0,08	+	+

109	<i>Ficus exasperata</i>	med	13,03	0,07	+	+
110	<i>Macaranga barteri*</i>	med	17,84	0,07	+	-
111	<i>Mikania cordata*</i>	med	15,63	0,07	-	-
112	<i>Morus mesozygia</i>	med	20,64	0,07	+	+
113	<i>Lecaniodiscus cupanioides</i>	med	11,22	0,06	+	+
114	<i>Piptadeniastrum africanum*</i>	med	17,43	0,06	+	-
115	<i>Solanum nigrum</i>	alim, med	11,02	0,06	+	+
116	<i>Kigelia africana</i>	cons	15,03	0,05	+	+
117	<i>Leea guineensis</i>	med	18,04	0,05	+	+
118	<i>Momordica charantia</i>	med	11,82	0,05	+	+
119	<i>Napoleonaea vogelii</i>	med	19,64	0,05	+	-
120	<i>Salacia nitida</i>	cons	8,82	0,05	+	-
121	<i>Sterculia tragacantha</i>	med, alim	25,65	0,05	+	+
122	<i>Kalanchoë crenata</i>	med	11,22	0,04	+	+
123	<i>Marantochloa leucantha</i>	med, cons	7,82	0,04	+	-
124	<i>Parquetina nigrescens</i>	med	15,63	0,04	+	+
125	<i>Picralima nitida</i>	arti	15,63	0,04	+	+
126	<i>Salacia owabiensis</i>	med	11,22	0,04	+	+
127	<i>Trema guineensis</i>	med	17,84	0,04	+	+
128	<i>Mareya micrantha</i>	med	13,63	0,03	+	+
129	<i>Streblus usambarensis</i>	med	9,02	0,03	+	+
130	<i>Vernonia amygdalina</i>	med, cér	20,64	0,03	+	+
131	<i>Vernonia colorata</i>	med, cér	22,04	0,03	+	+
132	<i>Vernonia conferta</i>	med, cér	23,05	0,03	+	+
133	<i>Microglossa pyrifolia</i>	med	19,44	0,02	+	+
134	<i>Millettia takou</i>	med	17,89	0,02	+	-
135	<i>Millettia zechiana</i>	med	17,84	0,02	+	-
136	<i>Palisota hirsuta</i>	med, cér	4,21	0,02	+	+
137	<i>Pothomorphe umbellata</i>	med	17,84	0,02	+	-

(+ = disponible; - = rare; sacr = sacré; alim=alimentaire; cér=cérémonies; cons=construction; med=médicinale; *=espèce rare après conflits; en gras=espèces fongiques).

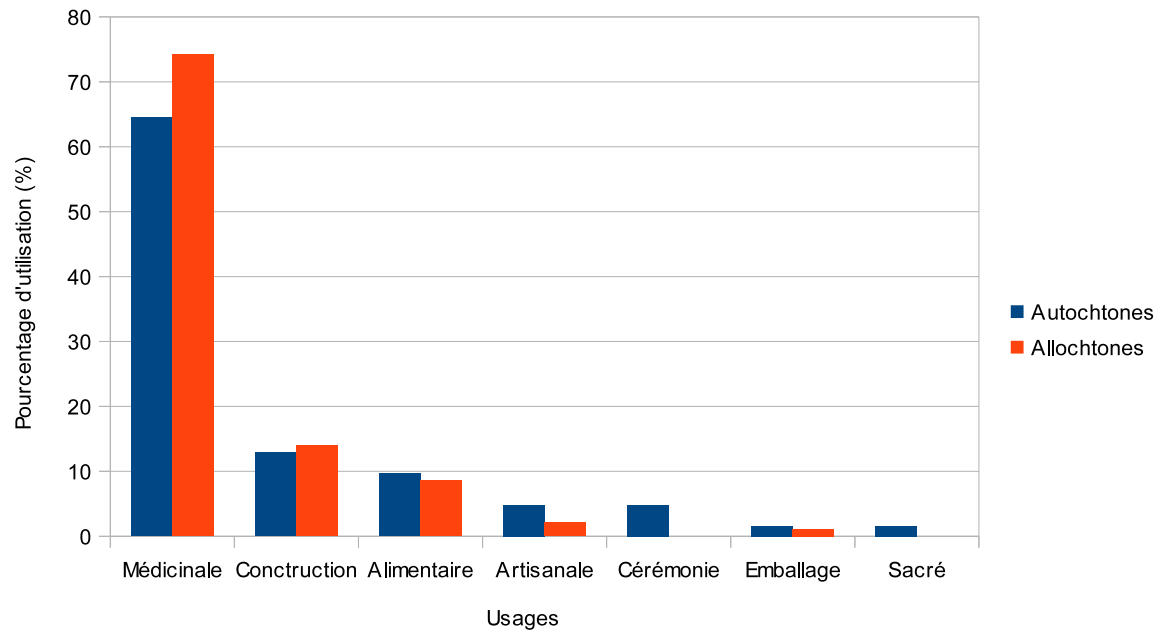


Figure 2: Proportion d'utilisation des PFNL par catégories d'usages en fonction des communautés.

Tableau 2

Produits forestiers non-ligneux préférentiels exploités à la périphérie de la Forêt Classée du Haut-Sassandra. Les champignons comestibles sont constitués des espèces *Termitomyces letestui*, *Volvariella volvacea* et *Psathyrella tuberculata*.

Espèces	Fréquence d'utilisation (%)	Valeur d'usage	Disponibilité actuelle
<i>Elaeis guineensis</i>	94,18	2,96	Fréquent
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	90,77	2,88	Fréquent
<i>Iringia gabonensis</i>	58,12	2,79	Rares
<i>Entandrophragma angolense</i>	67,13	2	Rares
Champignons comestibles	63,5	1,98	Fréquent
<i>Milicia excelsa</i>	59,28	1,96	Rares
<i>Thaumatococcus daniellii</i>	51,7	1,95	Rares
<i>Neuropeltis acuminata</i>	50,9	1,92	Rares
<i>Eremospatha hookeri</i>	53,12	1,92	Rares
<i>Entandrophragma utile</i>	50,13	1,9	Rares

Tableau 3

Destination (%) de la production des produits forestiers non-ligneux préférentiels recensés, prix de vente et implication des personnes exploitant les PFNL les plus commercialisés à la périphérie de la Forêt Classée du Haut-Sassandra. Les champignons comestibles sont constitués des espèces *Termitomyces letestui*, *Volvariella volvacea* et *Psathyrella tuberculata*.

Produits	Autoconsommation (%)	Vente (%)	Autoconsommation et vente (%)	Prix (FCFA)	Degré de commercialisation	Acteurs et degré d'implication	Total enquêtés
Amande de <i>Ricinodendron heudelotii</i>	62,32	2,21	35,47	1250 F/kg	+	Femmes (+), Hommes (-)	499
Amande de <i>Irvingia gabonensis</i>	18,66	54,67	26,67	1700 F/kg	+/-	Femmes (+), Hommes (-)	375
Vin de <i>Elaeis guineensis</i>	85,47	2,85	11,68	100 F/l	+/-	Hommes (+)	351
Graines de <i>Elaeis guineensis</i>	37,63	20,45	41,92	150 F/kg	+	Femmes (+)	489
Champignons comestibles	81,58	2,79	15,62	50 F/tas de 20 g	+	Femmes (+)	429
Feuilles de <i>Thaumatococcus daniellii</i>	0	100	0	25 F/tas de 75 feuilles	-	Enfants (+)	300

(F=FCFA (1 EURO ≈ 656 FCFA); + = beaucoup; +/- = moyen; - = peu).

Produits forestiers non-ligneux préférentiels

À l'issue des enquêtes, la valeur d'usage ethnobotanique des espèces à différentes catégories d'usages (Tableau 2) montrent que dans la zone d'étude, dix espèces végétales peuvent être considérées comme préférentielles. Ce sont: *Elaeis guineensis* ($Vu=2,81$); *Ricinodendron heudelotii* ($Vu=2,72$); *Entandrophragma angolense*; ($2,00$) *Irvingia gabonensis* ($Vu=1,80$); *Thaumatococcus daniellii* ($Vu=1,01$); *Neuropeltis acuminata* ($Vu=1,11$), *Milicia excelsa* ($Vu=1,96$), *Thaumatococcus daniellii* ($Vu=1,96$) et le Rotin à petit diamètre, *Eremospatha hookeri* ($Vu=1,93$); les champignons comestibles dont *Termitomyces letestui*, *Volvariella volvacea*, et *Psathyrella tuberculata* ($Vu=1,97$).

Ces espèces sont les plus fréquemment utilisées et celles qui subissent les plus fortes pressions humaines. D'après les interviewés, parmi ces espèces, certaines seraient fréquentes dans leur environnement immédiat. Il s'agit de *Elaeis guineensis*, *Ricinodendron heudelotii* et d'autres seraient devenus rares.

Ce sont entre autres, *Neuropeltis acuminata*, *Irvingia gabonensis*, *Entandrophragma angolense*, *Milicia excelsa*, *Thaumatococcus daniellii*, *Eremospatha hookeri*, *Entandrophragma utile*, etc.

Importance économique des PFNL pour la population riveraine

Les PFNL récoltés par la population sont destinés soit à la consommation, à la vente ou les deux à la fois. Les enquêtes dans les villages ont relevé que six PFNL sont couramment consommés et vendus par la population rurale (Tableau 3). Ainsi, les amandes de *Ricinodendron heudelotii*, le vin de palme et les champignons comestibles (*Termitomyces letestui*, *Volvariella volvacea* et *Psathyrella tuberculata*) sont majoritairement destinés à l'autoconsommation.

La récolte des feuilles de *Thaumatococcus daniellii* est exclusivement destinée à la vente, et 55% de la production d'*Irvingia gabonensis* sont également vendus sur les marchés locaux.

Acteurs exploitants et prix de vente des PFNL

L'exploitation et la commercialisation des PFNL à la périphérie de la FCHS sont liées au genre et à l'âge des personnes (Tableau 3).

Certains produits comme les amandes de *Ricinodendron heudelotii* et *Irvingia gabonensis* sont vendus respectivement à 1250 FCFA (1,91 EURO) et à 2000 FCFA (3,04 EURO) le kg. Les graines d'*Elaeis guineensis* valent 150 FCFA (0,23 EURO) le kg, quant à la botte de champignons comestibles, elle est vendue à 50 FCFA (0,08 EURO) le tas de 20 g pendant sa saison de production et 100 FCFA (0,15 EURO) pendant la période de soudure. Ces PFNL sont collectés, transformés et commercialisés en majorité par les femmes (Tableau 3). Le vin de palme (vin d'*Elaeis guineensis*) est extrait et commercialisé par les hommes à 100 FCFA (0,15 EURO) le litre. Les feuilles de *Thaumatococcus daniellii* récoltées par les enfants pour servir d'emballage, sont vendues par ces derniers à 25 FCFA (0,04 EURO) le tas de 75 feuilles.

