

TROPICULTURA

2015 Vol. 33 N°3

Trimestriel (juillet-août-septembre)

Driemaandelijks (juli-augustus-september)

Trimestral (julio-agosto-septiembre)

Quarterly (July-August-September)



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

Crédit: G. Mergéai

Editeur responsable / Verantwoordelijke uitgever: J. Bogaert

Avenue Louise 231
1050 Bruxelles/Brussel
Belgique/België

Avec le soutien de

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

Met de steun van

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



EDITORIAL

Agriculture and Climate Change: Challenges and Solutions
 Agriculture et changement climatique: enjeux et solutions
 Landbouw en klimaatverandering: uitdagingen en oplossingen
 Agricultura y cambio climático: retos y soluciones

G. Mergeai

161

ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

Dynamic and Impact of Major Insect Pests on *Jatropha curcas* L. in two Cropping Systems with Contrasting Characteristics in the Province of Kinshasa (DRC)
 Dynamique et impact des principaux insectes ravageurs de *Jatropha curcas* L. dans deux systèmes de culture aux caractéristiques contrastées de la province de Kinshasa (RDC)
 Dynamiek en impact van de belangrijkste insectenplagen op *Jatropha curcas* L. in twee sterk verschillende cultuursystemen in de provincie Kinshasa (DRC)
 Dinámica e impacto de las principales plagas de *Jatropha curcas* L. en dos sistemas de cultivo con características contrastadas en la provincia de Kinshasa (RDC)

J.D. Minengu, F. Verheggen & G. Mergeai

163

Effet du labour et du mode de bouturage sur les rendements en racines et en feuilles de manioc dans les zones de savane et de jachères forestières de la République Démocratique du Congo
 Effect van het ploegen en van de methode van stekken op de opbrengst van maniok wortels en bladeren in de savanne gebieden en het braakwoud van de Democratische Republiek Congo
 Efecto de la labranza y del modo de desqueje sobre los rendimientos en raíces y hojas de mandioca en las zonas de sabana y de barbechos forestales de la República Democrática del Congo

N.M. Mahungu, M.A. Ndonga, N.A. Frangoie & M.A. Moango

176

Paramètres de croissance et d'exploitation de la carpe blanche *Pomadasys jubelini* (Cuvier, 1830) dans les complexes lagunaires de Grand-Lahou, Ebrié et Aby (Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest)
 Groei - en exploitatie parameters van de witte karper *Pomadasys jubelini* (Cuvier, 1830) in de lagune complexen van Grand-Lahou, Ebrié en Aby (Ivoorkust, West Afrika)
 Parámetros de crecimiento y de explotación de la carpa blanca *Pomadasys jubelini* (Cuvier, 1830) en los complejos laguneros de Grand-Lahou, Ebrié y Aby (Costa de Marfil, África del oeste)

M. Bodji Iridjé, J. Konan Kouadio, I. Ouattara Nahoua & C. Atsé Boua

186

Quelques aspects de l'âge et de la croissance de l'anchois *Engraulis encrasicolus* (Pisces, Engraulidae) le long du littoral de la Côte d'Ivoire
 Sommige aspecten van leeftijd en groei van de ansjovis *Engraulis encrasicolus* (Pisces, Engraulidae) langs de kust van Ivoorkust
 Algunos aspectos de la edad y del crecimiento del boquerón *Engraulis encrasicolus* (Pisces, Engraulidae) a lo largo del litoral de la Costa de Marfil

S. Ouattara, Y. Bamba, M. Karamoko & A. Fantodji

199

Incidence de la déforestation sur les catégories écologiques des vers de terre dans le «Domaine et Réserve de Chasse» de Bombo-Lumene (Kinshasa)
 Invloed van ontbossing op de ecologische categorieën van regenwormen in het "Domein en Jachtterrein" van Bombo-Lumene (Kinshasa)
 Incidencia de desforestación sobre las categorías ecológicas de los lombrices en el dominio y Reserve de Caza de Bombo-Lumene (Kinshasa)

F. Milau Empwal, C. Kachaka Sudi, J. Aloni Komanda, N. Mvumbi Madidila & F. Francis

209

Etude des conditions de germination des graines de manioc (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) obtenues par sélection génétique Study of Germination Conditions of Cassava (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) Seeds obtained by Genetic Selection Studie van kieming omstandigheden van maniokzaden (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) door genetische selectie verkregen selección genética Estudio de las condiciones de germinación de las semillas de mandioca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) obtenidas por selección genética K.D. Adjata, L. Tchaniley, E. Banla, K.K. Tchansi & Y.M.D. Gumedzoe	218
A Microeconomic Analysis of Household Consumption Expenditure Determinants in Yam-growing Areas of Nigeria and Ghana Analyse micro-économétrique des déterminants des dépenses de consommation des ménages dans les zones de production d'igname au Nigeria et au Ghana Micro-econometrische analyse van de determinanten van huishoudelijke consumptie uitgaven in de jamswortel productiegebieden van Nigeria en Ghana Analiza microeconómica de los determinantes de los gastos de consumo de las unidades familiares en las zonas de producción de ñame en Nigeria y en Ghana D.B. Mignouna, T. Abdoulaye, A. Alene, V.M. Manyong, P.N. Dontsop, J.H. Ainembabazi & R. Asiedu	226
Caractéristiques structurales et écologiques des populations d'espèces commerciales de bois: une base pour la sylviculture dans les peuplements forestiers de Niaouli (Sud-Benin) Structurele en ecologische kenmerken van de populaties van commerciële houtsoorten: een basis voor de bosbouw in de boombeplantingen in Niaouli (Zuid Benin) Características estructurales y ecológicas de las poblaciones de especies comerciales: una base para la silvicultura en las poblaciones forestales de Niaouli (Sud-Benin) M.M. Agbangla, A.K.N. Aoudji, G.S. Akouehou, J.A. Gbetoho, K. Sanon, O. Ayina, Ch. de Cannière & J.C. Ganglo	238
ANNONCES/ AANKONDIGINGEN/ ANUNCIOS	253
BIBLIOGRAPHIE/BOEKBESPREKING/BIBLIOGRAFIA	257

<p>The opinions expressed, and the form adopted are the sole responsibility of the author(s) concerned Les opinions émises et la forme utilisée sont sous la seule responsabilité des auteurs De geformuleerde stellingen en de gebruikte vorm zijn op verantwoordelijkheid van de betrokken auteur(s) Las opiniones emitidas y la forma utilizada son de la exclusiva responsabilidad de sus autores</p>

Agriculture and Climate Change: Challenges and Solutions

According to the latest report from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), climate change is already having a significant impact on agriculture. Several models highlight the increasingly negative effects of increased temperatures on crop yields and livestock farming in developing countries. These impacts can be caused by negative physiological effects for plants and animals, which result from higher temperatures or the proliferation of pests and diseases caused by the latter. The increased number of extreme weather events, especially floods, and changing precipitation patterns are linked to climate changes. These factors dramatically affect the crop production potential of agricultural land. Populations in the developing world, which are already vulnerable and exposed to food insecurity, are the most seriously affected. In many countries in the southern hemisphere, agriculture actually represents the main source of income for a major proportion of the active population. Combined with increased demographic pressure, climate changes therefore help to exacerbate the pressure on global food systems. In addition, it should be noted that agriculture also plays a key role in the reduction of greenhouse gas emissions and is therefore at the heart of a variety of complex issues.

In light of these facts, it is essential that we make every effort to identify solutions, aimed at adapting to climate changes and alleviating the contribution of certain agricultural practices to the latter, in order to respond to all the challenges that they create. This involves reinforcing research initiatives aimed at understanding and quantifying the problems, while identifying steps that need to be taken in order to limit these problems. It also involves lobbying for appropriate policies to be put into place, based on the results of this research. Last but not least, it involves developing field projects in order to identify and promote appropriate farming practices and create conditions that will help them become more widespread. With this in mind, we welcome the Montpellier Declaration initiative (<http://csa2015.cirad.fr>), which was developed at the Third Global Science Conference on Climate Smart Agriculture (Climate Smart Agriculture 2015) that was held in this city on 16-18 March 2015. At this event, over 600 research scientists and 150 stakeholders/policy makers - from 75 countries and 5 continents - confirmed that climate smart agriculture has become a benchmark, which creates synergies and may lead to innovative and global solutions at local, regional and international level. The participants also confirmed that climate smart solutions exist and could become a reality if the conditions and public policies lend themselves to these solutions. We encourage all readers of *Tropicultura* to learn more about the work completed at this conference, in order to understand issues linked to climate change and identify sources of inspiration, so that we can overcome the constraints that it imposes.

Guy Mergeai
Editor in Chief

Agriculture et changement climatique: enjeux et solutions

Selon le dernier rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), les impacts des changements climatiques sont d'ores et déjà conséquents en agriculture. Plusieurs modèles concordants prévoient des effets de plus en plus négatifs de l'augmentation des températures sur les rendements des cultures et sur l'élevage dans les pays en développement; soit du fait des conséquences physiologiques défavorables sur les plantes et les animaux d'une température plus élevée, soit à cause de la prolifération des bio-agresseurs qu'elle induit. La multiplication des phénomènes météorologiques extrêmes, tout particulièrement les inondations, et la modification des régimes de précipitations constituent d'autres facteurs liés aux changements climatiques qui affectent profondément le potentiel de production agricole des terres. Les populations du monde en développement, déjà vulnérables et exposées à l'insécurité alimentaire, sont les plus gravement affectées. Dans de nombreux pays du Sud, l'agriculture constitue en effet la principale source de revenus pour une part importante de la population active. Les changements climatiques contribuent donc à exacerber, concomitamment à l'augmentation de la pression démographique, la tension sur les systèmes alimentaires globaux. Il faut également noter que l'agriculture joue aussi un rôle-clé dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre et se retrouve à ce titre au coeur d'enjeux complexes.

Face à ces constats, il est essentiel de se mobiliser pour trouver des solutions d'adaptation au changement climatique et d'atténuation de la contribution de certaines pratiques agricoles à celui-ci, de manière à répondre à tous les défis qu'il pose. Cela passe par un renforcement des activités de recherche pour comprendre et quantifier les problèmes ainsi que pour identifier ce qu'il y a lieu de faire pour limiter ceux-ci. Cela passe également par des actions de plaidoyers pour que soient mises en œuvre des politiques adéquates basées notamment sur les résultats de ces recherches. Cela passe enfin, au niveau des projets de sur le terrain, par l'identification et la recommandation de pratiques de production pertinentes ainsi que par la mise en place des conditions favorables à leur diffusion. Il faut à ce niveau saluer l'initiative de la déclaration de Montpellier (<http://csa2015.cirad.fr>) élaborée à l'occasion de la 3e conférence scientifique mondiale sur l'agriculture climato-intelligente (Climate Smart Agriculture 2015) qui s'est tenue dans cette ville, du 16 au 18 mars 2015. A cette occasion, plus de 600 chercheurs et 150 parties prenantes et décideurs politiques, venus de 75 pays et de 5 continents ont confirmé que l'agriculture climato-intelligente est devenue une référence qui mobilise des synergies et peut conduire à des solutions innovantes et globales, aux niveaux local, régional et mondial. Les participants ont aussi confirmé que des solutions climato-intelligentes existent et peuvent devenir réalité lorsque les conditions et les politiques publiques s'y prêtent. Nous encourageons tous les lecteurs de Tropicultura à prendre connaissance des travaux de cette conférence pour à la fois comprendre les enjeux du changement climatique et trouver des sources d'inspiration afin de surmonter les contraintes qu'il impose.