Stratégie de conservation ou de substitution des PFNL exploités à la périphérie de la FCHS

Les populations reconnaissant que les PFNL sont des ressources épuisables, ont adopté des stratégies qui leur permettent de conserver ou d'éviter la disparition de certaines plantes utiles dans leur environnement. Sur l'ensemble des personnes interrogées, 95% ont affirmé conserver dans les champs et jachères ou procéder à la domestication des espèces utiles, c'est à dire amener la plante de son état sauvage à un état où elle est soumise à une sélection et une gestion particulière.

Les autres stratégies de conservation obéissent à la nécessité de respecter des croyances traditionnelles locales. En outre, toutes les personnes interrogées, disent avoir recours aux produits manufacturés (fils, vannerie, construction, etc.) en lieu et place des PFNL dans la zone d'étude.

Discussion

Usages des PFNL à la périphérie de la FCHS

L'analyse des usages des PFNL à la périphérie de la FCHS a montré que les populations des villages enquêtés connaissent et utilisent un grand nombre de PFNL. Au total, 134 espèces végétales et trois espèces fongiques ont été indiquées par la population locale comme source de PFNL.

Cependant, les usages sont assez diversifiés. Certains PFNL ont des usages multiples quand d'autres ont des usages spécifiques, et une même plante peut être utilisée différemment. L'usage médicinal est le plus répandus auprès des populations locales comme c'est le cas de la plupart des populations des zones forestières tropicales (17, 28, 37). En effet, environ 80% de la population vivant dans les zones forestières des pays en voie de développement utilisent les PFNL pour se soigner et se nourrir (16).

Disponibilité actuelle des PFNL à la périphérie de la FCHS

Parmi les espèces recensées, 45% seraient devenues rares ou auraient disparues dans ou autour de la FCHS. Il s'agit entre autre de *Detarium senegalense*, *Terminalia superba*, *Olyra latifolia*, *Neuropeltis acuminata*, *Laccosperma secundiflorum*, *Eremospatha hookeri*, *Entandrophragma angolense*, *Entandrophragma candollei*, *Entandrophragma utile*, *Annickia polycarpa*, *Irvingia gabonensis*, *Milicia excelsa*, etc. Selon la perception des populations riveraines de la FCHS, les PFNL étaient disponibles avant le déclenchement des conflits en Côte d'Ivoire mais leur nombre serait fortement en diminution après la crise. L'une des principales raisons évoquées seraient l'intensification des activités anthropiques dans la FCHS pendant la période de conflits en Côte d'Ivoire.

L'absence de l'autorité de surveillances des forêts domaniales dans la localité pendant la période de crise, a aussi favorisé l'exploitation forestière anarchique. À ceci, il faut ajouter la pratique de l'agriculture itinérante sur abattis-brûlis qui est courante dans la localité. Cette technique agricole entraîne l'utilisation de grands espaces et provoque une dégradation des terres et des écosystèmes (15). Pour l'installation des cultures de rente tels que les cacaoyers et caféiers, les paysans procèdent par le défrichage des arbres, seules les espèces qu'ils estiment utiles sont laissées dans les champs. C'est le cas de *Ricinodendron heudelotii* et *Irvingia gabonensis*. Avant le déclenchement des conflits, la population rurale se rendait dans la FCHS pour le prélèvement de certaines plantes médicinales, couper des lianes pour la construction, ramasser les fruits comestibles, etc. En raison de la déforestation observée ces dernières années, presque tous ces produits sont en voie de disparition dans la forêt. Ces activités anthropiques dans et autour de la FCHS (agriculture itinérante, culture des cacaoyers, exploitations forestières, etc.) seraient donc la cause de la rareté et de la disparition de certains PFNL dans la localité. Ce constat diffère des études menées en République Démocratique du Congo à la périphérie de la réserve de biosphère de Dimonika où la rareté et la disparition de certains PFNL sont dues essentiellement aux prélèvements excessifs effectués par les riverains (21).

PFNL préférentiels pour la population riveraine de la FCHS

Malgré l'impact négatif des pratiques agricoles sur la disponibilité des PFNL, cette étude a permis d'identifier dix espèces préférées par la population riveraine. Ces espèces ont été identifiées comme étant les plus utilisées et ayant les plus fortes valeurs d'usage ethnobotanique (Tableau 2). Elles présentent une importance réelle pour les riverains et sont de ce fait diversement utilisées. Parmi ces espèces, *Entandrophragma angolense*, *Milicia excelsa* sont les espèces exploitées et classées parmi les essences de bois d'œuvre de première qualité en Côte d'Ivoire (24), et figurent sur la liste rouge des espèces vulnérables de la flore ivoirienne (38). Ces deux espèces sont beaucoup utilisées comme plantes médicinales par la population locale. Par ailleurs, *Milicia excelsa* est un bois sacré pour la population locale autochtone et est utilisé pour des rituels. Ces deux espèces sont recherchées pour la qualité de leur bois aussi bien dans la FCHS que dans les zones périphériques de cette forêt. Elles deviennent de ce fait, de plus en plus rares dans la localité étudiée.

L'espèce *Elaeis guineensis*, avec une fréquence d'utilisation de 98,97% et une *Vu* (2,96) la plus élevée, est l'espèce qui subit le plus de pressions humaines dans la localité. En effet, elle est diversement utilisée pour sa sève, ses feuilles et ses graines. La sève utilisée après fermentation en vin de palme ou en liqueur après distillation, est intensément extraite dans la zone d'étude, à l'instar de toutes les régions de la Côte d'Ivoire. La pulpe est utilisée pour la fabrication de l'huile de palme rouge et est consommée par la population. À partir de l'amande de la graine, les populations fabriquent une huile noirâtre utilisée dans la pharmacopée et pour la fabrication du savon comme cela avait déjà été observé dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire (39). Les populations vivant autour de la FCHS utilisent ses feuilles pour la fabrication de balais, de paniers et la construction de toitures. Malgré la pression humaine, cette espèce est encore disponible dans toute la localité. En effet, elle est laissée dans les champs et jachères par les paysans (35).

Les plantes alimentaires telles que *Ricinodendron heudelotii*, *Irvingia gabonensis* et les champignons comestibles sont très prisés par la population riveraine de la FCHS. Ainsi, les amandes de *Ricinodendron heudelotii* entrent régulièrement dans la préparation des sauces. Elles sont citées parmi celles qui sont les plus connues dans plusieurs localités de Côte d'Ivoire (29). Ces amandes (1250 FCFA/kg) ont une grande valeur commerciale surtout en période de disette (1700 FCFA/kg) et peuvent être conservées toute l'année. En plus, les écorces de cette espèce sont recherchées pour leurs vertus médicinales. Dans les exploitations agricoles, *Ricinodendron heudelotii* sert d'ombrage aux jeunes plants de cacaoyer. Du fait de ces vertus citées ci-dessus, l'arbre est laissé dans les champs dans la localité étudiée, comme ailleurs dans d'autres localités en Côte d'Ivoire (12).

Ricinodendron heudelotii subit une grande pression humaine, mais selon les populations interrogées, elle serait encore disponible. En ce qui concerne les amandes de *Irvingia gabonensis*, elles sont plus utilisées par les populations locales, surtout autochtones, et font l'objet d'un important commerce dans la localité (2000 FCFA/kg). De ce fait, *Irvingia gabonensis* devient de plus en plus rare et est même menacée d'extinction dans la zone d'étude. Cette rareté pourrait s'expliquer par la mise en place des cacaoyères dans la localité par les populations allochtones (23). Ces populations ne maîtrisant pas toujours les plantes forestières pourvoyeuses de PFNL, procèdent à une coupe systématique de la majorité des arbres pendant la mise en place des cultures de rente dont *Irvingia gabonensis*. Cette espèce était disponible dans la FCHS avant le début des conflits, et les amandes y étaient ramassées par les riverains pendant sa période de fructification.

Sa valeur économique, actuelle beaucoup plus élevée en période de disette (2500 FCFA/kg), augmente la pression sur les pieds laissés dans les champs et jachères. Contrairement à *Irvingia gabonensis*, les champignons comestibles sont l'un des rares PFNL pour lesquels il n'existe pas de problème de disponibilité ces dernières années. Les champignons seraient même devenus plus abondants. Cette abondance de champignons s'expliquerait par le nombre important de bois morts laissés au sol suite à la déforestation de la FCHS; les champignons se développant sur la matière organique des arbres morts et en décomposition (32). La commercialisation de champignons s'est alors intensifiée dans les villages périphériques de la FCHS. Ainsi en période de production, une quantité de 20 g se vend à 25 FCFA, et pendant les périodes de soudure le prix passe à 100 FCFA.

Pour la conservation de certains produits locaux comme la semoule de manioc ou «attiéké», les feuilles de *Thaumatococcus daniellii* sont les plus utilisées par la population locale. Ses feuilles font l'objet de commerce (tas de 75 feuilles à 25 FCFA) par les enfants sur les marchés locaux. Les espèces de rotins comme *Laccosperma secundiflorum* et *Eremospatha hookeri* sont utilisées par les populations rurales de la zone d'étude pour la construction, la confection de paniers, de filets et la fabrication de meubles. Le niveau d'exploitation élevé de l'espèce ainsi que la déforestation ont réduit les réserves de rotins dans la localité. En outre, *Neuropeltis acuminata*, espèce lianescente, est employée comme corde traditionnelle par les riverains de la forêt dans la construction des maisons en paille, pour la confection des pièges des animaux, etc. Cette espèce inféodée à la forêt dense serait aujourd'hui menacée de disparition à cause de la déforestation. Les plantes d'emballage et les espèces intervenant dans la confection des objets de construction traditionnelle peuvent donc être considérées comme des espèces vulnérables dans la zone d'étude.

Les espèces préférentielles citées ci-dessus ne présentent pas les mêmes intérêts pour la population locale, par conséquent, elles ne subissent pas les mêmes degrés de pression anthropique.

En effet, certaines d'entre elles (*Elaeis guineensis* et *Ricinodendron heudelotii*) sont assez répandues dans la végétation et sont bien connues par la population locale. Ces espèces ont la plus forte *Vu*, ce qui traduit une grande importance accordée par la population locale en raison de leurs multiples usages. Ces résultats confirment les affirmations qui stipulent que l'exploitation des PFNL dépend de sa disponibilité et de son accessibilité (13).

Cependant, l'importance accordée à une espèce ne dépend pas toujours de sa disponibilité mais aussi de sa capacité à satisfaire les besoins des populations dans les différentes catégories d'usages (14, 26). C'est le cas dans cette étude, de l'espèce *Irvingia gabonensis*, qui bien qu'elle est rare dans la localité, est très prisée par la population locale du fait de ces usages multiples et de sa valeur commerciale. Dans le souci de pouvoir contribuer à un bien être socio-économique et socio-culturel durable des populations riveraines de la FCHS, ces espèces (*Elaeis guineensis* et *Ricinodendron heudelottii*, *Irvingia gabonensis*, *Milicia excelsa*, *Entandrophragma angolense*, etc.) doivent être considérées comme prioritaires et, si possible, être intégrées dans un aménagement de la FCHS.