Guy Mergeai
Rédacteur en chef

ARTICLES ORIGINAUX
ORIGINAL ARTICLES

OORSPROKELIJKE ARTIKELS
ARTICULOS ORIGINALES

Dynamic and Impact of Major Insect Pests on *Jatropha curcas* L. in two Cropping Systems with Contrasting Characteristics in the Province of Kinshasa (DRC)

J.D. Minengu^{1*}, F. Verheggen² & G. Mergeai³

Keywords: *Jatropha curcas*- Pest dynamics- Yield- Kinshasa- D.R. Congo

Summary

The dynamic and impact of the major insect pests on *Jatropha curcas* L. were studied on two plantations located in the province of Kinshasa, the first in pure stand without irrigation (Mbankana site), the second under irrigation in combination with other crops (N'sele site). In Mbankana, after being planted during the long rainy season (October-December), the plants suffer significant attacks by crickets *Brachytrupes membranaceus* Drury (Orthoptera, Gryllidae), which cause a mortality rate of 10-40%. The first half of October and second half of December are the best planting periods when it comes to limiting these losses. At N'sele, cricket attacks during planting are controlled by the farmers who eat these insects. After being planted at both sites, the plants are attacked by leaf miner caterpillars *Stomphastis thraustica* Meyrick (Lepidoptera, Gracillariidae) and flea beetles *Aphthona* sp. (Coleoptera, Chrysomelidae), which consume the leaf blades and buds. The size of these two pest populations and resulting damage reach a peak during the wettest time of year. On adult plants at N'sele, insect pests observed include flea beetles, leaf miners, and shield-backed bugs *Calidea* sp. (Heteroptera, Scutelleridae). These bugs cause damage to flowers and capsules. In the absence of insecticide treatments, yield losses reached 90% in Mbankana and 60% in N'sele.

Résumé

Dynamique et impact des principaux insectes ravageurs de *Jatropha curcas* L. dans deux systèmes de culture aux caractéristiques contrastées de la province de Kinshasa (RDC)

La dynamique et l'impact des principaux insectes ravageurs de *Jatropha curcas* L. ont été étudiés dans deux plantations installées dans la province de Kinshasa; la première en culture pure sans irrigation (site de Mbankana); la deuxième sous irrigation en association avec d'autres cultures (site de N'sele). A Mbankana, lors de leur mise en place pendant la grande saison des pluies (entre octobre et décembre), les plants endurent d'importantes attaques de crickets *Brachytrupes membranaceus* Drury (Orthoptera, Gryllidae) qui induisent des mortalités variant entre 10 et 40%. La période de plantation la plus propice pour limiter le niveau de ces pertes se situe lors de la première moitié du mois d'octobre et lors de la deuxième moitié du mois de décembre. A N'sele, les attaques de grillons au moment de l'installation de la plantation sont contrôlées par les agriculteurs, qui consomment ces insectes. Une fois installées, les plantes subissent dans les deux sites des attaques de chenilles mineuses des feuilles *Stomphastis thraustica* Meyrick (Lepidoptera, Gracillariidae) et de chrysomèles *Aphthona* sp. (Coleoptera, Chrysomelidae), consommatrices du limbe des feuilles et des bourgeons.

¹University of Kinshasa, Faculty of Agronomy, Kinshasa, RDC.

²University of Liège Gembloux Agro-Bio Tech, Functional and Evolutive Entomology Unit, Gembloux, Belgium.

³University of Liège Gembloux Agro-Bio Tech, Laboratory of Tropical Agroecology and Horticulture, Gembloux, Belgium.

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

Received on 10.07.13 and accepted publication on 26.08.13

The discussion focuses on what causes the different pest impact levels recorded between the cropping systems and methods used to limit the main types of damage caused by insects on *J. curcas* in the Kinshasa region.

L'importance des populations de ces deux ravageurs et leurs dégâts culminent lors de la période la plus pluvieuse de l'année. Sur les plantes adultes à N'sele, en plus de attaques de chrysomèles et de chenilles mineuses des feuilles, on observe la présence de punaises à bouclier *Calidea* sp. (Heteroptera, Scutelleridae). Les punaises causent des dégâts aux fleurs et aux capsules. En l'absence de traitements insecticides, le niveau des pertes de rendement occasionnées atteignent 90% à Mbankana et 60% à N'sele. Les causes des différences de rendement enregistrées et les mesures pour limiter les dégâts des principaux ravageurs de *J. curcas* dans la région de Kinshasa sont discutées.

Introduction

Jatropha curcas L. (Euphorbiaceae) is a shrub that originates from Central America and produces non-edible oil, which is used as a fuel that can fully or partially replace fossil fuels. All parts of the *J. curcas* plant contain toxic compounds, such as phorbol esters, curcin and trypsin inhibitors (16). The toxic and anti-nutritional properties of *J. curcas* seeds are used in traditional medicine for removing parasites and as a purgative (4). When it is cultivated, the toxicity and biocidal properties of *J. curcas* do not protect it against attacks from pests and other organisms, which may have an impact on yields (1, 10).

The most frequently observed potential insect pests on *J. curcas* in the Kinshasa region are the cricket *Brachytrupes membranaceus* Drury (Orthoptera, Gryllidae), flea beetles of the *Aphthona* genus (Coleoptera, Chrysomelidae), the leaf miner *Stomphastis thraustica* Meyrick (Lepidoptera, Gracillariidae) and shield-backed bugs of the *Calidea* genus (Heteroptera, Scutelleridae) (Figure 1) (25). Crickets are phytophagous insects, which are widespread in tropical Africa, live in extensive underground tunnels and are rarely visible during the day (15, 30). At night, they sever young, freshly-planted *J. curcas* plants at the root collar and drag the leaves or entire plants into their burrows.

Flea beetles cause serious damage to *J. curcas* in Africa. The adults attack the foliage and developing

fruits, while the larvae penetrate the roots (10). Leaf miners have been sighted in almost all regions where *J. curcas* is cultivated in Africa (31). Their tiny larvae eat away and dig tunnels in the leaf blades. During major attacks, they cause the plant to defoliate (11). Shield-backed bugs (adults and larvae) cause the flowers to fall off, fruit malformation and seed abortion (2, 31). Seeds in infested fruits are small in size/weight and low in oil content. In Africa, there is a lack of information on the dynamic of *J. curcas* pests and their impact on yields.

The aim of this study is to determine the dynamic, during the year, of populations of major insect pests attacking *J. curcas* and their impact on yields in two cropping systems with contrasting characteristics in the Kinshasa region, in order to identify when major outbreaks of these pests occur, quantify the scale of their damage and propose steps to be taken so that the crops produce a better yield.

Material and methods

Location of study sites

The study was conducted on *J. curcas* plantations located at N'sele (30 ha, 4°25' latitude south, 15°30' longitude east and 280 m altitude) and Mbankana (3 ha, 4°47' latitude south, 16°12' longitude east and 684 m altitude).



Figure 1: Major insect pests affecting *J. curcas* in Kinshasa.

A (seedling cut down by *B. membranaceus*), B (leaf attacked by *Apthona* sp.) C (leaves attacked by *S. thraustica*), D (fruits attacked by *Calidea* sp.).

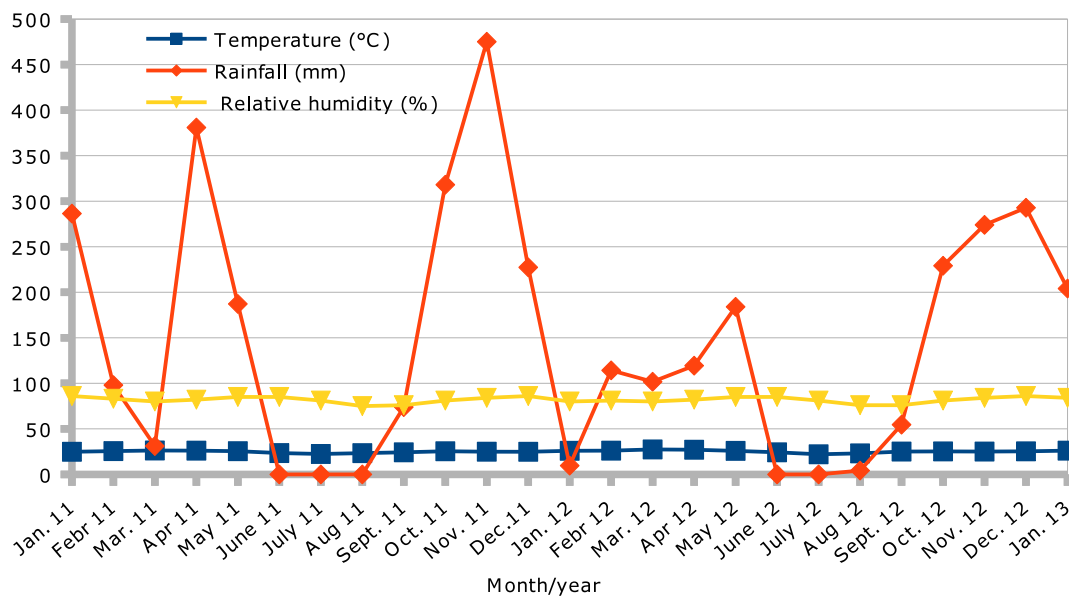


Figure 2: Variations in temperature, rainfall and relative humidity in the study zone from January 2011 - January 2013.

Climate

The climate is of the AW_4 type, according to Köppen's classification. This humid tropical climate is characterised by a rainy season that lasts from mid-September until mid-May and is interrupted by a brief dry season between mid-January - mid-February. The long dry season lasts four months - from mid-May until mid-September (5).

The climate records for the study area, provided by the Agence Nationale de Météorologie et de Télédétection par Satellite (METELSAT) of the Democratic Republic of the Congo, are shown in Figure 2.

Soils and vegetation

At Mbankana, *J. curcas* is cultivated on poor soil, which contains over 90% sand in the arable horizon. At N'sele, the soil is also very sandy (95% sand). Plant formations at Mbankana consist mainly of shrub savannahs, which alternate with grassy savannahs (35).

At N'sele, they naturally consist of grassy savannahs interspersed with gallery forests along the rivers.

Plantations

The two sites differ in terms of their cropping systems (Figure 3). At Mbankana, the *J. curcas* plants were planted in October 2009, under rainfed agriculture conditions with a density of 2,500 shrubs per ha⁻¹. On the other hand, at N'sele, the crops were planted in September 2008 with a density of 2,000 shrubs per ha⁻¹ in an area, in which it is cultivated with spring onions throughout the year (*Allium fistulosum* L.), cultivated on 30 m x 1.2 m beds, and the following fruit species: mango tree (*Mangifera indica* L., 4 trees per ha⁻¹), bush butter tree (*Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam, 10 trees ha⁻¹) and mangosteen tree (*Garcinia mangostana* L., 20 trees per ha⁻¹). At this site, the spring onion plots are irrigated and large quantities of fertiliser are added (0.1 kg of NPK 17-17-17 + 0.1 kg of urea + 1.5 kg of pig manure m⁻² year⁻¹).

The *J. curcas* seedlings planted at the two sites were grown from seeds harvested from subsynchronous shrubs (province of Bandundu) and sown in the nursery. The plantations had been protected by insecticide treatments (dimethoate 40%) between planting and when the tests began.

Identification of insect pests

Apart from crickets, samples of the major insect pests found at the two experimental sites were determined at the Functional and Evolutionary Entomology Unit at Gembloux Agro-Bio Tech - University of Liège, as part of Jonathan Nyst's (25) master thesis on bio-engineering, using the identification keys developed by Delvare & Aberlenc (8), Mike *et al.* (22), Lecoq (20), Launois & Launois-Luong (18), Launois-Luong & Lecoq (19) and Zahradnik (37).

Evaluation of damage caused by crickets

The impact of damage caused by crickets on the replanted seedlings was evaluated over three successive years (from 2009 - 2011) at Mbankana, using a randomised complete block design with young plants planted at the start of the 1st and 2nd two weeks of each month between 1 October - 31 December. The observations focused on 125 plants from each date of planting.

The evaluation involved identifying the number of cut or destroyed plants after 15 days out the total number planted. Fifteen days after being replanted, plants are firmly rooted in the soil and can no longer be dug up or cut down by crickets. The damage caused by crickets was not evaluated at N'sele, as crickets are eaten by the local populations who regularly remove them from their land.

Dynamic of *Apthona* sp., *Stomphastis thraustica* and *Calidea* sp. populations

The dynamic of insect pest populations was evaluated at the sites at Mbankana and N'sele over two years from January 2011 until January 2013. Only the above-mentioned 3 major insect pests were counted. Other insects present on an occasional basis on *J. curcas* plants were identified. The evaluation involved counting the insects present on the shrubs without catching them. In the case of leaf miners, any larvae present on the leaves were counted. The counting time was 5 minutes shrub⁻¹ and was determined after two tests conducted previously. The observations were made between 6.30–11.30 am, with 2 visits month⁻¹, which made it possible to calculate the average number of insects month⁻¹.