Importance économique et acteurs exploitant les PFNL

La plupart des PFNL recensés dans la zone d'étude sont destinés à la consommation familiale, et la surproduction est vendue sur les marchés locaux (Tableau 2). Ces produits peuvent ainsi générer des revenus pour les populations locales et constituer un moyen efficace de lutte contre la pauvreté (10, 25). Ils sont ainsi susceptibles de contribuer à la sécurité alimentaire de la population (7), puisque près de 10% des espèces recensées sont consommés. Ces PFNL sont généralement commercialisés par les femmes comme au Cameroun où 94% des personnes opérant dans le secteur commercial des PFNL sont de sexe féminin (28). Les hommes ne s'impliquent que dans la vente de vin de palme. Cependant, la commercialisation des PFNL ne constitue pas une activité permanente; les PFNL étant vendus uniquement pour avoir des revenus additionnels en période de soudure, ou pour acheter des ingrédients particuliers pour la cuisine ou encore pour acheter des cadeaux aux enfants pendant les périodes de fête. L'indisponibilité de certains PFNL ainsi que leur prix de revient peu attractifs n'encouragent pas les populations rurales à se professionnaliser dans leur commercialisation. Par ailleurs, la région du Haut-Sassandra est principalement agricole et dominée essentiellement par la culture du cacao et les cultures vivrières dont la commercialisation est beaucoup plus rentable que celle des PFNL. De ce fait, les riverains de la FCHS n'accordent qu'une faible importance aux PFNL et préfèrent en récolter juste pour leur propre consommation. Au contraire, dans d'autres régions tropicales, cette activité est fortement lucrative. Au Cameroun par exemple, l'utilisation de diverses catégories de PFNL constitue parfois l'unique source de revenus pour certaines populations locales (4, 34).

En effet, l'exploitation des produits forestiers non-ligneux est devenue dans les localités rurales d'Afrique centrale, une activité de plus en plus attrayante pour de nombreuses personnes démunies et sans emploi (31). La valorisation du prix de vente des PFNL en Côte d'Ivoire pourrait donc être une des solutions pour dynamiser ce secteur en milieu rural.

Stratégies de conservation ou de substitution des PFNL

Malgré leur importance indéniable pour les populations rurales, les enquêtés sont tous conscients de l'impact de la déforestation sur la disponibilité des PFNL, et plus précisément sur la rareté des plantes médicinales dans la zone d'étude. De ce fait, une utilisation rationnelle des écosystèmes naturels en vue d'assurer un approvisionnement régulier et soutenu des PFNL s'avère nécessaire. En effet, les populations rurales possèdent des connaissances et des pratiques efficaces pour assurer la conservation de certaines plantes utiles. La plupart des personnes interviewées conserve les plantes utiles dans les champs et d'autres domestiquent certaines espèces. Ainsi, de nombreux paysans laissent sciemment dans leurs exploitations agricoles, des pieds de plantes alimentaires qu'elles estiment utiles comme *Ricinodendron heudelottii*, *Irvingia gabonensis*, etc., mais aussi des plantes médicinales dont *Entandrophragma utile*, *Albizia adianthifolia*, *Alstonia boonei*, *Garcinia kola*, *Mansonia altissima*, etc. D'autres, décident de domestiquer certaines plantes dans leur environnement immédiat. Par exemple, les allochtones venus du centre du pays ont domestiqué certaines plantes savanicoles ayant de nombreuses vertus thérapeutiques dans leur environnement immédiat parmi lesquelles on peut citer *Carapa procera*, *Phoenix reclinata*, *Pilostigma thonningii*. Une des stratégies de substitution consiste en l'utilisation des produits manufacturés. En effet, la rareté ou la disparition de certains PFNL, amène les paysans à les remplacer par les produits d'origine industrielle. C'est le cas des paniers, des colles, de la vannerie, des bouillons pour la cuisine, etc. qui sont utilisés en lieu et place des produits issus des forêts. Les activités anthropiques (agriculture itinérante, exploitation forestière, cultures de rente, etc.) dans et à la périphérie de la FCHS impactent négativement la disponibilité des PFNL à travers la réduction de leur nombre et la perte des connaissances liées à ces produits, du fait de la rupture de la courroie de transmission orale entre les générations successives.

Conclusion

La présente étude a permis à partir d'enquêtes ethnobotaniques, de donner un aperçu des produits forestiers non-ligneux utilisés ainsi que la perception de la disponibilité des ressources exploitables avant et après la décennie de crise en Côte d'Ivoire par la population riveraine de la FCHS. À l'issue de ces enquêtes, 134 espèces végétales et trois espèces fongiques couramment utilisées par la population ont été inventoriées. Sept catégories d'usages des PFNL ont été identifiées parmi lesquels l'usage médicinal est le plus fréquent. Selon la perception des populations, la FCHS constituait une source disponible de PFNL avant les conflits en Côte d'Ivoire pour les riverains. Mais les activités anthropiques (agriculture itinérante, exploitation forestière, culture du cacaoyer etc.) intensifiées ces dernières décennies du fait de l'absence de l'autorité de surveillance pendant la période de crise ont réduit la disponibilité des espèces sources de PFNL dans la localité. Ainsi, 45% des espèces pourvoyeuses de PFNL recensées dans cette étude sont considérées comme rares ou en voie de disparition dans l'environnement par la population locale.

La fréquence d'utilisation et la valeur d'usage ont permis d'identifier dix espèces prioritaires pour la population riveraine. Ce sont les espèces les plus utilisées et qui subissent les plus grandes pressions. Certains PFNL sont disponibles, d'autres par contre sont devenue rares. En outre la commercialisation des PFNL est effectuée généralement par les femmes. Cependant, l'exploitation ne constitue pas une activité permanente pour la population locale qui est essentiellement orientée vers la culture du caféier et du cacaoyer, beaucoup plus rentables économiquement.

Certains paysans, conscients de la pénurie des PFNL conservent dans les champs et procèdent à la domestication de certaines plantes utiles. La connaissance et l'usage des PFNL dans la zone d'étude diminuent de plus en plus en raison de la disparition ou de la rareté de certaines espèces pourvoyeuses de PFNL, d'un changement des coutumes traditionnelles au profit d'un mode de vie urbanisé et de l'introduction des produits manufacturés. Dans un contexte de course à la modernité des pays africains, la conservation des PFNL participera, à n'en point douter, à pérenniser les usages et cultures locales et ainsi, le passage des connaissances ancestrales des plantes par les populations indigènes de génération en génération. Aussi devrait-on impliquer ces populations dans la gestion de la FCHS tout en organisant le secteur des PFNL pour en faire une activité professionnelle bénéfique et pérenne pour les populations rurales.

Remerciements

La présente étude a été réalisée grâce au soutien financier du Fonds français pour l'Environnement Mondial avec l'appui technique de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) à travers le projet GEOFORAFRI. Il a aussi bénéficié du soutien de l'ASCAD et du PASRES (Côte d'Ivoire). Une partie des activités a été réalisée dans le cadre du projet D2PCPCI soutenue par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique de Côte d'Ivoire dans le cadre de la mise en œuvre du Contrat de Désendettement et de Développement.

Références bibliographiques

1. Adjahossou S.G.C., Nounagnon Gouwakinnou G., Houehanou D.T., Sode A.I., Yaoitcha A.S., Houinato M.R. B. & Sinsin B., 2016, Efficacité des aires protégées dans la conservation d'habitats favorables prioritaires de ligneux de valeur au Bénin. *Bois For. Trop.*, **328**, 67-76.
2. Assalé A.A.Y., Barima Y.S.S., Kouakou K.A., Kouakou A.T.M. & Bogaert J., 2016, Agents de dégradation d'une aire protégée après une décennie de conflits en Côte d'Ivoire: cas de la forêt classée du Haut-Sassandra, *Int. J. Innovation Sci. Res.*, **22**,123-133
3. Apema R., Mozouloua D. & Madiapevo S.N., 2010, *Inventaire préliminaire des fruits sauvages comestibles vendus sur les marchés de Bangui*. Burtg X., van der Maesen J. & Onana J.M. (Eds.), *Syst. Conserv. Plant. Afr*, 313-319.
4. Barima Y.S.S., Kouakou A.T.M., Bamba I., Sangne Y.C., Andrieu J & Bogaert J., 2016: *Cocoa crops are destroying the forest reserves of the classified forest of Haut-Sassandra (Ivory coast)*, *Global Ecol. Conserv.*, sous presse.
5. Belem B., Nacoulma B.M.I., Gbangou R., Kambou S., Hansen H.H., Gausset Q. & al., 2007, Use of non wood forest products by local people bordering the "Parc National Kaboré Tambi", Burkina Faso, *The J. Transdis. Environ. Stud.*, **6**, 1-21.
6. Betti J.L., 2002, Medicinal plants sold in Yaoundé markets, Cameroon. *Afr. Stud. Monogr.*, **23**, 47-64.
7. Biloso M.A. & Lejoly J., 2006, Etude de l'exploitation et du marché des produits forestiers non ligneux à Kinshasa. *Tropicultura*, **24**, 183-188.
8. Camou-Guerrero A., Reyes-García V., Martínez-Ramos M. & Casas A., 2008, Knowledge and use value of plant species in a Rarámuri community: a gender perspective for conservation, *Hum. Ecol.*, **36**, 259-272.
9. Dabalén A.L. & Paul S., 2014, Effect of Conflict on Dietary Diversity: Evidence from Côte d'Ivoire, *World Dev.*, **58**, 143-158.
10. Debroux L. & Dethier M., 1993, *Valorisation des produits secondaires de la forêt dense humide tropicale*. Mémoire de fin d'études, Université de Gembloux, Belgique. 166 p.
11. De Wasseige C., Flynn J., Louppe D., Hiol Hiol F. & Mayaux Ph., 2014, *Les forêts du bassin du Congo-État des Forêts 2013*. Weyrich, Belgique, 328 p.
12. Djaha A.J.B. & Gnahoua G.M., 2014, Contribution à l'inventaire et à la domestication des espèces alimentaires sauvages de Côte d'Ivoire: Cas des départements d'Agboville et d'Oumé, *J. Appl. Biosci.*, **78**, 6620- 6629.
13. Dossou M.E., Houessou G.L., Lougbégnon O.T., Tenté A.H.B. & Codjia J.T.C., 2012, Étude ethnobotanique des ressources forestières ligneuses de la forêt marécageuse d'Agonvè et terroirs connexes au Bénin, *Tropicultura*, **30**, 41-48.
14. Dossou M.E., 2010, *Etude floristique, ethnobotanique et proposition d'aménagement de la forêt marécageuse d'Agonvè et zones connexes (Commune de Zagnanado)*. Mémoire de maîtrise. Université d'Abomey-Calavi, Bénin. 66 p.
15. Djègo J., Djègo-Djossou S., Cakpo Y., Agnani P. & Sinsin B., 2013, Evaluation du potentiel ethnobotanique des populations rurales au Sud et au Centre du Bénin, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **5**, 1432-1447.
16. FAO, 2001, *Le rôle de la diversité biologique dans l'alimentation de l'humanité. Sécurité alimentaire*. Publications, www.fao.org/biodiversity.
17. FAO, 1999, *Les produits forestiers non ligneux et la création des revenus*. Rome, FAO. 125 p.
18. Geoffrion P., 2003, *Le groupe de discussion* in B. Gautier (ed.), *Recherche sociale de la problématique à la collecte des données*. Presses de l'Université du Québec, Québec, 333-356.
19. Guillaumet J.L. & Adjanohoun E., 1971, *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*. In mémoire ORSTOM. Paris, **50**, 157-268.
20. Houssein A., Rakotoniaina L.J., Copsey J. & Rakotobe D., 2016, *La Gestion Communautaire des Ressources Naturelles*. Lessons in conservation. 12 p.
21. Kimbatsa F.G., 2015, Utilisation abusive des produits forestiers non ligneux (PFNL) et son impact écologique sur la réserve de la biosphère de Dimonika (République du Congo). *Rev. Can. Geogr. Trop.*, **2**, 52-59
22. Kouakou A.T.M., Barima Y.S.S., Kouakou K.A., Kouamé N. F., Bogaert J. & Kouadio J.Y., 2015, Forest dynamics in the North of the Classified Forest of Haut-Sassandra during the period of armed conflicts in Ivory Coast, *Am. J. Life Sci.*, **3**, 375-382.
23. Kouakou K.A., Barima Y.S.S., Kouakou A.T.M., Sangne Y.S., Bamba I. & Kouamé N.F., 2015, Diversité végétale post-conflits armés de la Forêt Classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire), *J. Anim. Plant Sci.*, **26**, 4058-4071.
24. Kouamé N.F., 1998, *Influence de l'exploitation forestière sur la végétation et la flore de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)*. Thèse de Doctorat 3^e cycle, Université d'Abidjan Cocody. 227 p.
25. Loubelo E., 2012, *Impact des produits forestiers non ligneux (PFNL) sur l'économie des ménages et la sécurité alimentaire: cas de la République du Congo*. Thèse de Doctorat. Université Rennes 2. 261 p.
26. Lougbégnon T.O., Tente B.A.H., Amontcha M. & Codjia, J.T.C., 2011, Importance culturelle et valeur d'usage des ressources végétales de la réserve forestière marécageuse de la vallée de Sitatunga et zones connexes, *Bull. Recherche Agron. Bénin*, **70**, 35-46.
27. N'Da D.H., N'Guessan K.E., Wajda E.M. & Affian K., 2008, Apport de la télédétection au suivi de la déforestation dans le Parc National de la Marahoué (Côte d'Ivoire). *Rev. Télédétection*, **8**,17-34
28. N'Doye O., Ruiz Perez M. & Eyebe A., 1997, *The markets of non-timber forest products in the humid forest zone of Cameroon*. Londres, Grande-Bretagne, Overseas Development Institute, Rural Development Forestry Network. 22 p.