At each site, two 0.3 ha plots were selected at random. The first plot (P1) was not given any insecticide treatment, while the second plot (P2) was treated three times year⁻¹ (April, September and December) with dimethoate 40% (1 litre ha⁻¹ treatment⁻¹). On plot P1, which numbered 750 plants at Mbankana and 587 plants at N'sele, 30 plants were selected at random at each observation, in order to count the number of insects shrub⁻¹. No counts were conducted on plot P2, as the number of insecticide treatments used prevents any outbreaks of insect pests on the shrubs.



Figure 3: *J. curcas* plantations.

A (*J. curcas* combined with vegetable crops at N'sele)

B (*J. curcas* cultivated as a sole crop at Mbankana)

Evaluation of the impact of insect pest attacks on the vegetative development of *J. curcas* and yields

The impact of insect pests on *J. curcas* vegetative development was evaluated in two ways. Firstly, by counting the number of leaves on the 3rd branch from the root collar, on 30 plants selected at random on each plot (treated and untreated) twice month⁻¹ (on the 1st and 30th day) throughout the year. This count was conducted between January 2011 and January 2013. Secondly, by measuring, from the beginning (January 2011) until the end of the study (January 2013), the size, number of branches and root collar diameter of the same randomly selected 30 plants from each plot. The impact of the pests on yields was evaluated by comparing yields from all plants on the unprotected plot (P1) with those from the plot that had been protected with an insecticide (P2).

Data processing and analysis

The collected data was processed and analysed using Excel 2010 and MINITAB 16. A variance analysis and average comparison test (LSD: Least Significant Difference) were conducted with a probability threshold of 5%. The linear regression made it possible to check correlations between climatic factors (independent variables) and data on the dynamic of major insect pests on *J. curcas* (dependent variables).

The Student's t-test was conducted in order to compare average data concerning the vegetative development of *J. curcas* (diameter, height and branches).

Results and discussion

Impact of damage caused by crickets on *J. curcas* seedlings

The impact of damage caused by crickets (expressed as a percentage of cut seedlings) on *J. curcas* is shown in figure 4. Attacks by crickets are high after the rains return, with the impact reaching a peak in the second half of November ($30.8 \pm 4.6\%$) and the first half of December ($38.3 \pm 5.5\%$). The variance analysis showed significant differences ($P < 0.05$) in terms of impact of damage caused by crickets recorded during planting periods. Our results are in line with those obtained by Büttiker and Bünzli (7) in Zimbabwe. They confirm that, from June until October, which is the dry season when food is often scarce, the development of crickets is delayed and they reach maturity during the rainy season between November and December. According to Taylor (33), crickets reach adulthood during the rainy season, which coincides with the period from October until December in the Kinshasa region.

Attacks by crickets are more severe in areas with sandy soil (7). Crickets represent one of the major pests for many crops in Africa (33, 36).

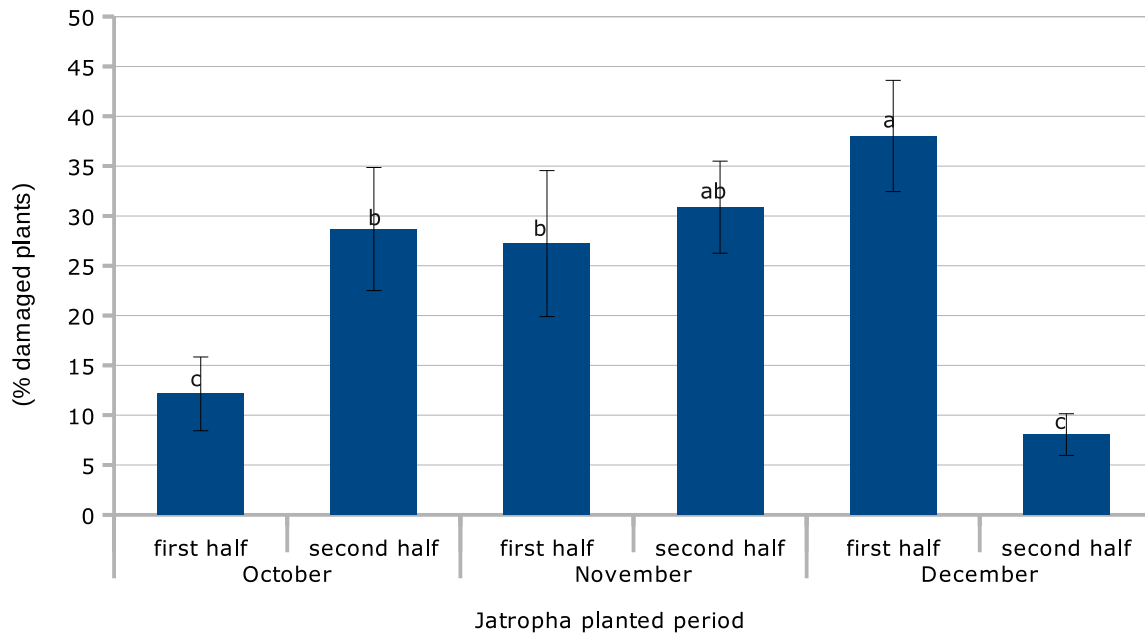


Figure 4: Impact of damage caused by crickets, according to *J. curcas* planting periods.

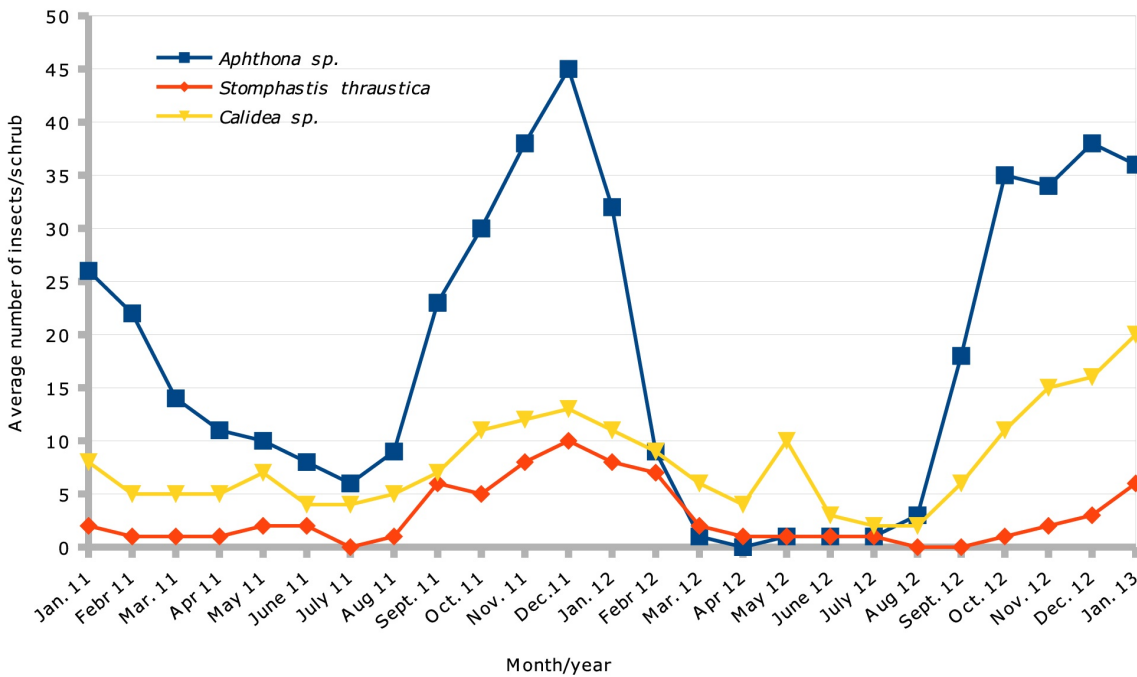


Figure 5: Monthly fluctuations in *Aphthona sp.*, *S. thraustica* and *Calidea sp.* populations at the N'sele site.

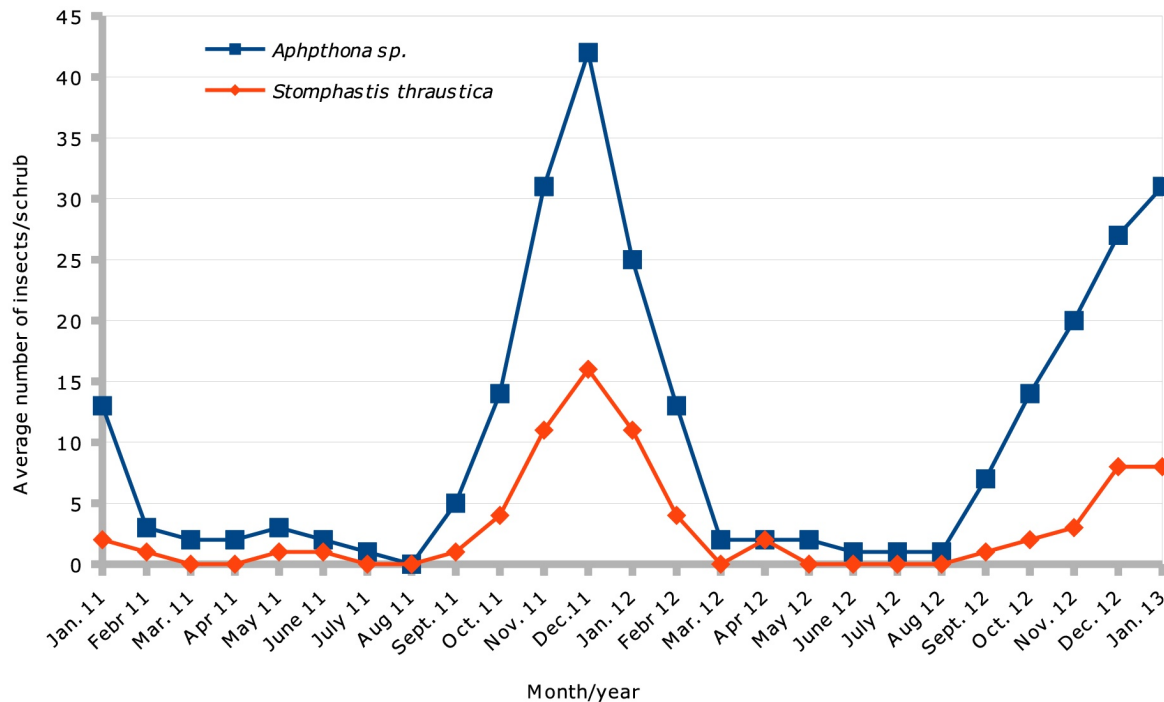


Figure 6: Monthly fluctuations in *Aphthona sp.* and *S.thraustica* populations at the Mbankana site.

At a *J. curcas* plantation (5 ha) situated 80 km from Kinshasa city centre and close to the city of Menkao, over 50% of seedlings were destroyed by crickets 10 days after final planting in October 2010. In China, Li Kun *et al.* (21) show that crickets can cause heavy damage to *J. curcas* crops.

The results of our study show that replanting *J. curcas* between October and December in the Kinshasa region requires a great deal of plant replacement. Significantly lower attack levels (10%) during the first half of October and second half of December make it advisable to plant during these periods. Delaying planting until the second rainy season (March-May) makes it possible to completely avoid attacks from crickets, but is less beneficial for the initial development of the plants, as the favourable period for growth after planting is far shorter.

Dynamic of major insect pests on *J. curcas*

Figures 5 and 6 show the variations in average insect pest populations $\text{shrub}^{-1} \text{ month}^{-1}$, respectively, at the N'sele and Mbankana sites. Two pests are common to both sites covered by the study: flea beetles (*Aphthona sp.*) and leaf miners

(*Stomphastis thraustica*). Shield-backed bugs (*Calidea sp.*) were present at N'sele, but were not observed at Mbankana. Population levels of insect pests on *J. curcas* were affected by marked seasonal variations.

The variance analysis showed significant differences ($P < 0.05$) between average pest populations $\text{shrub}^{-1} \text{ month}^{-1}$. The largest populations can be observed during the wettest time of year (between October and January). On average, there are less than 5 individual insects shrub^{-1} during the rest of the year. At N'sele, however, it should be noted that an increased number of bugs can be observed between April and June, as this period is when the capsules matured, which grow during the 2nd flowering peak. In terms of flea beetles, the largest populations were 41.2 ± 4.9 at N'sele and 33.8 ± 11.3 at Mbankana, while the smallest were 4.4 ± 3.5 at N'sele and 1.3 ± 0.1 at Mbankana. For leaf miners, figures ranged from 1.0 ± 0.1 (April) to 6.7 ± 2.9 (December) at N'sele and 0 (July and August) to 12.2 ± 5.6 (in December) at Mbankana.

The largest *Calidea sp.* populations were 14.9 ± 2.1 individual bugs shrub^{-1} (in December) and smallest populations were 3.1 ± 4 individual bugs shrub^{-1} (in July).

Rainfall was affected by major variations during the year, from 0 mm in July and August to 374.5 ± 142.2 mm in November (Figure 2). At both sites, the pest populations are significantly correlated (positive correlations) with rainfall ($P < 0.05$, $R^2 \geq 50\%$) and very weakly correlated with relative humidity.

Rainfall is an important factor for the development of *J. curcas* (6). Rain and relative humidity impact indirectly on fluctuations (increases and decreases) of major insect pests on *J. curcas*, by influencing the physiological condition of the cultivated plants, due to its availability as a food source (leaves, flowers and fruits) for insects. The temperature and relative humidity saw minor variations during the study period. The relative humidity alone is certainly not sufficient to predict increases or reductions in insect pests. In Kenya, *J. curcas* plantations suffer many problems with pests during the rainy season (26). Kiy indou (17) confirms that rain is an important factor and responsible for fluctuations in homoptera populations in the Congo. The relatively stable temperature has not shown a significant correlation with fluctuations in pest populations ($P > 0.05$). In a study focusing on the dynamic of heteropterans on *J. curcas* in Nicaragua, Grimm and Fuhrer (13) show that the density of populations of these pests varies according to the climatic season. Significant and positive correlations have been identified between the pest populations at each site ($P < 0.05$, $R^2 \geq 80\%$). The link between these pests may be explained by the fact that all of them depend on the availability of food (leaves, flowers and fruits), which is itself influenced by rainfall and relative humidity.

In Africa, according to Franken and Nielsen (10), *Aphthona* sp. causes serious damage to *J. curcas*. Many different species of Scutelleridae can be observed on *J. curcas* in most areas where it is cultivated in Mali, Kenya, etc. (4, 27). Terren *et al.* (34) have observed attacks by *Calidea panaethiopica* Kirkaldy (Heteroptera, Scutelleridae) on *J. curcas* in the lower valley of the Senegal river. In July and August, leaf miners are almost non-existent at Mbankana, after the plants have fully defoliated, but they are present throughout the year at N'sele.

Due to the irrigation at this site, the *J. curcas* plants do not lose all their leaves, which helps the leaf miner and flea beetle populations to remain high.

In order to control these pests, many chemical products are used (Dimethoate, Cypermethrin, Endosulfan, etc.). The best time to control these pests in the Kinshasa region is the end of the dry season. During this period, leaf development is insignificant and the product can easily reach all parts of the plant. This early protection promotes the rapid growth of leaves during the rainy season. In terms of biological control methods, Anitha and Varaprasad (3) show that using commercial solutions containing entomophagous nematodes can destroy flea beetle larvae, which feed on the roots and break the pest cycle. The hymenoptera *Notanisomorphella borborica* Giard and *Apleurotropis lamellata* Kerrich (Hymenoptera, Eulophidae) are major parasitoids of leaf miners in Mozambique (23). The parasitoids *Trissolcus* sp. (Hymenoptera, Platygasteridae), *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. (Hypocreales, Ophiocordycipitaceae) and *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (Hypocreales, Clavicipitaceae) make it possible to reduce bug populations (14).

Impact of attacks by insect pests on the vegetative development of *J. curcas*

The counts conducted at the two sites of the number of leaves present on the 3rd primary branch on the shrubs highlight the fact that the development of leaf cover is directly linked to the rainfall pattern (Figure 7). The different phases of annual defoliation take place immediately after the short dry season, which extends from mid-January until late March, and during the long dry season between mid-May and late September.

The number of leaves is lower on the plots which were not given any insecticide treatment than on those that were treated three times with dimethoate. This very marked difference probably results from major pest attacks, to which the untreated shrubs fall victim. At Mbankana, the untreated shrubs had no leaves at all during the long dry season.

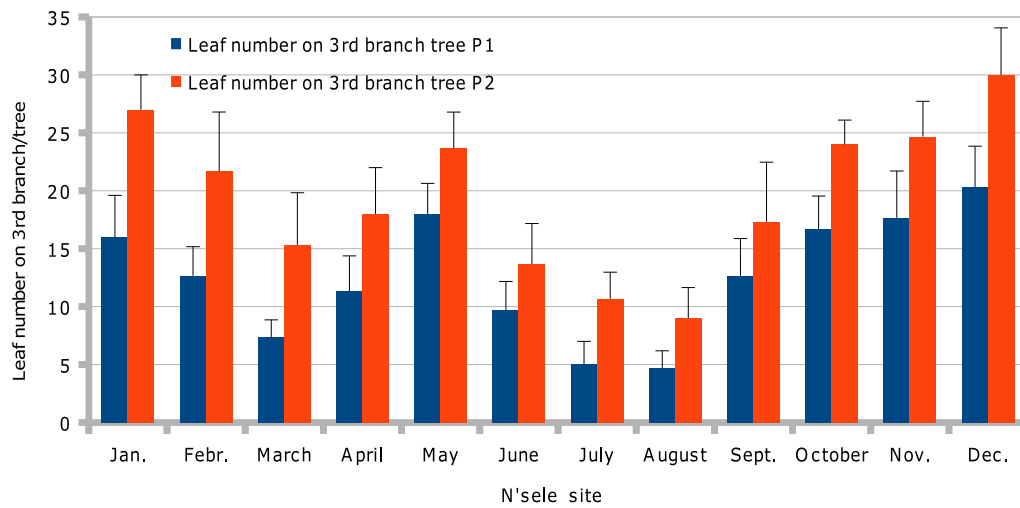
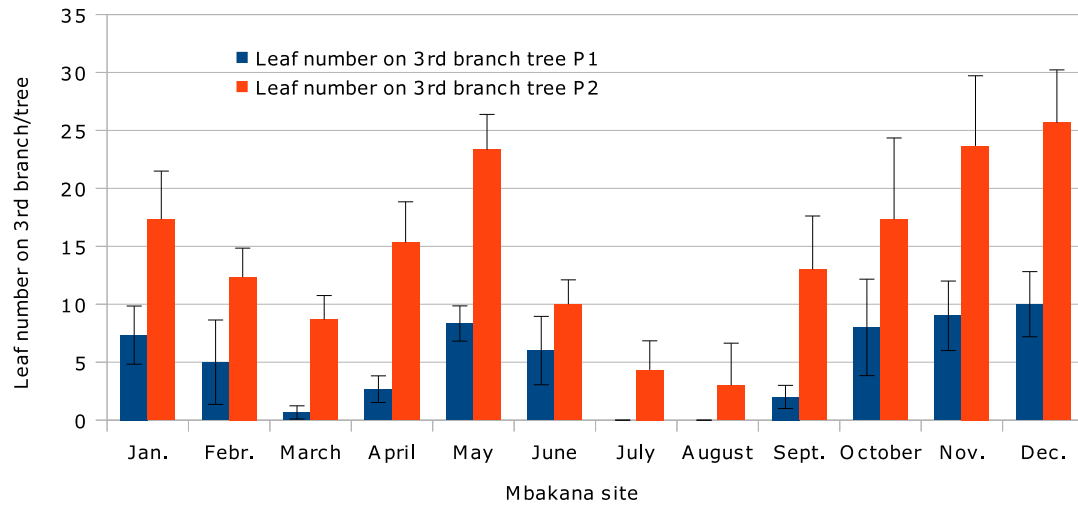


Figure 7: Impact of attacks by insect pests on *J. curcas* foliage.

Table 1
Vegetative development of *J. curcas*.

Plots	January 2011			January 2013		
	Diameter (cm)	Height (m)	Ramification Number	Diameter (cm)	Height (m)	Ramification Number
P1 N'sele	11.0±2.1	1.8±0.2	35.6±4.3	15.1±2.6	2.2±0.3	44.8±5.1
P2 N'sele	12.1±1.8	1.7±0.3	34.2±2.6	18.4±4.5	2.5±0.5	57.3±6.3
	NS	NS	NS	<i>P</i> <0.05	<i>P</i> <0.05	<i>P</i> <0.05
P1 Mbankana	5.5±0.5	1.3±0.1	15.4±3.4	7.2±4.1	1.4±0.7	23.4±4.5
P2 Mbankana	5.9±0.7	1.3±0.1	16.1±2.1	9.1±3.4	1.6±0.8	37.9±5.6
	<i>N.S</i>	<i>N.S</i>	<i>N.S</i>	<i>P</i> <0.05	<i>P</i> <0.05	<i>P</i> <0.05

N.S: non significant; P1= plot not treated with insecticide, P2= plot treated three times year⁻¹ with dimethoate

Table 2
Impact of attacks by insect pests on *J. curcas* seed yields.

Plots	Yield (kg/ha)					
	Year: 2011			Year: 2012		
	1 st peak production	2 nd peak production	Total	1 st peak production	2 nd peak production	Total
P1 N'sele	159	207	366	324	473	797
P2 N'sele	385	563	948	792	1082	1878
P1 Mbankana	9	12	21	16	23	39
P2 Mbankana	77	129	206	167	245	412

1st production peak: April-July. 2nd production peak: September-December

P1= plot not treated with insecticide, P2= plot treated 3 times year⁻¹ with dimethoate

If the plant is fully defoliated and there is no fruit on the shrub, *Apthona* sp. become established on the ends of the branches and devour the leaf buds, by forming a blackish coating, which prevents any new leaves from developing.

The presence of leaves from late April until early June, at the N'sele and Mbankana sites, does not result in an increased number of individual *S. thraustica* and *Apthona* sp. shrub⁻¹ (Figure 5 and Figure 6). A major reduction in the number of leaves shrub⁻¹ caused by flea beetles and leaf miners was also observed by Nyst (25) in another trial conducted close to Mbankana on plants that had not been treated with an insecticide. If insecticide is not applied, some plants can remain fully defoliated for several months. Both at Mbankana and N'sele, plants that were given insecticide treatments showed a significant increase in root collar diameter, height and the number of branches (Table 1). The presence of a blackish crust at the ends of the branches, following major attacks by flea beetles, also explains the low ramification observed on plants that had not been protected by an insecticide.

Ramification is a major factor for *J. curcas* yields, as the flowers form at the ends of the branches (9). The defoliation caused by pests reduces photosynthetic activity in the plant and results in low vegetative development.

Impact of attacks by insect pests on *J. curcas* yields

The application of insecticide treatments makes it possible to increase seed yields during the two annual production peaks, both at Mbankana and N'sele (Table 2). At Mbankana, in the absence of

insecticide treatments, the yield losses caused in the 2nd and 3rd years reached 90% (21 kg ha⁻¹ without spraying and 206 kg ha⁻¹ with spraying in the 2nd year; 39 kg ha⁻¹ without spraying and 412 kg ha⁻¹ with spraying in the 3rd year). At N'sele, on the other hand, the percentage of yield losses on untreated plots is approximately 60%: 366 kg ha⁻¹ without spraying and 948 kg ha⁻¹ with spraying in the 3rd year; 797 kg ha⁻¹ without spraying and 1878 kg ha⁻¹ with spraying in the 4th year. The lower yield losses recorded at N'sele is probably due to large inputs of organic and mineral fertilisers and irrigation, which have a positive effect on the development of the plants, as well as the effect of associated crops, which could contribute to the prevention of attacks by insects. At Mbankana, where *J. curcas* is cultivated as a sole crop, the very low yields obtained are probably due to the poor quality of the soil in terms of nutrients and major role played by phytosanitary problems. Pure cropping systems established on a large scale can encourage outbreaks of pest populations (24, 28). According to Grimm (12), economic damage caused by bugs on *J. curcas* in Nicaragua is estimated at 18.5% of the total seed yield. In reality, leaf miners alone do not pose a threat to crop yields (11), but when they are combined with other pests, the damage can become of economic importance. The development of phytosanitary programmes adapted to the local context is therefore vital for the sustainable cultivation of *J. curcas*.