29. N'Dri K.M.T., Gnahoua G.M. & Mangara A., 2012, Essais de germination de *Ricinodendron heudelotii* (Euphorbiaceae) dans la région du fromager au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, *J. Appl. Biosci.*, **56**, 4133-4141.
30. Pawendtaoré D., 2012, *Impact de l'utilisation des produits forestiers ligneux et non-ligneux sur la gestion du Parc National d'Arly au Burkina Faso*. Master en environnement. Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement. 58 p.
31. Priso R.J., Nnanga J.F., Etame J., Din N. & Amougou A., 2011, Les produits forestiers non ligneux d'origine végétale valeur et importance dans quelques marchés de la région du Littoral Cameroun, *J. Appl. Biosci.*, **40**, 2715-2726.
32. Raven P.H., Evert R.F. & Eichhorn S.E., 2003, *Biologie Végétale*. De Boeck, France. 924 p.
33. Sangne Y.C., Barima Y.S.S., Bamba I. & N'Doumé A.C.T., 2015, Dynamique forestière post-conflits armés de la Forêt classée du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire), *Vertigo - la revue électronique en Sci. env.*, **15**, <http://vertigo.revues.org/16784>.
34. Saild., 2003, Conservation de l'amande de "mangues sauvages" (*Irvingia gabonensis*), *Agridoc*, **7**, 3-6.
35. Tchatat M. & N'Doye O., 2006, Etude des produits forestiers non-ligneux d'Afrique Centrale: réalités et perspectives, *Bois For. Trop.*, **289**, 27-39.
36. Thiombiano D.N.E., Lamien N., Dibong S.D. & Boussim I.J., 2012, Le rôle des espèces ligneuses dans la gestion de la soudure alimentaire au Burkina Faso, *Sécheresse*, **23**, 86-93.
37. Toirambe B., 2007, *Analyse de l'état des lieux du secteur des produits forestiers non-ligneux et évaluation de leur contribution à la sécurité alimentaire en République Démocratique du Congo*. GCP/RAF/398/GER: rapport de consultation. 76 p.
38. IUCN, 2015, *IUCN Red list of Threatened species. Version 2015,1*, www.iucnredlist.org. Date de consultation: Janvier 2016.
39. Vroh B.T.A., Ouattara D. & Kpangui K.B., 2014, Disponibilité des espèces spontanées à usages traditionnel dans la localité d'Agbaou, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, *J. Appl. Biosci.*, **76**, 6386-6396.

K.A. Kouakou, Ivoirien, Doctorant, Université Jean Lorougnon Guédé, Unité de Formation et de Recherche en Environnement, Daloa, Côte d'Ivoire.

Y.S.S. Barima, Ivoirien, PhD, Maître-Assistant, Université Jean Lorougnon Guédé, Unité de Formation et de Recherche en Environnement, Daloa, Côte d'Ivoire.

G.G. Zanh, Ivoirienne, Doctorante, Université Jean Lorougnon Guédé, Unité de Formation et de Recherche en Environnement, Daloa, Côte d'Ivoire.

K. Traoré, Ivoirienne, PhD, Maître de conférences, Université Jean Lorougnon Guédé, Unité de Formation et de Recherche en Agroforesterie, Daloa, Côte d'Ivoire.

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

Comparative Profitability of Managing *Meloidogyne incognita* on Cowpea (*Vigna unguiculata*) using Carbofuran and Pulverized *Aloe keayi* Leaves

A.A. Tanimola¹, B. Fawole² & A.O. Claudius-Cole²

Keywords: *Vigna unguiculata*- Gross margin- Root-knot nematodes- Yield- Nigeria

Summary

The cost-benefit of managing *Meloidogyne incognita* on cowpea (*Vigna unguiculata*) using leaves of *Aloe keayi* and carbofuran was evaluated in two field experiments at the University of Ibadan in Southwest Nigeria with the aim of selecting the more profitable management option. The experiments were laid out in a randomized complete block design and the treatments were: A. keayi at 80 kg/ha, carbofuran at 2 kg a.i./ha, untreated-infected control and uninfected control. Two-week old Ife Brown cowpea seedlings were inoculated with 10,000 eggs of *M. incognita* (except uninfected control). Air-dried milled leaves of *A. keayi* and carbofuran were applied one week after inoculation (WAI). Data collected at 10 WAI were: growth, yield, gall index (root damage), and *Meloidogyne* numbers. The costs and benefits of treatments were calculated. Treatment of *M. incognita*-infected cowpea with *A. keayi* and carbofuran improved vegetative growth by 201.6% and 183.5%, respectively compared to untreated-infected cowpea. Root damage was reduced by 62.5% and 68.8% by *A. keayi* and carbofuran, respectively. *A. keayi* compared effectively with carbofuran in reduction of nematode population. Treated cowpea with *A. keayi* improved grain yield by 219.9% that translated to a gross margin (GM) of US\$ 798.1 per hectare; whereas carbofuran gave a yield increase of 200.5% that translated into a GM of US\$ 692.3 per hectare. Cost:benefit (CB) analysis showed positive return per hectare when cowpea was treated with *A. keayi* and carbofuran. Management of *M. incognita* on cowpea with *A. keayi* (CB=0.61) is more profitable than carbofuran (CB=0.74).

Résumé

Rentabilité comparative de la gestion de *Meloidogyne incognita* sur le niébé (*Vigna unguiculata*) en utilisant le carbofuran et la poudre de feuilles d'*Aloe keayi*

Le rapport coût-bénéfice de la lutte contre *Meloidogyne incognita* sur le niébé (*Vigna unguiculata*), en utilisant la poudre des feuilles d'*Aloe keayi* et le carbofuran, a été évalué dans une expérience en champ à l'Université d'Ibadan dans le sud-ouest du Nigeria en vue de choisir le meilleur traitement. L'expérience a été menée selon un dispositif en blocs complètement randomisés. Les traitements étaient l'utilisation de la poudre des feuilles d'*A. keayi* avec 80 kg/ha, l'utilisation du carbofuran avec 2 kg m.a./ha, un témoin non traité-contaminé et un témoin non contaminé. Des plantules de la variété de niébé Ife Brown âgées de deux semaines ont été inoculées avec 10.000 œufs de *M. incognita* (sauf pour les témoins). La poudre des feuilles de *A. keayi* et le carbofuran ont été appliqués sur les plantes une semaine après inoculation (SAI) des œufs de *M. incognita*. Les mesures des données ont été faites 10 semaines après inoculation. Ces données concernaient la croissance, le rendement, l'indice de galles et la population de nématodes. Les coûts et les bénéfices des différents traitements ont été calculés. Les traitements du niébé infecté par *M. incognita* ont amélioré la croissance végétative de 201,6% et de 183,5%, respectivement pour *A. keayi* et pour le carbofuran, par rapport au témoin infecté non traité. Les dommages aux racines ont été réduits de 62,5% et de 68,8% respectivement pour *A. keayi* et le carbofuran. L'utilisation des poudres de feuilles de *A. keayi* a réduit la population de nématodes avec des résultats similaires à ceux obtenus avec le carbofuran. Le niébé traité avec *A. keayi* a amélioré le rendement en grains de niébé de 219,9% équivalant à une marge brute de 798,1 \$ US par hectare; alors

¹University of Port Harcourt, Faculty of Agriculture, Department of Crop and Soil Science, Ibadan, Nigeria.

²University of Ibadan, Faculty of Agriculture and Forestry, Department of Crop Protection and Environmental Biology, Ibadan, Nigeria.