Other insects present on *J. curcas* in the Kinshasa area

Several insects are occasionally present on *J. curcas* plants. Among these insects, the mealy bug *Phenacoccus* sp. (Hemiptera, Pseudococcidae) has been observed, which attacks leaves and developing fruits, as well as migratory locusts *Locusta migratoria* Linné (Orthoptera, Acrididea) that devour *J. curcas* leaves. The damage caused by these insects was insignificant on the plots observed. However, this does not mean that it will not reach critical thresholds one day. The presence of useful insects has also been observed, such as the praying mantis *Mantis religiosa* Linné (Mantodea, Mantidea) on the plants included in our tests.

In a study conducted by Srinophakun *et al.* (32) in Thailand, mealy bugs were identified as pests on a *J. curcas* plantation. Sahito *et al.* (29) have also found populations of mealy bugs on *J. curcas* on an Indian ecotype and the maximum average number of individual bugs plant⁻¹ was 3.5. Planting *J. curcas* adjacent to cassava fields (*Manihot esculenta* Crantz) must be avoided due to the risk of mealy bugs being transferred from the cassava to the *J. curcas*.

Conclusion

In the Kinshasa region, *J. curcas* crops are subject to pressure from four major insect pests (*B. membranaceus*, *Apthona* sp., *S. thraustica* and *Calidea* sp.), which belong to the following orders: Orthoptera, Coleoptera, Lepidoptera and Heteroptera. Attacks by these pests represent a very important constraint for production.

On the Batéké Plateau, the period when *J. curcas* is planted coincides with cricket outbreaks. Between mid-November and mid-December, 30-40% of plants are destroyed by cricket attacks after being planted.

This percentage is approx. 10% during the first two weeks of October and second two weeks of December. The seed yield losses on plantations cultivated as a sole crop on marginal land on the Batéké Plateau reach approx. 90% if an insecticide does not protect them. These losses amount to 60% in the agroforestry system practised under irrigation at N'selé. The highest average numbers of the main pests (leaf miners, flea beetles, bugs) were observed between October and January, with a peak in December, and the lowest numbers were observed between February and September with the lowest numbers in July. Rainfall has an indirect effect on the fluctuating populations of the main pests affecting *J. curcas* due to its availability as a food source.

The implementation of integrated management methods for these pests must take into account their dynamic throughout the year. The application of bio-pesticides and use of potential natural predators are possible ways forward, which should be explored for the sustainable cultivation of *J. curcas* in the Kinshasa region. Information on the biological parameters of the insect pests and their host plants, in terms of when they feed and lay their eggs, is important for the development of effective alternative strategies aimed at controlling these pests.

Literature

1. Abdoul Habou Z., Haubruge E., Toudou A. & Verheggen F. J., 2013, *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae): Insectes ravageurs et propriétés biocides, *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **17**, 4, 604-612.
2. Abdoul Habou Z., Adam T., Haubruge E. Mergeai G. & Verheggen F.J., 2013, Analyse de la faune entomologique associée au *Jatropha curcas* L. dans la région de Maradi au Sud-Est du Niger, *Faunistic Entomol.*, **66**, 97-107
3. Anitha K. & Varaprasad K.S.N., 2012, *Jatropha Pests and Diseases: An Overview*, Chap. 10. In Carels *et al.* (eds.), *Jatropha*, Challenges for a New Energy Crop: Volume 1: Farming, Economics and Biofuel. DOI 10.1007/978-1-4614-4806-8_10, (10/06/2013).
4. Anonyme, 2011, *Rapport final du projet Evaluation et optimisation du potentiel de développement d'une culture oléagineuse à hautes performances énergétique et environnementale pour la production*

- de biodiesel, le *Jatropha curcas*, Cirad, Enerbio, Fondation Tuck. <http://www.fondation-tuck.fr/resultats/projets/2008/documents-projet-01/2008-P01-rapport-final.pdf>, (16/03/2013).
5. Bisiaux F., Peltier R. & Muliele J-C., 2009, Plantations industrielles et agroforesterie au service des populations des plateaux de Batéké, Mampu, en République démocratique du Congo, *Bois For. Trop.*, **301**, 3, 21-23.
 6. Brittain R. & Lutaladio N., 2010, *Jatropha: a smallholder bioenergy crop. The potential for pro-poor development*. Integrated Crop Management, Vol. 8. Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome, Italy, 114.
 7. Büttiker W.W. & Bünzli G.H., 1958, *Biological Notes on the Cricket, Brachytrupes membranaceus (Drury) (Orthopt., Gryllidae), in Southern Rhodesia*. Bulletin of Entomological Research, 49, 01, 49-57. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S0007485300053426> (About DOI), Published online: 10 July 2009, (07/06/2013).
 8. Delvare G. & Aberlenc H.P., 1989, *Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale: clé de reconnaissance des familles d'insectes*, Montpellier, CIRAD-GERDAT, 302.
 9. Domergue M. & Pirot R., 2008, *Jatropha curcas L.* Rapport de synthèse bibliographique, Cirad, France, 118 . www.fact-foundation.com/media_en/French_Jatropha_Document_Cirad, (10/09/2010).
 10. Franken Y.J. & Nielsen F., 2010, *Plantation establishment and management*. In: *The Jatropha Handbook: From Cultivation to Application*, Eds: Jan de Jongh. Fact Foundation, Netherlands, pp. 8-27.
 11. Ranga Rao G.V., Marimuttu SWani S.P. & Rameshwar Rao V., 2010, *Insect pests of Jatropha curcas L. and their management*. Information bulletin. Patancheru, A.P. 502 324, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 26.
 12. Grimm C., 1996, Utilization of a life table to quantify damages caused by insects on *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae) fruits, *Manejo Integ. Plagas*, **42**, 23-30.
 13. Grimm C. & Fuhrer E., 1998, Population dynamics of true bugs (Heteroptera) in physic nut (*Jatropha curcas*) plantations in Nicaragua, *J. Appl. Ent.*, **122**, 515-521.
 14. Grimm C. & Guharay F., 1998, Control of leaf-footed bug *Leptoglossus zonatus* and shield-backed bug *Pachycoris klugii* with entomopathogenic fungi, *Biocontrol Sci. Techn.*, **8**, 3, 365-376.
 15. Hill D.S., 1983, *Agricultural Insect Pests of the Tropics and their Control*. Cambridge University Press, Cambridge, 746.
 16. Jongschaap R.E.E., Corre W.J., Bindraban P.S. & Brandenburg W.A., 2007, *Claims and facts on Jatropha curcas L.: Global Jatropha curcas evaluation, breeding and propagation programme*. Report 158. (Plant Research International BV, Wageningen. The Netherlands and Stichting Het GroeneWoudt, Laren), 66.
 17. Kiyindou A., 2002, Contribution à l'étude de l'écologie et de la biologie des Homoptères ravageurs des arbres fruitiers et autres plantes I.-Comparaison de l'évolution des populations d'*Aleurodicus dispersus* Russell (Hom.: *Aleyrodidae*) sur agrumes et avocatier en République du Congo. *Tropicultura*, **20**, 3, 135-139.
 18. Launois M. & Launois-Luong M.H., 1989, *Oedaleus senegalensis* (Krauss, 1877) sauteriau ravageur du sahel, Collection Acridologie Opérationnelle (IV), CIRAD/PRIFAS, 36.
 19. Launois M.H.L. & Lecoq M., 1989, *Vade-mecum des criquets du sahel*, Collection Acridologie Opérationnelle (V), CIRAD/PRIFAS, 82.
 20. Lecoq M., 1988, *Les Criquets du sahel*, Collection Acridologie Opérationnelle (I) CIRAD/PRIFAS, 125.
 21. Li Kun, Liu Fang-Yan & Sun Yong-Yu, 2012, *Research Development and Utilization Status on Jatropha curcas in China, New Advances and Contributions to Forestry Research*, Dr. Andrew A. Oteng-Amoako (Ed.), ISBN: 978-953-51-0529-9, In Tech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/new-advances-and-contributions-toforestryresearch/research-development-and-utilization-status-on-jatropha-curcas-in-china>, (5/04/2013).
 22. Mike P., Charles G. & Alan W., 2004, *Field guide to insects of South Africa. Edition Struik*, 443.
 23. Natha S.A. & Olmi M., 2011, Two parasitoids of *Stomphastis thraustica* (Meyrick) (Lepidoptera, Gracillariidae) found for the first time in Mozambique: *Notanisomorphella borborica* (Giard) and *Apleurotropis lamellata* (Kerrich) (Hymenoptera, Eulophidae), *J. Frustula Entomol.*, **33**, 70-75.

24. Nickel J.L., 1973, *Pest situation in changing agricultural systems. A review*, Bull. Entom. Soc. Am., **54**, 18-19.
25. Nyst J., 2010, *Contribution à l'étude des possibilités de culture de Jatropha curcas L. sur le Plateau des Batéké RDC*, Travail de fin d'études présenté en vue de l'obtention de diplôme de master bioingénieur en sciences agronomiques, orientation agronomie tropicale, Université de Liège-Gembloux Agro-Bio Tech, Belgique, 81.
26. Öhman J., 2011, *Cultivation and Management of Jatropha curcas L. by Small holder Farmers in the Kenyan Districts Baringo and Koibatek*. Thesis, Yrkshocskolan Novia University of Applied Sciences, Finland, 92.
27. Otieno B. & Mwangi L., 2009, *Jatropha under attack. A host of insect pests and diseases has been reported in Kenya, Miti*, 4, 28-31.
28. Pimentel D., 1961, Species diversity and insect population's outbreaks, *Ann. Entom. Soc. Amer.*, **19**, 136-142.
29. Sahito HA., Dhilo KH., Mal B. & Memon SA., 2012, Preliminary Studies on Monitoring of Insect Pests and their Natural Enemies on Biodiesel Plant, *Jatropha curcas L., Crown J. Med.*, **2**, 1, 6-14.
30. Schmutterer H., 1969, Pests of crops in the Northeast and Central Africa with particular reference to the Sudan. Fischer, Stuttgart.
31. Shanker C. & Dhyani S. K., 2006, Insect pests of *Jatropha curcas L.* and potential for their management, *Curr. Sci.*, **91**, 2, 162-163.
32. Srinophakun P., Saimaneerat A., Sooksathan I., Visarathanon N., Malaipan S., Kosol Charernsom, & Chongrattanameteekul W., 2011, *Integrated Research on Jatropha curcas Plantation Management*. World Renewable Energy Congress, Sweden, 8-13 May 2011, Linköping, 232-238.
33. Taylor D.E., 1981, The giant or sand cricket, *Zimbabwe Agric. J.*, **78**, 117-118.
34. Terren M., Mignon J., Declerck C., Jijakli H., Savery S., Jacquet de Haveskercke P., Winandy S. & Mergeai G., 2012, Principal Disease and Insect Pests of *Jatropha curcas L.* in the Lower Valley of the Senegal River, *Tropicultura*, **30**, 4, 222-229.
35. Vermeulen C. & Lanata F., 2006, Le domaine de chasse de Bombo-Lumene: un espace naturel en péril aux frontières de Kinshasa. Parcs Réserves, **61**, 2, 4-8.
36. Walangululu J.M. & Mushagalusa G.N., 2000, Les principaux ravageurs des choux pommés (*Brassica oleracea var. capitata subs sabouda*) à Bukavu et ses environs, *Tropicultura*, **18**, 2, 55-57.
37. Zahradnik S., 1984, *Guide des insectes*, Hatier, 264.

J.D. Minengu, Congolese (RDC), PhD, Assistant, University of Kinshasa, Faculty of Agronomy, Kinshasa, RDC.

F. Verheggen, Belgian, PhD, First Assistant, University of Liège Gembloux Agro-Bio Tech, Functional and Evolutive Entomology Unit, Gembloux, Belgium.

G. Mergeai, Belgian, PhD, Professor, University of Liège Gembloux Agro-Bio Tech, Laboratory of Tropical Agroecology and Horticulture, Gembloux, Belgium.