*Corresponding author: Email: tanimoladebo@yahoo.com

que le carbofuran a montré une augmentation de rendement de 200,5% équivalant à une marge brute de 692,3 \$US par hectare. L'analyse du rapport coût/bénéfice par hectare est positif quand le niébé est traité avec *A. keayi* et le carbofuran. La lutte de *M. incognita* en utilisant *A. keayi* est plus rentable (rapport coût-bénéfice=0,61) par rapport à l'utilisation du carbofuran (rapport coût-bénéfice=0,74)

Introduction

Cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp is a key staple food for the poor sector of many developing countries and is believed to be native to Africa (18). Cowpea represents a source of income for the farmers of West and Central Africa, where it is the most economically important indigenous African legume crop (16). Nigeria is the largest cowpea producer in the world, but its production has been associated with low yields (9, 24). Plant-parasitic nematodes contribute to yield losses in cowpea in Nigeria and worldwide with root-knot nematodes (*Meloidogyne*) being implicated as major species found on cowpea resulting in estimated yield loss of 20-90% in cowpea production (24). *Meloidogyne incognita*, a notable species of the root-knot nematodes has been identified as a major reason for yield reduction in cowpea (6, 24). Synthetic nematicides are effective in nematode management (10, 25). However, the hazards they pose as environment pollutants, cost of purchase and the need for skill in their application necessitate the need for alternative options (1, 7, 25). These alternatives should be cost effective, more sustainable, environment-friendly and should curtail the menace that plant-parasitic nematodes cause in crop production.

Management strategies for soil-borne plant pathogens are currently shifting toward increased dependence on use of resistance, botanicals, biological and cultural methods that might eventually reduce the use of synthetic pesticides (8, 25, 27). The use of botanicals is being encouraged for the control of plant-parasitic nematodes since it has been reported to be effective (8, 10). Plant species are known to contain natural pesticidal materials, but many of them have not been extracted profitably (8, 20). Information on the screening of diverse plants for pest management is still not sufficient, especially in their contribution to cost of production (30).

Besides, a clear understanding of costs and benefits of nematode management tactics is essential, but such knowledge is usually lacking for many management measures proposed (14, 35). There is growing literature on the use of botanicals to manage pests and diseases of crops (5, 10). However, additional information on the profitability of using botanicals in managing pests and diseases is necessary to facilitate the adoption of this management measure by the farmers. The discovery of plants that have nematicidal properties, are environment-friendly and can be produced and applied at low cost is a key factor contributing to increased crop productivity (2, 20). Gwary and Asala (12) reported the profitability of some fungicides, but similar reports on synthetic nematicides and other management measures being advocated for plant-parasitic nematodes are scarce. *Aloe* species, including *Aloe keayi* have been reported to show nematicidal potential in the management of *Meloidogyne* species (17, 26, 32). This research was carried out to compare profitability of managing *M. incognita* on cowpea with dried *A. keayi* leaves in comparison to carbofuran to select the more cost-effective measure.

Materials and methods

Field studies were conducted to compare the economics of managing root-knot disease on cowpea caused by *M. incognita* using air-dried milled *A. keayi* leaves and a synthetic nematicide (carbofuran). These studies were carried out in two trials during the rainy seasons of April to June (2011) and August to October (2011) at the Crop Garden of Department of Crop Protection and Environmental Biology, University of Ibadan in Southwest Nigeria (latitude N 07° 27.029' and longitude E 03° 53.827' with an elevation of 218 metres above sea level). The fresh leaves of *A. keayi* were laid on laboratory benches and air-dried for eight weeks in the laboratory at ambient tropical conditions. The air-dried leaves were later milled into fine powder using Kenwood electric blender.

The trials were laid out in a randomized complete block design on a land area of 262.8 m² (43.8 m x 6 m) which was divided into four blocks of 9.7 m x 4 m each. The soil type of the experimental site was sandy loam. Each block was divided into plots of 1.8 m x 4 m, with an alley of 0.5 m between plots and 1 m between blocks. Each plot was sown with cowpea cv. Ife Brown [a susceptible variety to *M. incognita* (24)] at two seeds per hole with a spacing of 50 cm by 60 cm, and later thinned to one. Each treatment within a block had three rows with eight plants per row to produce a plant population of 24 cowpea stands/treatment within a block.

The treatments within each block were randomly assigned. The treatments comprised of air-dried milled *A. keayi* leaves at a rate of 80 kg/ha, carbofuran (5G) at the rate of 2 kg a.i./ha, infected-untreated and uninfected cowpea. The *M. incognita* uninfected cowpea were grown on an uninfested plot that was denematized by application of carbofuran at 3 kg a.i./ha three weeks before sowing. Eggs of *M. incognita* race 2 were extracted from roots of infected *Celosia argentea* using the hypochlorite method (13). Each cowpea plant was inoculated with 10,000 eggs of *M. incognita* at two weeks after sowing (WAS) except for plants in control (denematized) plots. Treatments were applied by carefully removing rhizosphere soil around each cowpea seedling to a band of 5 cm and applying dried powder of *A. keayi* leaves at 80 kg/ha (0.8 g/plant) and carbofuran at 2 kg a.i./ha (0.1 g/plant) after which the area was immediately covered with soil. The experiment ran for three months. At harvest, plant height (cm) and number of leaves were determined. The pods were harvested and yield (kg/ha) determined. The grain yield of cowpea (kg/ha) was determined from the grain yield of each treatment net plot using the equation I:

$$\text{Grain yield (kg/ha)} = \text{Grain yield plot}^{-1} \text{ (kg/ha)} \times \frac{10,000 \text{ m}^2}{\text{Net plot size (m}^2\text{)}} \quad \text{(I)}$$

The roots of eighteen randomly selected cowpea stands per treatment within a block were carefully dug out and assessed for root damage using gall index with the scale of Taylor and Sasser (33);

- 0= No galls or egg masses;
- 1= 1 – 2 galls or egg masses;
- 2= 3 – 10 galls or egg masses,
- 3= 11 – 30 galls or egg masses;
- 4= 31 – 100 galls or egg masses and
- 5= more than 100 galls or egg masses.

This procedure was repeated for the other three blocks and also repeated in similar manner in the second trial.

Eggs of *M. incognita* were extracted from infected roots using the method of Hussey and Barker (13). Soil nematode population was determined by extraction soil using the pie-pan method (34) and later estimated using a stereomicroscope at X40 magnification.

Reproductive factor was calculated using $R_f = P_f/P_i$, where P_f is final nematode population and P_i is initial nematode population.

The cost of producing cowpea using treatments was assessed separately and the yield was used to determine benefits.

Economic assessment was carried out using the partial budget techniques involving analysis of variable costs and benefits of the treatments (21).

Determination of variable costs

Various items and activities necessary in cowpea production, such as, land preparation, cowpea seeds, planting, cost of carbofuran, cost of *Aloe*, milling of *Aloe*, application of carbofuran and *A. keayi*, and cultural operations, were quantified and given cost estimates per hectare.

Benefit assessment of treatments

Benefit was determined from the yield obtained from treatments assigned to the plots.

Yield of cowpea was determined by weighing the seeds from the plots and calculating the equivalent per hectare (kg/ha).

- *Total revenue* = *Total yield per treatment plots (kg/ha) x current gross field price*
- *Total variable cost* (₦/ha) for each treatment = *sum of cost for each action taken during production of cow pea*
- *Gross margin* (₦/ha) for each treatment was determined = *Total revenue – total variable cost*
- *Marginal rate of return* (%) for each treatment was calculated in equation (II):

$$\frac{\text{Gross margin/treatment} \times 100}{\text{Total variable cost of treatment}} \quad \text{(II)}$$

- *Cost:Benefit* (CB) ratio was determined by dividing total cost of treatment application by gross margin per treatment per hectare.

Data analysis

Nematode counts were transformed using logarithm transformation where necessary prior to analysis. Data obtained from the two trials were combined prior to analysis because they were similar. Data were analyzed using analysis of variance with SAS (29) statistical package for all the treatments tested and means separated using Fisher's Least Significant Difference (LSD) at 5% level of probability. The values presented in the tables as results are the average of both trials.

Results

Effects of milled *A. keayi* leaves and carbofuran on growth of *M. incognita*-infected cowpea

Plant height of cowpea treated with milled *A. keayi* leaves was significantly higher (25.7 cm) than other treatments at harvest (Table 1). The shortest plants were from the infected-untreated cowpea (15.7 cm) and these were significantly shorter ($p \leq 0.05$) than the plants of the other treatments. The highest ($p \leq 0.05$) number of leaves was recorded in cowpea treated with *A. keayi* (154.9) whereas the fewest leaves were recorded in the *M. incognita* inoculated and untreated plants (73.5) (Table 1).

The highest fresh shoot weight (FSW) was recorded in *A. keayi*-treated cowpea (116.7 g) followed by carbofuran-treated plants (109.7 g). Both differed significantly from the infected-untreated cowpea (38.7 g) (Table 1). *M. incognita* infected-untreated plants had the highest fresh root weight (12.9 g), however it was not significantly higher than that of carbofuran-treated plants (11.2 g). The lowest mean fresh root weight was obtained from the uninfected plants (8.8 g) although it was not significantly lower than the fresh root weights of *A. keayi* and carbofuran-treated cowpea.

A. keayi-treated cowpea had the highest dry shoot weight (DSW) (47.3 g) which did not differ significantly from carbofuran-treated plants (43.3 g) but did differ significantly from infected-untreated plants (18.6 g) (Table 1).

Effects of air-dried milled *A. keayi* leaves and carbofuran on gall index (GI), egg population and second-stage juvenile population

The highest root damage ($GI=4.8$) was recorded in *M. incognita* infected-untreated cowpea. The root damage based on gall index in *A. keayi*-treated cowpea was not significantly higher (1.8) than that of carbofuran-treated plants (1.5) (Table 2).

The highest *M. incognita* egg population was obtained from the roots of infected-untreated cowpea (157,800) and this was significantly higher than mean egg populations from other treatments.

There was no significant difference between the egg populations of *M. incognita* from *A. keayi*-treated and carbofuran-treated cowpea. The trend observed in the second-stage juveniles' population was similar to that of egg population. Infested-untreated plots had the highest mean second-stage juvenile (J_2) population (2487.5) and this was significantly higher than the mean J_2 population when compared with the other treatments. The J_2 population of carbofuran-treated plot was not significantly lower than J_2 populations found in *A. keayi* plots (Table 2).

Table 1

Effects of milled *A. keayi* leaves and carbofuran on growth of cowpea at 10 weeks after inoculation (10 WAI).

Treatments	Plant height(cm)	Number of leaves	Fresh shoot weight (g)	Fresh root weight (g)	Dry shoot weight (g)
Inoculated+untreated control	15.7c	73.5d	38.7b	12.9a	18.6b
<i>Aloe keayi</i> 80 kg/ha	25.7a	154.9a	116.7a	9.6b	47.3a
Carbofuran 2 kg a.i/ha	24.2b	125.8b	109.7a	11.2ab	43.3a
Uninoculated control	24.5b	95.6c	76.5ab	8.8b	37.1a
LSD ($P \leq 0.05$)	0.8	9.6	43.1	3.2	10.2

Table 2

Effects of milled *A. keayi* leaves and carbofuran on gall index (root damage) and nematode numbers at 10 WAI

Treatments	Gall index	Egg /root system	J_2 in soil
Inoculated + untreated control	4.8a	157800.0a	2487.5a
<i>Aloe keayi</i> 80 kg/ha	1.8b	15175.0b	475.0b
Carbofuran 2 kg a.i/ha	1.5b	15000.0b	350.0b
Uninoculated control	0c	0c	0c
LSD ($P \leq 0.05$)	0.3	7530.6	268.9

Rating scale for gall index: 0= no galls or egg masses; 1=1-2 galls or egg masses; 2= 3-10 galls or egg masses; 3=11-30 galls or egg masses; 4= 31-100 galls or egg masses; 5= more than 100 galls or egg masses.

Effects of milled *A. keayi* leaves and carbofuran on yield (kg/ha) of *M. incognita*-infected cowpea

The effects of treatments on yield of cowpea infected with *M. incognita* and treated with milled leaves of *A. keayi* and carbofuran is presented on Table 3. At harvest, *A. keayi*-treated plants produced the highest yield (662.5 kg/ha) which was significantly higher than the yields produced from both uninfected (624.6 kg/ha) and carbofuran-treated plants (622.4 kg/ha). The lowest yield was produced from infected-untreated plants (207.1 kg/ha).

Cost:Benefit (CB) analysis of the management of *M. incognita* on cowpea using dried- milled *A. keayi* leaves and carbofuran

The economics of the management of *M. incognita* on cowpea using air-dried milled leaves of *A. keayi* and carbofuran are presented in Table 4.

Benefits obtained from each trial were presented as yield (kg/ha) prior to conversion to monetary values. In terms of costs of production, a higher cost of production vis-à-vis application of treatments was incurred with the application of carbofuran (₦79, 190; US\$ 501.2); whereas, ₦74, 950 that translated to US\$ 474.4 cost was incurred when *A. keayi* was applied (Table 4). Cost of production for uninfected cowpea in the trial was ₦60, 060 that translated to US\$ 380.1, whereas a total cost of ₦58, 520 (US\$ 370.4) was incurred for infected-untreated plants.

Table 3

Comparative effects of treatments on yield of cowpea infected with root-knot nematode in cost benefit trial on the field.

Treatments	Yield (kg/ha)
Infected-untreated	207.1c
<i>Aloe keayi</i> 80kg/ha	662.5a
Carbofuran@2 kg. a.i./ha	622.4b
(Uninfected)	624.6b
LSD (P≤0.05)	7.9

Table 4

Comparative Cost:Benefit (CB) analyses of application of carbofuran and milled *Aloe keayi* leaves in managing *Meloidogyne incognita*-infected cowpea.

Activities/Items	Carbofuran @ 2 kg a.i./ha	<i>Aloe keayi</i> @ 80 kg/ha	Infected untreated	Uninfected
Clearing (₦ ha ⁻¹)	12,5	12,5	12,5	12,5
Planting (₦ ha ⁻¹)	12,5	12,5	12,5	12,5
Weeding (₦ ha ⁻¹)	25	25	25	25
Cost of Carbofuran (40 kg) (₦ ha ⁻¹)	14	-	-	-
Cost of milled <i>Aloe</i> (80 kg) (₦ ha ⁻¹)	-	8	-	-
Carbofuran application (₦ ha ⁻¹)	5			
Cost of insecticide (2L) (₦ ha ⁻¹)	2,4	2,4	2,4	2,4
Insecticide application (₦ ha ⁻¹)	2,4	2,4	2,4	2,4
<i>Aloe</i> application (₦ ha ⁻¹)	-	5	-	-
<i>Aloe</i> milling cost (₦ ha ⁻¹)	-	1,6	-	-
Harvesting (₦ ha ⁻¹)	2,49	2,65	830	2,5
Cow pea seeds (2 kg) (₦ ha ⁻¹)	300	300	300	300
Total cost (₦ ha ⁻¹)	79,19	74,95	58,52	60,06
Yield (kg/ha)	622.4	662.5	207.1	624.6
Gross Revenue (₦ ha ⁻¹)	186,72	198,75	62,139	187,38
Gross Margin (₦ ha ⁻¹)	107,53	123,8	3,619	127,32
MRR (%)	136,00%	165,00%	6.2%	212,00%
C:B ratio	0.74	0.61	16.2	0.4

Note: Gross revenue was determined based on sale price of 1 kg weight of cowpea= ₦300. Milling cost for 25 kg air-dried leaves of *Aloe keayi* = ₦500. MRR= marginal rate of returns on application of treatment. C:B ratio= Cost:Benefit; Exchange rate as at 2011-US\$ 1= ₦158

Gross margins from the treatment of *M. incognita*-infected cowpea with carbofuran and milled *A. keayi* leaves.

There were positive returns per hectare from the application of treatments especially from carbofuran, *A. keayi* and uninfected plants as observed by percentage returns, cost-benefit ratio and gross margin (*GM*) (Table 4). Application of carbofuran gave 136% of return on control and *GM* of N107, 530 that translated to US\$ 680.6 per hectare (Table 4). Based on *CB* ratio, *A. keayi*-treated plants had a lower ratio of 0.61 compared with that of carbofuran (0.74) (Table 4). However, uninfected cowpea plants gave the lowest *CB* ratio of 0.47 per hectare among all the treatment plots (Table 4). The highest *CB* ratio was from the infected-untreated cowpea with ratio of 16.1.

Discussions

Meloidogyne incognita-infected cowpea treated with *A. keayi* at 80 kg/ha, carbofuran at 2 kg a.i./ha and uninfected plants showed better growth than infected-untreated cowpea. *Aloe keayi*-treated and uninfected control cowpea compared favourably with carbofuran-treated plants in growth. The good growth recorded in *A. keayi* and carbofuran treated cowpea might be linked to the nematicidal abilities based on the active principles within them. In addition to this, *A. keayi* might have been a source of nutrients after decomposition and also increased soil biological activity and soil conditions leading to good growth (28) while carbofuran has been reported as an effective nematicide thereby ensuring improved growth over untreated plants (15). The improvement in growth in cowpea treated with either carbofuran or *A. keayi* showed that treated plants were able to perform basic physiological processes promoting good growth because nematode populations were appreciably reduced in treated plots, resulting in reduced infection and damage. Root-knot infection has been linked to reduction in the photosynthetic rates and total chlorophyll in crops leading to poor growth and ultimately losses in yield in some crops (11, 31). A reason might be the reduction in the efficiency of some vital organs such as roots and alterations in the physiological process leading to poor growth and some cases to crop failure or death (3).

The infected-untreated plants had the highest fresh root weight which was an indicator of the significant extent of root damage recognized by the presence of heavy galls on the roots. The gall index which is a measure of root damage showed that infected-untreated plants had highly damaged roots with respect to their very high gall index in this experiment. *A. keayi* at 80 kg/ha compared favourably with carbofuran at 2 kg a.i./ha in the reduction of the root damage caused by *M. incognita* which confirms nematicidal efficacy of *A. keayi*.

Whether the effect was nematicidal or nematotoxic as not determined but it clearly reduced the ability of *Meloidogyne* to reproduce effectively. The highest numbers of eggs and second-stage juveniles were also recorded in infected-untreated cowpea because there was no measure applied to either kill or reduce the nematode activity on these plants. Carbofuran at 2 kg a.i./ha and *A. keayi* at 80 kg/ha reduced population of *M. incognita* in the treated plants due to their nematicidal abilities. The reproductive factor recorded for carbofuran and *A. keayi*-treated plants were not significantly different indicating that *A. keayi* 80 kg a.i./ha compared favourably with carbofuran at 2 kg a.i./ha in the reduction of *M. incognita* reproduction in cowpea. This outcome confirmed that *A. keayi* and carbofuran both possessed nematicidal properties. Application of *A. keayi* and carbofuran improved cowpea yield compared with *M. incognita* infected-untreated cowpea. The higher yield recorded from the *A. keayi* treatment is probably due to the dual effect of nematicidal properties exhibited on the nematode; as well as a source of nutrients and increased microbial activity that enhanced plant growth more than in the carbofuran-treated plants resulting in higher yields. Yield in infected-untreated plants was significantly lower than yield in the other 3 treatments. The activities of *M. incognita* in infected-untreated cowpea caused havoc on growth, development and ultimately resulted in very low yield. It highlights that if *M. incognita* is left unattended on cowpea, significant yield losses in quantity and quality will be inevitable (3, 23).

The higher costs of production recorded in the application of carbofuran than in *A. keayi* in both trials are explained by the higher costs of carbofuran and its application. It is a known fact that application of most synthetic nematicides is responsible for an increase in the production cost in many crops, though synthetic nematicides do effectively manage plant-parasitic nematodes (3, 8, 25). The lower total cost of production incurred in *A. keayi* treatment than in carbofuran treatment might be due to easy availability of the *Aloe* species with little or no cost attached in Nigeria. Most *Aloe* species are being cultivated as pot herbs in many home gardens in Nigeria and West Africa because of its medicinal and cosmetic values thereby making them widely available. In the recent, there has been plan towards the cultivation of beneficial *Aloe* species as plantation crops in Nigeria to satisfy its huge demand by industries. Also, the processing cost incurred in the production of milled *A. keayi* leaves was lower when compared with carbofuran for special skills were not required both in processing and application. This view was supported by Ghazalbash and Abdollahi (11) who posited that plant extracts may be easily and cheaply produced by farmers and small scale industries as chopped leaf and powders while their application is inexpensive.

The low cost of production in both uninfected and *M. incognita* infected-untreated cowpea was because no treatments were applied in the management of the nematodes, except the general costs incurred in the common activities in cowpea production.

There was a higher marginal rate of return (MRR) on treatment application using *A. keayi* at 80 kg/ha than in carbofuran at 2 kg a.i./ha which was explained by a lower input costs and higher yield. However, the uninfected plants gave the highest MRR because no nematodes were presented and thus no nematode control was necessary to safeguard the plants and thereby recording good yield with no additional cost incurred in the management of *M. incognita*. The low MRR of infected-untreated cowpea showed that *M. incognita* infection if unattended in cowpea will give poor return from the production.

In terms of cost:benefit ratio (CB), *A. keayi* treatment had a lower CB ratio than the carbofuran treatment while uninfected cowpea had the lowest CB ratios per hectare in the trial while the CB ration of infested cowpea as much higher than 1. These results confirm that treatment with with dried–milled leaves of *A. keayi* at 80 kg/ha or carbofuran at 2 kg a.i/ ha in infested cowpea is worth employing in the management of *M. incognita* since their CB ratios in the trials were still lower than 1 (4) while no nematode treatment will results in a serious loss if it is taken into account that the CB ratio of this treatment was 16.2. Of course cowpea production is most profitable if the field is not infested with nematodes however, this condition is rare, since most farmlands are infested by *Meloidogyne* species due to its ubiquitous nature and high rate of reproduction (22). The results in this trial further showed that yield obtained from cowpea whether treated or uninfected is still low when compared to the potential yield of 2-3 tonnes per hectare in Nigeria (23).