Effet du labour et du mode de bouturage sur les rendements en racines et en feuilles de manioc dans les zones de savane et de jachères forestières de la République Démocratique du Congo

N.M. Mahungu^{1*}, M.A. Ndonga¹, N.A. Frangoie¹ & M.A. Moango²

Keywords: Tillage- Cuttings- Fallow- Soil fertility management- DRC

Résumé

Le manioc couvre plus de la moitié des superficies sous culture en République Démocratique du Congo (RDC) et est consommé de manière permanente par plus de 70% de la population pour ses racines et par environ 80% pour ses feuilles qui constituent un des principaux légumes du pays. La production nationale a connu un revers au début des années 1990 et depuis lors, on a assisté à une réduction arithmétique annuelle de la production du manioc et cela, jusqu'à la mise en chantier en 2010 d'un programme sur la réhabilitation de cette culture. L'objectif principal de ce programme consiste à développer des variétés à haut rendement, résistantes à la mosaïque du manioc (CMD) et aux autres maladies/ravageurs étant donné que la CMD a été identifiée comme la cause majeure responsable des faibles productions enregistrées. Au fur et à mesure que ce programme était exécuté, beaucoup d'autres facteurs sont apparus comme étant très importants pour la relance effective de la production du manioc. Parmi eux, on cite la gestion de la fertilité du sol à partir des apports en fumures et des pratiques culturales capables d'améliorer et de maintenir les capacités productives des sols. C'est dans ce cadre que cette étude a été conduite dans deux zones d'agro-écologie différente du pays (Litoy dans les hinterlands de la ville de Kisangani en zone forestière et le Plateau de Batéké à l'Est de la ville de Kinshasa en zone savanicole). Le sol de Litoy est de texture sablo-argileuse tandis que celui du Plateau des Batéké est composé à plus de 90% de sable. Une évaluation de la production de racines et de feuilles du manioc a montré que le mode de préparation du sol améliorait les rendements de ces denrées dans les sols plus lourds de la zone forestière. Des accroissements de rendement en racines obtenus sont de l'ordre de 45% lorsqu'on

Summary

Effect of Tillage and the Position of Cuttings on Cassava Root and Leaf Yield in the Savanna and Forest Fallow Zones of the Democratic Republic of Congo

In Democratic Republic of Congo (DRC), cassava covers more than half of the area under cultivation and is permanently consumed by more than 70% of the population for its roots and about 80% for its leaves, which are one of the main vegetables in the country. National cassava production suffered a setback in the early 1990s and an annual arithmetic reduction of the cassava production, from this period to the start of a program on the rehabilitation of the crop. The main objective of the program was to develop varieties with high dry yield and resistant to cassava diseases and pests mainly the cassava mosaic disease (CMD) because the latter was identified as the major cause for the low production recorded. As and when the program gained momentum, many other factors appeared to have important role for the effective recovery of cassava production. Soil fertility management and cultural practices are amongst them. This study was conducted in this context in two different agro-ecological zones (Litoy in Kisangani hinterlands in forest zone and Plateau de Batéké at the East of Kinshasa in savannah zone). The soil of Litoy is heavier than the one of Plateau des Batéké whose sand content is higher than 90%. The method of land preparation influenced the production of cassava roots and leaves in the grassy fallows of the forested areas of the Kisangani region. A 45% increase of the root yield was obtained in this area when the soil was plowed.

¹IITA, Kinshasa, R.D. Congo

²Université de Kisangani, Kisangani, R.D. Congo

*Auteur correspondant: Email: N.Mahungu@cgiar.org

Reçu le 29.08.13 et accepté pour publication le 3.10.14

pratique le labour dans les jachères herbeuses de cette zone alors qu'un rendement uniforme de 14 t/ha est obtenu dans les friches, labourées ou non, du plateau des Batéké. La disposition des boutures lors de la plantation n'a pas indiqué de différences statistiques significatives. Cependant, les marges bénéficiaires sont importantes lorsque le labour est utilisé comme mode de préparation du sol dans les jachères de la zone forestière de Kisangani avec 2500 \$/ha contre 1500 \$/ha en sol non labouré.

An stable yield of 14 t/ha was obtained in the Batéké plateau savannah regardless of the land preparation method. The position/orientation of cuttings at planting did not indicate significant statistical differences. However, higher gross profit margins were obtained on plowed land with US\$ 2500/ha compared to US\$1500/ha on no tilled land.

Introduction

La production du manioc en République Démocratique du Congo (RDC) a connu une baisse drastique depuis les années 1990. Cette situation serait à la base de la mise sur pied depuis l'année 2001 d'un programme sur la réhabilitation de la culture du manioc qui, de part son importance constitue la principale culture vivrière du pays. Si au départ de ce programme un accent particulier était mis sur le développement des variétés résistantes aux principales affections du manioc, actuellement, des études de plus en plus nombreuses sont menées sur la gestion des sols et de l'environnement afin d'aboutir à la sédentarisation de systèmes de culture capables de générer des productions optimales pendant des périodes relativement plus longues. Ceci réduirait la pression anthropique sur les écosystèmes naturels. Le manioc, comme toute culture, étant un exportateur des éléments minéraux, ne restitue pas grand-chose au sol et pour une production de 10 tonnes à l'hectare, il soustrait environ 30 kg d'azote, 4 kg de phosphore et 20 kg de potassium (6). Les variétés améliorées actuellement en diffusion en RDC peuvent produire jusqu'à plus de 50 tonnes de manioc frais à l'hectare et dans cette condition, les exportations deviennent plus importantes et peuvent être estimées à 150 kg d'azote, 20 kg de phosphore et 125 kg de potassium à l'hectare (6). Des modes de préparation du terrain et des pratiques culturales étaient mises à contribution pour dégager ceux qui conviennent le mieux pour soutenir la production du manioc en condition de savane et de forêt en RDC. On sait que le labour permet d'ameublir le sol en le rendant plus

perméable pour le développement des racines. Il met aussi à la disposition des racines les éléments minéraux qui étaient entraînés en profondeur par lessivage. Cependant, il détruit la structure du sol et l'expose à un appauvrissement plus accéléré. La culture du manioc, pour un bon développement de ses racines, exige un sol meuble, non gorgé d'eau et perméable. La disposition des boutures dans le sol lors de la plantation influence le taux de reprise, la croissance et le rendement du manioc. On observe chez le manioc que les pieds regarnis ne produisent pas normalement et la position des boutures favorise ou non une bonne reprise après la plantation. Certains auteurs affirment que les boutures plantées obliquement reprennent plus rapidement et favorisent un développement maximal des racines (13) tandis que d'autres, estiment que les boutures plantées horizontalement permettent un bon développement des racines mais nombreuses ne reprennent pas parce que souvent asphyxiée dans le sol lors du processus de reprise (11). Aussi, une faible densité réduit le rendement du manioc quel que soit le potentiel productif des variétés plantées et ainsi, le mode de préparation du sol et de plantation du matériel végétal sont des facteurs déterminatifs de la production du manioc en feuilles et en racines. La plantation à plat sans labour est très pratiquée dans les zones forestières. Cette pratique réduit le coût de production et permet de conserver la structure du sol. Pourtant elle renferme d'énormes inconvénients dans la mesure où elle exige une incinération avant la mise en place de la culture. Dans ce sens, la matière organique essentielle est perdue par calcination et ainsi, le sol est mal organisé et fragile.

En zone de savane, la pratique usuelle de préparation du sol fait intervenir avant tout le feu de brousse qui se fait suivre du défrichage et de la constitution des billons sur lesquels sont plantées les cultures vivrières. Le labour superficiel pratiqué lors de la constitution des billons permet d'une part d'enfouir la matière verte issue de la reprise du couvert végétal après le feu de brousse et d'autre part d'ameublir le sol pour un bon développement des racines du manioc. Par contre, la matière organique est détruite et expose le sol à une perte plus rapide de sa fertilité et à une augmentation de l'acidité de surface (9). De plus en plus, des exploitants (grands et moyens surtout) recourent aussi au labour mécanique. Les pratiques agricoles ont une influence sur la production du manioc en racines et en feuilles.

Suivant qu'elles favorisent l'augmentation ou non du rendement à la récolte, elles permettent aussi de modifier considérablement les profits et pertes économiques. Ainsi une étude a été conduite pour évaluer les possibles interactions entre les pratiques qui sont mises en comparaison et de dégager les alternatives qui peuvent permettre d'accroître la production du manioc même dans les conditions des sols marginaux.

L'étude a poursuivi les objectifs suivants:

- évaluer quantitativement et qualitativement la production du manioc en feuilles et en racines suivant le mode de préparation du sol et la profondeur de plantation des boutures
- identifier les pratiques agricoles les plus performantes parmi celles testées et suivant les zones agro-écologiques de l'étude
- déterminer la rentabilité économique des pratiques agricoles utilisées.

Matériel et méthodes

Matériel végétal et milieu

Deux variétés de manioc désignées pour le type de leur port étaient soumises aux différents modes de préparation du sol et de la disposition de plantation des boutures de manioc. Les essais étaient installés sur deux sites d'agro-écologies différentes c'est-à-dire en zone de forêt de Kisangani à Litoy (00°42,464 Nord, 25°14,237 Est, altitude 420 m)

appartenant au type A_f dans la classification de Köppen et au Plateau de Batéké dans l'hinterland de la ville de Kinshasa (04°32,228 Sud, 16°09,896 Est, altitude 695 m) appartenant au climat du type A_{w2} dans la classification de Köppen. Les conditions des pluies et des températures qui ont prévalu durant la période expérimentale ont montré une période relativement plus sèche entre le mois de janvier et mars 2012 en zone de forêt, tandis que dans la zone savanicole, la période sèche s'était étalée de juin à septembre et une autre avec pluies abondantes, entre novembre 2012 et janvier 2013.

Dispositif expérimental

L'essai était conduit suivant un dispositif multifactoriel en parcelles divisées (2 x 3 x 2 x 2), soit 24 traitements repartis sur 4 répétitions de manière aléatoire. Les facteurs observés étaient:

- le mode de préparation du sol à deux niveaux: le labour et le non-labour
- la disposition des boutures dans le sol pendant la plantation à trois niveaux: l'horizontal, l'oblique et le vertical
- les variétés de manioc suivant le type de port, deux niveaux: le port dressé et le port ramifié
- la récolte des feuilles à deux niveaux: sans récolte et la récolte tous les deux mois à partir du quatrième mois. Un total de quatre récoltes était réalisé durant le cycle végétatif du manioc.

Collecte des données

Les données prises à 12 mois après plantation ont permis de dégager le rendement à partir des dimensions des racines, du nombre de pieds récoltés et du poids moyen de racines par pieds. La détermination de la matière sèche des racines et des feuilles a servi pour évaluer le poids sec et était réalisée par la voie sèche (étuve) suivant la formule I.

$$MS(\%) = \frac{P_s}{P_f} * 100 \quad I$$

avec MS= Matière sèche, P_s= Poids sec et P_f= Poids frais. Les valeurs obtenues pour les racines étaient comparées à la méthode densimétrique de détermination de la teneur en matière sèche et en amidon.

Le principe étant de peser à l'air libre environ 5 kg de manioc frais puis repeser la même quantité submergée dans l'eau à l'aide d'une balance à précision. On obtient le Poids spécifique (PS) par la formule II.

$$PS = \frac{P_{air}}{P_{air} - P_{eau}} \quad \text{II}$$

avec PS = Poids spécifique, P_{air} = Poids air et P_{eau} = Poids eau.

Les valeurs des teneurs en matière sèche et en amidon s'obtiennent par les formules III et IV:

$$\text{Matière sèche (\%)} = 158,3 * PS - 142 \quad \text{III}$$

$$\text{Amidon (\%)} = 112,1 * PS - 106,4 \quad \text{IV}$$

Analyses statistiques

La compilation au champ est réalisée sur Excel à partir des tablettes numériques (I Pad) et les analyses statistiques ont été réalisées par l'utilisation des applications avancées du programme Excel (les formules mathématiques et trigonométrie, les fonctions statistiques et l'utilitaire complémentaire d'analyse) et par le logiciel GenStat 5ème édition Stern et al. (14). Les graphiques ont été réalisés à partir des Microsoft-office Excel et GenStat.

Analyse de la rentabilité économique

L'étude de la rentabilité économique a été faite par la méthode de Taux Marginal de Rentabilité (TMR) conformément aux recommandations du manuel méthodologique d'évaluation économique de CYMMIT (5). La méthode utilisée pour trouver la rentabilité économique comprend pour chaque site les étapes suivantes:

L'élaboration d'un budget partiel pour chaque traitement (nous avons considéré uniquement les traitements du mode de préparation du sol et les différentes positions des boutures). Ceci comprend à son tour les sous-étapes suivantes:

- L'estimation de la valeur de la production (produit brut) correspondant aux différents traitements incorporés dans l'essai.