Various reasons might be adduced for this, ranging from environmental factors, poor soil fertility, impact of other pests and diseases, amongst other (19, 22). However, application of air-dried milled leaves of *A. keayi* in the management of *M. incognita* on cowpea ensured improvement in cowpea grain yield thereby making the production more profitable.

Conclusion

The application of *A. keayi* at 80 kg/ha improved growth, yield and nematode management of *M. incognita*-infected cowpea. The best nematode management in terms of suppression of *M. incognita* reproduction and population was in carbofuran-treated plants, but *A. keayi* compared favourably with carbofuran and performed significantly better than infected-untreated cowpea. Cost benefit analysis showed that *A. keayi* treatment is less expensive as management option than carbofuran vis-à-vis costs of production and benefits. The results in the study showed that it is more profitable to use air-dried milled leaves of *A. keayi* at 80 kg/ha than carbofuran in the management of *M. incognita* on cowpea.

Acknowledgements

The authors are grateful to Dr. A.A. Aiyelaja (Forest Economist, Department of Forestry and Wildlife Management), Dr. M. Ogaraku-Ndubueze (Agricultural Economist, Department of Agricultural Economics and Extension) of the University of Port Harcourt and Dr. B. Adepoju of Department of Agricultural Economics, University of Ibadan for their valuable suggestions on economic analyses in this work.

Literature

1. Adekunle O.K. & Fawole B., 2003, Chemical and non chemical control of *Meloidogyne incognita* infecting cowpea under field conditions, *Moor J. Agric. Res.*, **4**, 1, 94–99.
2. Adekunle O.K. & Akinlua A., 2007, Nematicidal effects of *Leucaena leucocephala* and *Gliricidia sepium* extracts on *Meloidogyne incognita* infecting okra, *J. Agric. Sci.*, **52**, 1, 53-63
3. Adesiyun S.O., Caveness F. E., Adeniji M.O. & Fawole B., 1990, *Nematode pests of Tropical Crops Heinemann Educational Books* (Nigeria) Ltd. 114 pp.
4. Aiyelaja A.A., 2007, *Potentials of small scale forest-based enterprises in poverty reduction in South-west Nigeria*. A Ph.D thesis submitted to the Department of Forest Resources Management, Faculty of Agriculture and Forestry, University of Ibadan, 252 pp.
5. Akpheokhai L.I., Claudius-Cole A.O. & Fawole B., 2012, Evaluation of some plant extracts for the management of *Meloidogyne incognita* on Soybean (*Glycine max*), *World J. Agric. Sci.*, **8**, 4, 429-435
6. Babatola J.O. & Omotade M.A., 1991, Chemical control of the nematode pests of cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. *Crop Prot.*, **10**, 121-124
7. Bell C. A., 2000, *Fumigation in the 21st century. Crop. Prot.*, 19, 563-569.
8. Chitwood D. J., 2002, Phytochemical based strategies for nematode control, *Annu. Rev. Phytopathol.*, **40**, 221-249.
9. FAOSTAT., 2013, *Cowpea production statistic for year 2011*. Retrieved November 7, 2013, from <http://www.faostat.fao.org/site/567> (November 7, 2013)
10. Fawole B., 2009, *Phytonematology: small animals, big impact* (An inaugural lecture 2008 presented at the University of Ibadan). Ibadan University Press, Ibadan, Nigeria. 31 pp.
11. Ghazalbash N., & Abdollahi M., 2013, Effect of medicinal plant extracts on physiological changes in tomato inoculated with *Meloidogyne javanica* and *Fusarium oxysporum*, *Pak. J. Nematol.*, **31**, 1, 21-37
12. Gwary D.M. & Asala S.W., 2006, Cost-benefit of fungicidal control of Anthracnose on sorghum in Northern Nigeria, *Int. J. Agric. Biol.* **8**, 3, 306-308.
13. Hussey R.S. & Barker K.R., 1973, A comparison of methods of collecting inocula for *Meloidogyne* species including a new technique, *Plant Dis. Report*, **57**, 1025 – 1028.
14. Ivan, J.T. & Edward P.C., 1987, *Principles of nematode control*, pp 87-130. In: *Principles and practice of nematode control* (Eds. R.H. Brown, B.R. Keroy). Academic Press Inc. (London) Ltd.
15. Khan R.A., Khan M.R., Sahreen S., Jan S., Bokhari J. & Rashid U., 2011, Phytotoxic characterization of various fractions of *Launaea procumbens*, *Afr. J. Biotechnol.*, **10**, 5377-5380.
16. Langyintuo A.S., Lowenberg-DeBoer J., Faye M., Lambert D., Ibro G., Moussa B., Kergna A., Kushwaha S., Musa S. & Ntougam G., 2003, Cowpea supply and demand in West and Central Africa, *Field Crops Res.*, **82**, 215–231.
17. Mahmood I., Saxena S.K. & Zakinaddin R., 1979, Effects of some plant extracts in the mortality of *M. incognita* and *Rotylenchus reniformis*, *Acta Bot. Indica*, **7**, 2, 121-132.
18. Mangala R. & Mauria S., 2006, *Handbook of Agriculture. Facts and figures for teachers, students and all interested farmers*. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi 110012.M/S Chandu Press, Delhi 1346pp
19. Mortimore M.J., Singh B.B., Harris F. & Blade S.F., 1997, *Cowpea in Traditional Cropping Systems*. In: Singh B.B.; Mohan-Raj D.R., Dashiell K.E., Jackai L.E.N (Eds.) *Advances in Cowpea Research*. Co-publication of International Institute of Tropical Agriculture (IITA) and Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS) IITA, Ibadan, Nigeria. pp. 99-113.
20. Ofuya T.I., 2009, *Formulation of medicinal plants for crop protection in Nigeria*. In: *Formulation of medicinal plant in plant and Animal production in Nigeria*. Proceedings of the 5th Annual Conference, School of Agriculture and Agricultural Technology (Akure- Humbolt Kellog) (S.O. Agele, F.O. Osundahunsi, V.A.J Adekunle, I.B. Osho & M.O. Olufayo eds). Federal University of Technology, Akure, Nigeria. 20th-23rd April, 2009, pp 1-6.
21. Okoruwa V.O., Obadaki F.O. & Ibrahim, G., 2005, Profitability of beef cattle fattening in the cosmopolitan city of Ibadan, Oyo State, *Moor, J. Agric. Res.* **6**, 1, 45-51
22. Olowe T., 2004, Occurrence and distribution of root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp. in cowpea growing areas of Nigeria, *Nematol.*, **6**, 811–817.
23. Olowe T., 2007. Reaction of cowpea genotypes to the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*, *Nematol. Medit.* **35**,177-182.
24. Olowe T., 2010, Variation in virulence of *Meloidogyne incognita* races 1, 2, 3, and 4 on cowpea genotypes, *Eur. J. Sci. Res.*, **43**, 3, 340-350
25. Osei K., Fening J.O., Gowen S.R. & Jama, A., 2010, The potential of four non-traditional legumes in suppressing the population of nematodes in two Ghanaian soils, *J. Soil Sci. Environ. Manage.*, **1**, 4, 63-68.
26. Pandey R. & Hasseb A., 1988, Studies on the toxicity of certain medicinal plants to root-knot nematode, *M. incognita*. *Indian J. Plant Pathol.*, **6**, 2, 184-186
27. Pattison A.B., Versteeg C., Akiew S. & Kirkegaard J., 2006, Resistance of *Brassicaceae* plants to root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) in northern Australia, *Int. J. Pest Manage.*, **52**, 1, 53-62
28. Radwan M.A., El-Maadaway E.K. & Elamayem A., 2007, Comparison of the nematicidal potentials of dried leaves of five plant species against *Meloidogyne incognita* infecting tomato, *Nematol. Medit.*, **35**, 81-84.
29. SAS Institute., 2009. *SAS User's Guide: Statistics*, SAS Institute, Cary, NC, USA.
30. Satish S., Mohana D.C., Ranhavendra M.P. & Raveesha K.A., 2007, Antifungal activity of some plant extracts against important seed borne pathogens of *Aspergillus* sp., *J. Agric. Technol.*, **3**, 1, 109-119.

31. Swain B. & Prasad J.S., 1988. Chlorophyll content in rice as influenced by the root-knot nematode, *Meloidogyne graminicola* infection, *Current Science*, **57**, 895-896
32. Tanimola A.A. & Fawole B., 2012, In vitro *nematicidal activity of some Aloe species on eggs and second-stage juveniles of Meloidogyne incognita*. Inaugural Conference of the Nigerian Society of Nematologists on 16th-17th October, 2012 at Conference Centre, University of Ibadan, 31 pp.
33. Taylor A. L. & Sasser J. N., (1978), *Biology, identification and control of root-knot nematodes (Meloidogyne species)* a cooperation publication of North-Carolina State University and WAIP. 11p.
34. Whitehead A.G. & Hemming J.R., 1965, A comparison of some quantitative methods of extracting small vermiform nematodes from soil, *Ann. Appl. Bio.*, **55**, 25 – 38.
35. Whitehead A.G., 1998, *Plant nematode control*. CAB International, Wallingford UK, 384 pp.

A.A. Tanimola, Nigerian, PhD, Lecturer, University of Port Harcourt, Faculty of Agriculture, Department of Crop and Soil Science, Rivers State, Nigeria.

B. Fawole, Nigerian, PhD, Professor, University of Ibadan, Faculty of Agriculture, Department of Crop Protection and Environmental Biology, Oyo State, Nigeria.

A.O. Claudius-Cole, Nigerian, PhD, Senior Lecturer, University of Ibadan, Faculty of Agriculture, Department of Crop Protection and Environmental Biology, Oyo State, Nigeria.

**Annonces
Announcements**

**Aankondigingen
Anuncios**



International Conference

Sustainable Energy for Africa



23-25 October, 2017

Palais des Académies - Paleis der Academiën

Rue Ducale 1- Hertogstraat 1

1000 Brussels

Detailed information is available on: http://www.kaowarsom.be/Sustainable_Energy_for_Africa

Presentation

Tropicultura is a multi-disciplinary journal, which publishes original articles, research and summary notes, overviews of books and essays, announcements and reports on films / audio-visual resources concerning all fields linked to rural development, as well as sustainable management of the environment in overseas countries

Scientific patronage

Tropicultura is published by the non-profit organisation AGRI-OVERSEAS and benefits from the scientific patronage of the Belgian Royal Academy of Overseas Sciences (RAOS: www.kaowarsom.be).

Tropicultura serves the purpose fulfilled by the "Bulletin Agricole du Congo Belge et du Ruanda-Urundi" (Agricultural Bulletin of the Belgian Congo and Ruanda-Urundi) until 1963. The first volume of Tropicultura was published on paper in 1983 (ISSN 0771-3312). It was replaced by an electronic version from 2013 (eISSN 2295-8010).

Financial support

Tropicultura is published with financial support from the Brussels Capital region (be.brussels.be) and the Regional Post-Graduate Training School of Integrated Management of Tropical Forests and Lands (ERAIFT: www.eraift-rdc.org).