- L'énumération des différents intrants et/ou opérations utilisés et l'estimation de leur valeur.
- Le calcul du revenu net (égal au produit brut diminué de la valeur des intrants utilisés, sauf le capital) pour chaque traitement.
- Le calcul, pour chaque traitement, du taux marginal de rentabilité (TMR), c'est-à-dire du rapport du bénéfice net additionnel aux coûts additionnels entraînés par l'adoption de niveaux croissants de l'intrant. Autrement dit, une mesure de ce que gagne le paysan en terme de revenu net quand il dépense des sommes de plus en plus importantes pour produire.

Le TMR acceptable que nous avons considéré pour la rentabilité de l'exploitant moyen est celui recommandé par le CIMMYT, soit 0,5 (5).

Résultats

Le rendement en racines

Les données de rendements obtenus sur sol préparé avec le labour et sur sol non labouré, sur la disposition de plantation de boutures de manioc et sur deux variétés de manioc Obama et Mvuama ont permis d'analyser les données suivant une analyse de la variance à trois critères de classification (ANOVA 3). On a dégagé des interactions entre les facteurs observés. En plus, les plus petites différences significatives entre les moyennes étaient ressorties à partir des écarts-types et des déviations standards des variables analysées. Les moyennes observées suivant les paramètres évalués sont pour Lito (écologie forestière) de 39,2 t/ha pour les friches labourées; 27 t/ha pour celles non labourées. Dans ce site, il ressort des différences statistiquement significatives lorsqu'on compare la pratique du labour au non labour. Des moyennes respectives de 33,9 t/ha; 30,6 t/ha et 34,8 t/ha sont obtenues suivant que les boutures sont plantées en horizontale, en oblique et en verticale et les analyses statistiques n'ont pas indiqué des différences significatives par rapport à ces différents modes de plantation des boutures dans la jachère forestière.

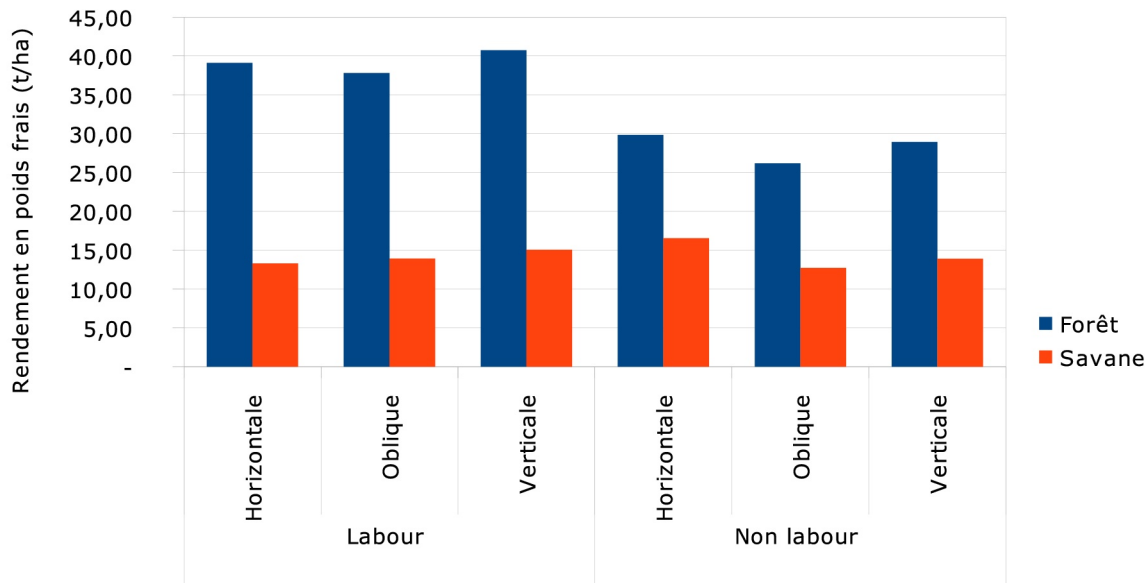


Figure 1: Rendement du manioc suivant le mode de préparation du sol (labour ou non) et le mode de plantation des boutures (en t/ha).

Les deux variétés de manioc comparées ont indiqué des différences significatives entre elles et les moyennes respectives obtenues sont de 29,3 t/ha pour Obama (port érigé) et 36,9 t/ha pour Mvuama (port ramifié). Au Plateau de Batéké (écologie savanicole), les moyennes obtenues en ce qui concerne le mode de préparation du sol n'ont pas montré des différences significatives et sont de 14,1 t/ha et 14,4 t/ha respectivement pour le labour et pour le non-labour. En ce qui concerne le mode de plantation des boutures, on ne décèle pas des différences statistiquement significatives entre les moyennes (Figure 1). Elles sont de 14,9 t/ha pour la plantation en horizontale; 13,3 t/ha pour la plantation en oblique et 14,4 t/ha pour la plantation en verticale. Les variétés de manioc comparées entre elles, n'ont pas montré des différences significatives en ce qui concerne leur rendement. Les moyennes obtenues sont de 12,1 t/ha pour la variété érigée (Obama) et 14,8 t/ha pour la variété ramifiée (Mvuama).

Rendement en racines du manioc par rapport à la récolte des feuilles

A Lito, La récolte ou non des feuilles de manioc n'a pas fait ressortir des différences significatives. En sol labouré, les rendements obtenus étaient de 40,3 t/ha lorsque les feuilles n'étaient pas récoltées

contre 38,1 t/ha avec une intervention des quatre récoltes des feuilles. Dans le sol non labouré, les rendements respectifs étaient de 28,2 t/ha et 28,4 en condition de récolte et non récolte des feuilles (Figure 2). Au Plateau de Batéké, on a aussi observé que la récolte des feuilles n'avait pas influencé significativement le rendement en racines de manioc. Les moyennes observées n'étaient pas statistiquement différentes dans ce site (savane) et étaient respectivement de 12,6 t/ha et 11,7 t/ha sans et avec récolte des feuilles en sol labouré et de 15,4 t/ha et 14,1 t/ha sans et avec récolte des feuilles en sol non labouré. De manière générale, il ressort que la récolte de feuilles n'a pas influencé le rendement en racines tant en savane (Plateau de Batéké) qu'en forêt (Lito).

Le rendement en feuilles de manioc

La production moyenne des feuilles de manioc était de 1 t/ha au Plateau de Batéké et était de 1,1 t/ha à Lito. Au Plateau de Batéké, les pratiques culturales (labour ou non) et les modes de plantations des boutures (horizontale, oblique et verticale) n'ont pas fait modifier de manière significative le rendement en feuilles de manioc. Les moyennes sont de 0,9 t/ha en sol labouré et 1,0 t/ha en sol non labouré.



Figure 2: Rendement en feuilles obtenus dans les 2 sites (Lito et Plateau de Batéké) suivant la préparation du sol, le mode de plantation des boutures et les variétés de manioc.

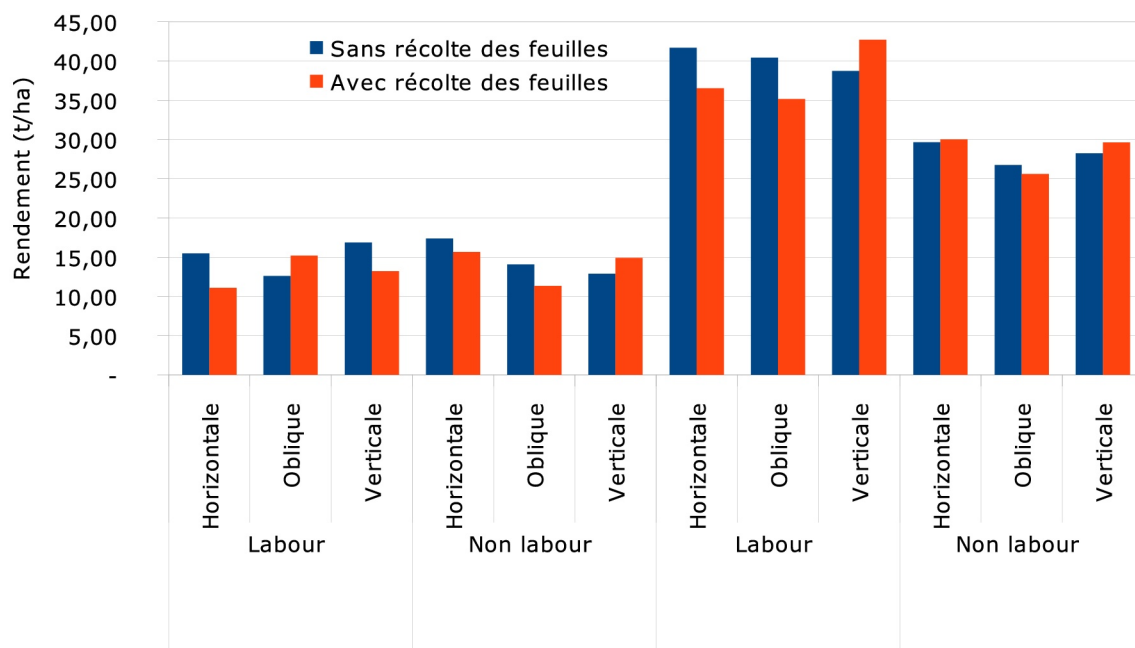


Figure 3: Rendement de manioc en racines fraîches (t/ha) avec et sans récolte des feuilles suivant le mode plantation des boutures et le type de préparation du sol à Lito et au Plateau de Batéké.

Tableau 1

Marges brutes et Taux marginal de rentabilité (TMR) dans les 2 sites avec et sans récolte des feuilles (Lito y et Plateau de Batéké).

Préparation du sol	Mode de plantation des boutures	TMR		Marge brute (\$ US)	
		Lito y	Plateau de Batéké	Lito y	Plateau de Batéké
Labour	Horizontale	-0,58	-0,49	3696,1	1259,74
	Oblique	-0,58	0,39	3560,42	879,59
	Verticale	0,59	-0,4	3376,14	1441,78
Non labour	Horizontale	0,13	-0,16	2463,31	1509,71
	Oblique	-0,09	-0,29	2148,58	1073,64
	Verticale	0,25	0,32	2310,39	916,68
	Moyenne	-0,05	-0,1	2925,82	1180,19

Ces moyennes étaient aussi évaluées à 1,0 t/ha; 0,9 t/ha et 1,1 t/ha respectivement lorsque les boutures étaient plantées soit horizontalement, soit obliquement et soit encore verticalement. En rapport avec les variétés de manioc, on n'a pas décelé des différences statistiquement significatives sur la production des feuilles et les moyennes obtenues sont de 0,9 et 1,1 t/ha respectivement chez la variété érigée et la variété ramifiée. A Lito y, on a observé que le rendement en feuilles de manioc était positivement influencé par la pratique du labour (Figure 3). Les moyennes respectives de rendement étaient de 1,2 t/ha en sol labouré et de 1,0 t/ha en sol non labouré; le type de port (variété) et le mode de plantation des boutures n'ont pas indiqué des différences statistiquement significatives et les moyennes étaient de 1,3 t/ha et 1 t/ha respectivement pour la variété érigée (Obama) et la variété ramifiée (Mvuama). Les moyennes de 1,2 t/ha; 1,1 t/ha et 1,1 t/ha respectivement pour les positions horizontale, oblique et verticale étaient aussi obtenues (Figure 3).

Relation entre les facteurs

A Lito y, les rendements sont plus importants dans les parcelles labourées quelle que soit la position des boutures dans le sol. Des différences hautement significatives sont obtenues suivant que les boutures sont plantées en sol labouré qu'en sol non labouré quel que soit le mode de bouturage. Les moyennes étaient de 39,1 t/ha; 37,8 t/ha et 40,7 t/ha respectivement pour le mode plantation

des boutures en horizontale, en oblique et en verticale dans la friche labourée et de 28,6 t/ha; 23,4 t/ha à 28,9 t/ha respectivement lorsque les boutures sont plantées horizontalement, obliquement et verticalement dans la friche non labourée. Au Plateau de Batéké cependant, on n'observe pas des différences significatives dans la combinaison type de préparation du sol (labour ou non) et mode de plantation des boutures. Les moyennes respectives de rendement sont 12,4 t/ha; 12 t/ha et 11,9 t/ha en sol labouré suivant que les boutures sont plantées horizontalement, obliquement et verticalement. En sol non labouré, ces moyennes sont de 15 t/ha; 14,1 t/ha et 15,2 t/ha suivant que les boutures sont plantées horizontalement, obliquement et verticalement (Figure 2). De la même manière, les rendements varient entre les variétés et sont statistiquement différents lorsque la variété est plantée dans un sol labouré ou non. Dans la jachère forestière, Obama (érigé) a donné 33,9 t/ha en sol labouré contre 24,6 t/ha en sol non labouré et Mvuama (ramifié) a produit 44,5 t/ha en sol labouré contre 29,3 t/ha en sol non labouré. Cependant dans la savane, Obama a donné 11,5 t/ha en sol labouré et 12,7 t/ha en sol non labouré, et Mvuama a donné 12,8 t/ha en sol labouré contre 16,8 t/ha en sol non labouré. Dans la jachère forestière (Lito y), le mode de plantation des boutures a donné des différences statistiquement significatives par rapport aux variétés de manioc.