Tropicultura and CAMES

Publications in Tropicultura are approved by the African and Malagasy Council for Higher Education, which works for the promotion and the advancement of teachers and research scientists (CAMES: www.lecames.org).

Members of the Agri-Overseas non-profit organisation

Agri-Overseas asbl consists of individual members and representatives from the following Belgian institutions: the four faculties of agronomic sciences in Belgium (Gembloux - GxABT/ULg, Ghent - UGent, Leuven - KULeuven and Louvain-La-Neuve - UCL), the two faculties of veterinary medicine (Ghent -UGent and Liège - ULg), animal health units at the Department of Biomedical Sciences of the Institute of Tropical Medicine in Antwerp - IMTA, the Inter-Faculty Department of Agronomy of the Free University of Brussels - ULB, the Faculty of Sciences of the University of Namur (Namur - UNamur), the Department of Sciences and Environmental Management of the University of Liège (Arlon - DSGE ULg), and the Royal Academy of Overseas Sciences (KAOW - ARSOM).

Scientific fields

Tropicultura publishes articles on rural development and sustainable management of the environment in hot countries: crops and livestock farming, veterinary sciences, forest sciences, soil and earth sciences, rural engineering, environmental sciences, fisheries and fish farming, bio-industries, agri-foods, sociology and economics.

Frequency of publication

Tropicultura is published every quarter - in March, June, September and December.

Open Access publication

Since it was created in 1983, all Tropicultura articles have been published with open access. The entire text of each article and summaries can be accessed free of charge. Articles are published under the Creative Commons licence (CC BY-NC 4.0 - <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.fr>).

Indexing on key databases

Tropicultura is indexed on the SCOPUS, AGRICOLA, AGRIS, CABI, SESAME and DOAJ databases.

Impact factor

Steps are currently being taken to obtain an impact factor.

Distribution of Tropicultura

Tropicultura was published as a printed version from 1983 until 2012. (2,650 copies of the paper version were printed and distributed in 110 different countries). All articles, from the first pamphlet onwards, can be accessed in unabridged form on the website (<http://www.tropicultura.org/content/>) and on the DOAJ (<https://doaj.org/toc/0771-3312>).

In 2014, Google Analytics recorded 8,648 visits from 141 countries and regions. In 2014, the Tropicultura journal was downloaded 2,173 times in 101 countries.

Tropicultura can also be accessed via the EBSCO and Bielefeld websites (<http://www.base-search.net/Search/Results?lookfor=dcoll%3Aftdoaj+tropicultura.org&refid=dclink>) and via Google Scholar (<https://scholar.google.be/scholar?q=Tropicultura>).

Adresses

President: Prof. Dr. J. Bogaert (GxABT/ULg).

Editor-in-chief: Prof. Dr. Ir. G. Mergeai (GxABT/ULg).

Members: Prof. Dr. Ir. P. Bertin (UCL), Prof. Dr. Ir. E. Tollens (KULeuven), Prof. Dr. Ir. Ch. De Cannière (ULB), Prof. Dr. B. Losson (ULg), Prof. Dr. J.-C. Micha (FUNDP), Prof. Dr. Ir. B. Tychon (DSGE ULg), Prof. Dr. P. Dorny (IMTA), Prof. Dr. Ir. P. Van Damme (UGent), Prof. Dr. S. Geerts (KAOW - ARSOM), Dr. G. Akoda (EISMV), Dr. Ir. A. Dieng (ENSA), Prof. Dr. Ir. P. Mobambo (UNIKIN), Dr. C. Ly (ILRI) and Prof. Dr. J. Vercruysse (UGent).

Assistants to the editor-in-chief : Dr. Ir. Germain Harelimana, Mrs Caroline Louvet.

The board of directors consists of Prof. Dr. J. Bogaert (chairman), Prof. Dr. Ir. G. Mergeai (managing director), Prof. Dr. B. Losson (treasurer), Dr Eric Thys (secretary), Prof. Dr. J. Vercruysse (member) and Prof. Dr. S. Geerts (member).

Permanent guests: the permanent secretary of RAOS and director of ERAIFT.

Publisher

Agri-Overseas
Avenue Louise, 231
B-1050 Brussels (Belgium)
phone: 32(0)2-540 88 60, 32(0)2-540 88 61
e-mail ghare.tropicultura@belgacom.net, clouvet.tropicultura@belgacom.net
http://www.tropicultura.org

Instructions to authors

Tropicultura publishes articles in English, Spanish, French and Dutch. Summaries are published in English and French (Spanish or Dutch, if the manuscripts are submitted in these languages).

Content of manuscripts

Priority is given to articles that focus on the widest possible range of original subjects. In other words, their content concentrates mainly on methodological aspects, which can be applied to many different environments and regions of the world.

Major emphasis is placed on the reliability of any information that is published, such as the number of test repetitions, in terms of time and space, which form the basis of the data obtained from the results of experiments.

Manuscripts must have not been previously published or simultaneously submitted to another scientific journal for publication.

Submission procedure

Manuscripts must be sent to the editor-in-chief by post, in triplicate, in the form of a paper document, or preferably directly to the electronic mail address of the editorial office as file attachments.

If possible, after the article is approved for publication, the author must provide his final proofread and revised version in electronic format. It is recommended that Word is used, but ASCII or RTF files are also acceptable.

Style

Manuscripts must be printed on single sides, double-spaced, using Times New Roman font (size 11), with a 2.5 cm margin around the printed area. They should include a maximum of twenty pages of text (not including the cover page).

The cover page must include the title, short title (maximum of 55 characters), the authors' full names, together with their qualifications, position, nationalities, full work/e-mail addresses and any acknowledgements. The corresponding author's name must be marked with a "*" and his address should include a telephone number.

The pages following the cover page must comprise:

- (i) the summaries (max. 200 words) in the language of the manuscript and in English, preceded by a translation of the title and followed by a maximum of six key words in each of the two languages;
- (ii) the body of the text;
- (iii) the bibliography;
- (iv) tables, which should be numbered using Arabic numerals;
- (v) illustrations, which must be clearly marked with a number on the reverse, if they are not sent electronically;
- (vi) table headings and illustrations.

All pages must be numbered consecutively.

The text must be divided into longer chapters (Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Conclusions), but must not be subdivided into more than two levels (one single level following the chapters). The chapter headings and paragraph subtitles must be very concise and should never be underlined.

The references must be quoted in the text, using numbers between brackets. If several references are quoted, their numbers should be indicated in increasing order.

Images must be of a professional standard. Photographs must be unmounted, with clear contrast on glossy paper. Photos provided as .jpg files must be of good quality, with a minimum of 300 pixels per inch (dpi).

Excel files must be provided, containing the relevant table and chart data, when the manuscript is submitted.

Bibliographical references must be listed in alphabetical order, according to the authors' names and in chronological order for individual authors. They must be numbered consecutively, beginning with "1".

Bibliographical references must be quoted in the text in the form of numbers.

The number of bibliographical references must not exceed fifty.

In the case of periodical articles, references must include the authors' surnames, followed by their initials, year of publication, full title of the article in its original language, the name of the periodical, with the volume number underlined and the first and last page numbers separated by a hyphen

Example: Poste G., 1972, Mechanisms of virus induced cell fusion. *Int. Rev. Cytol.* 33, 157-222.

For monographs, the following details are essential: the authors' names followed by their initials, year of publication, full title of the monograph, the editor's name, place of publication, first and last page of the chapter quoted and total number of pages.

Conference minutes should be treated in the same way as monographs. In addition, the location, date of the meeting and scientific editor(s) should be mentioned.

Example: Korbach M.M. & Ziger R.S., 1972, Heterozygote detection in Tay-Sachs disease: a prototype community screening program for the prevention of recessive genetic disorders pp 613-632, in: B.W. Volks & S.M. Aronson (Editors), *Sphingolipids and allied disorders*, Plenum, New York, 205 p.

Permission rights

By submitting their articles, the relevant authors grant Tropicultura non-exclusive permission to publish their work with open access. The author retains the copyright.

Permission for publication

In order to ensure that the manuscript is original and the supervisory organisations of the authors have agreed to its publication, the main author is asked to sign a sworn declaration.

Contribution to publishing costs

According to the chosen payment term, authors are required to contribute 200, 300 or 500 Euros towards the cost of publishing their articles. When articles are submitted, the relevant author must agree to these costs. This contribution must be paid when the manuscript is accepted for publication.

Plagiarism detector

All manuscripts are subjected to a plagiarism test before they are sent to readers.

Reading committee

The Tropicultura reading committee is made up of volunteer readers from the international scientific community, who specialise in all fields linked to rural development and sustainable management of the environment in other countries.

Authors must propose three internationally renowned readers when they submit an article.

Articles are submitted to one or more readers selected by the editorial committee.

These readers remain anonymous to the authors. The authors also remain anonymous to the readers.

The editorial committee reserves the right to reject any article that fails to meet the review criteria.

32% of articles submitted to Tropicultura between 2010 and 2015 were accepted.

Assistance with editing

The editorial office may advise authors how to improve their manuscripts. If readers so wish, the editorial office can put them in contact with the authors whose manuscript they are reviewing.

Texte français dans le n°1

Nederlandse tekst in Nr.3

Texto Español en el N°4

TROPICULTURA

2017 Vol. 35 N°2

Four issues a year (April-May-June)

EDITORIAL

Paradoxical Agriculture or the Art of Producing More While Using Less (*Text in English and French*)

G. Mergeai

71

ORIGINAL ARTICLES

Assisted Natural Regeneration with Fencing in Central and Northern Zones of Burkina Faso

B. Belem, F. Kagumbega-Mueller, R. Bellefontaine, J.P. Sorg, U. Bloesch & E. Graf

73

Comparing the Benefits Between Producing Maize for Seeds or Consumption in Cameroon (*Text in French*)

A.J. Jaza Folefack

87

Effects of Increasing Additive Doses on the Productivity of Two Strains of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.)

P. Kumm. under the Casing Technique; and on Local Substrates in the D.R. of the Congo (*Text in French*)

G.N. Mushagalusa, J.M. Mondo, G.B. Masangu, S. Cikwanine, C. Sambili, E.M. Bagula & A.Z. Balezi

102

Yields and Adoption Mechanisms of Improved Plant Material: Case of Cocoa Crop in the Center-Cameroon (*Text in French*)

L.B. Mfleck Eyenga, C.B. Kamdem, L. Temple & S. Mathe

110

Inventory and Availability of Non-timber Forest Products used by Local Residents of the Classified Forest of Haut-Sassandra after the Armed Conflict Period in Ivory Coast (*Text in French*)

K.A. Kouakou, Y.S.S Barima, G.G. Zanh, K. Traoré & J. Bogaert

121

Comparative Profitability of Managing *Meloidogyne incognita* on Cowpea (*Vigna unguiculata*) Using Carbofuran and Pulverized *Aloe keayi* Leaves

A.A. Tanimoola, B. Fawolo & A.O. Claudius-Cole

137

ANNOUNCEMENTS

RAOS: International Conference on Sustainable Energy for Africa

146

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