On observe que la variété Obama s'est bien comportée lorsqu'elle était plantée horizontalement (31,5 t/ha), son rendement décroît lorsqu'elle est plantée verticalement (29,7 t/ha) et décroît davantage lorsqu'elle est plantée obliquement (26,5 t/ha). Chez la variété Mvuama, le rendement est plus grand lorsqu'elle est plantée horizontalement (40 t/ha), il diminue lorsqu'elle est plantée en position horizontale (36,2 t/ha) et diminue davantage lorsqu'elle est plantée obliquement (34,6 t/ha). En savane cependant, les différences de l'interaction variété x mode de plantation des boutures ne sont pas statistiquement significatives. Les moyennes sont de 11,5 t/ha; 11,2 t/ha et 13,6 t/ha respectivement lorsqu'Obama est plantée horizontalement, obliquement et verticalement. Ces moyennes sont de 15,9 t/ha; 14,1 t/ha et 15,2 t/ha lorsqu'il s'agit de Mvuama plantée horizontalement, obliquement et verticalement de manière respective.

Rentabilité économique des systèmes de cultures

La marge bénéficiaire brute et les taux marginaux de rentabilité (TMR) calculés en rapport avec les rendements en racines obtenus par la récolte ou non des feuilles de manioc utilisées comme légumes commercialisables sont illustrés dans la figure 4. Suivant le mode de préparation du sol (labour et non labour) et le mode de plantation des boutures, les données des marges des bénéfices obtenues à Litoï et au Plateau de Batéké sont clairement indiquées dans le tableau 1. Les moyennes sont de 2925,8 \$/ha à Litoï et de 1180 \$/ha au Plateau de Batéké. En comparant les modes de cultures, ces moyennes sont pour ce qui concerne le site de Litoï, de 3544,2 \$/ha en sol labouré et de 2307,4 \$/ha pour le sol non labouré. Au Plateau de Batéké, on a des moyennes de 1193,7 \$/ha en sol labouré et de 11667 \$/ha en sol non labouré. Les résultats obtenus lorsqu'on compare la disposition de plantation des boutures indiquent 3079,7 \$/ha; 2854,5 \$/ha et 2843,3 \$/ha respectivement lorsque les boutures sont plantées horizontalement, obliquement et verticalement à Litoï. Au Plateau de Batéké, les moyennes respectives sont de 1384,7 \$/ha; 976,6 \$/ha et 1179,2 \$/ha pour la position horizontale, oblique et verticale.

Discussion

Le labour et le non-labour

Il se dégage une différence statistiquement significative pour ce qui concerne l'utilisation du labour. Dans les jachères forestières, cette pratique a permis un accroissement de rendement évalué à 45,2% par rapport à la technique usuelle de préparation de sol telle que utilisée par les paysans et les grands exploitants du manioc. Le labour a permis d'ameublir le sol pour un bon développement des racines. Il augmente le «turn-over» de la matière organique du sol en favorisant l'aération et la porosité du sol (2). L'incorporation de la matière organique verte a contribué dans l'enrichissement de la fraction organique du sol et ainsi, il y a lieu de penser à une bonne combinaison avec les colloïdes minéraux (1). Ces conditions favorisent la formation du complexe absorbant du sol et permettent une amélioration de la fertilité. Le labour mécanique constitue un moyen efficace de désherbage et limite les travaux de sarclage, cette condition participe à la réduction de la concurrence nutritionnelle occasionnée par les mauvaises herbes et permet un accroissement effectif du rendement à la récolte (12).

Cependant, il y a à s'interroger sur l'impact de cette technique sur la biodiversité du sol, sa fertilité biologique (potentialités agronomiques liées à l'activité biologique des sols), son état sanitaire, ses impacts environnementaux et sur sa capacité de résilience de l'agro-écosystème (4). Sur le sol sablonneux et en savane du site de Plateau de Batéké, l'application du labour n'a pas influencé le rendement du manioc. On note que le sol de ce site est d'une granulométrie grossière (sablonneux). Le rôle alloué au labour ne se justifie donc pas dans ce genre de texture.

La disposition de boutures lors de la plantation

La plantation des boutures suivant les différentes positions n'a pas indiqué des différences statistiquement significatives. A Litoï et au plateau de Batéké, la tendance semble être la même en ce qui concerne les rendements obtenus suivant la position des boutures lors de la plantation avec un rendement beaucoup plus faible lorsque les boutures sont plantées obliquement.

Pourtant, on a constaté des différences dans l'enracinement suivant le mode de plantation des boutures et on a observé que l'enfoncement à l'oblique de la bouture dans le sol provoque une concentration plus forte des axes racinaires en avant du plant (13). Les sols sous l'expérimentation étant à prédominance sablonneuse dans les deux sites, la plantation à la position verticale a été plus avantageuse à Lito. Au Plateau de Batéké, c'est la plantation à l'horizontale qui a prédominé et semble-t-il que le choix de la position des boutures lors de la plantation doit tenir compte de la structure du sol et que le bouturage vertical convient au sol sablonneux tandis que dans les sols limoneux, le bouturage horizontal est probablement la meilleure méthode (3).

Rendement en feuilles et en racines

La production des feuilles est une grande activité en RDC. L'intérêt de la valorisation des feuilles de manioc se justifie grâce à l'apport protéique qu'elles fournissent dans les plats coutumiers et traditionnels du Congolais en particulier (8). Les moyennes de rendement en feuilles obtenues à Lito et au Plateau de Batéké ont oscillé autour de 1 t/ha et la comparaison entre les moyennes n'a pas indiqué des différences significatives. Ces moyennes sont relativement très faibles puisqu'à Mvuazi (RDC), on avait obtenu jusqu'à 10,2 t/ha des feuilles avec la variété Mpelolongi (8). Néanmoins, il faudra préciser que le clone idéal devra avoir un développement rapide de feuilles entre la plantation et l'initiation des racines tubéreuses et devra après maintenir un indice de surface foliaire optimum pendant une longue période. En d'autres termes, la production des feuilles pourra dépendre de la capacité du clone à fournir des repousses secondaires ou tertiaires. Les variétés testées dans cette étude, n'ont pas été soumises à cette évaluation. Cependant, les productions des feuilles trouvées à Mvuazi aurait connu une erreur d'unité et ainsi, ont semblé beaucoup trop élevées car il apparaît très aberrant qu'un pied de manioc puisse produire jusqu'à 340 g des feuilles par récolte (8). En comparant la production des racines dans les surfaces où les feuilles étaient récoltées et dans celles où on n'a pas opéré la récolte des feuilles, on

n'a pas décelé des différences entre les traitements appliqués. La récolte des feuilles tous les deux mois n'a pas affecté le rendement du manioc en racines et dans les deux sites. Il ressort qu'une récolte mensuelle des feuilles réduit significativement la production alors qu'une récolte bimensuelle ne l'affecte pas beaucoup par rapport à la non-cueillette (10). C'est pour cette raison que nous recommandons de ne cueillir les feuilles que tous les 2 ou 3 mois pour avoir une bonne production tant en feuilles qu'en racines.

Conclusion

Les jachères herbeuses de plus en plus nombreuses dans les zones forestières sont quasi-inexploitées et peuvent être valorisées en procédant au labour mécanique comme mode de préparation du terrain. Les accroissements de rendement qu'on obtient par cette pratique ainsi que les marges des bénéfiques sont économiquement plus rentables par rapport à la pratique usuelle de l'agriculture itinérante sur brûlis sans travail du sol. Le rendement obtenu avec le labour sur friche herbeuse peut permettre aux exploitants de protéger la forêt. Dans les savanes et surtout dans les régions où prédomine le sable, cette opération est inefficace et n'est pas à recommander. Elle occasionne un coût marginal important sans induire une augmentation de la production de racines et de feuilles par rapport à ce qui est obtenu sans labour. Les boutures peuvent être disposées soit horizontalement, soit obliquement ou soit encore verticalement et n'influencent pas statistiquement le rendement du manioc en racines et en feuilles. A Lito, la variété Mvuama a particulièrement bien répondu en sol labouré (44,5 t/ha) et peut servir de référence dans des études qui seront menées ultérieurement. La récolte des feuilles était effectuée tous les deux mois à partir du quatrième mois et n'avait pas modifié la production des racines. Toutefois, on a obtenu des rendements en feuilles relativement faibles et estimés autour d'une tonne par ha dans les deux sites. Pourtant des rendements beaucoup plus importants, allant jusqu'à plus de 10 t/ha, furent obtenus dans des études antérieures.

Remerciements

Cette étude a été conduite grâce au concours scientifique du staff de l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) en République Démocratique du Congo et nous restons reconnaissants à l'USAID pour le soutien financier sans lequel cette étude ne serait pas réalisée.

Références bibliographiques

1. Andrade D.S., Colozzi-Filho A. & Giller K.E., 2003, *The Soil Microbial Community and Soil Tillage*, p. 51-81, In: A. El Titi, ed. *Soil Tillage in Agroecosystems*. CRC Press LLC, Boca Raton.
2. Balesdent J., Chenu C. & Balabane M., 2000, Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil Tillage Res.*, **53**, 215-230.
3. Braima J., Yaninek J., Tumenteh A., MArroya N, A.G.O Dixon., Salawu R. & Kwarteng J., 2000, *Comment démarrer un champ de manioc*. IITA 2000, ISBN - 131-181 - 9.
4. Chaussod R., Houot S., Guiraud G. & J.M. Hetier, 1988, *Size and turn-over of the microbial biomass in agricultural soils: laboratory and field experiments*. p. 312-326, In: J. Smith, ed. *Nitrogen Efficiency in Agricultural Soils*. Elsevier Appl. Sci., Conant R.T., Easter M., Paustian K., Swan A. & S. Williams. 2007. Impacts of periodic tillage on soil C stocks: A synthesis. *Soil Tillage Res.*, **95**, 1-10.
5. CIMMYT, 1989, *Formulation de recommandations à partir de données agronomiques Programme d'économie: Manuel méthodologique d'évaluation économique*. Edition totalement révisée. Mexico, D.F., Mexique: CIMMYT p. 12, 34-35 et 52
6. Egle K., Guyot M., Tetevi K., Raffailac J.-P. & Adjaley- Bahun E.A., 1994, *Étude de la variabilité des composantes du rendement du manioc en fonction de la fertilité du sol*, 122.
7. Fukuda W.W.G., Guevara. C.L., Ferguson M.E. & KAwuti R., 2006, *Descriptors for cassava morphological characterization*, 27, IITA publications
8. Lutaladio N.B., 1983, *Évaluation des clones de manioc pour la production des feuilles «Pondu» au Zaïre. Plantes-Racines et Tubercules, Culture et emplois en Afrique*, 4.
9. Maldague M., 2007, *Traité de Gestion de l'environnement tropical Tome I*. Développement Intégré des régions tropicales. Approche systémique - Notions - Concepts - Méthodes. Fascicule I - 3. Mécanismes de la fertilité des sols tropicaux et rapports avec les pratiques agricoles, 18
10. Mwangalalo K.A, Naku M. & Ruhigwa M., 1987, *Étude de l'influence du type de bouture et de la récolte des feuilles sur la qualité des tubercules de manioc (Manihot esculenta Crantz c.v. « F46 »)*, *Tropicultura*, **5**, 5, 133-136.
11. Onwuene I.C., 1978. Evaluation of the performance of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) when grown from inverted stem cuttings, *J. Agric. Sci. Camb.*, **90**, 140-156.
12. Pirot, R., 1997, *La mécanisation de la culture du manioc*, CIRAD-SAR 1-11
13. Raffailac J.-P. & Nedelec G., 1993, *Enracinement de la bouture de manioc (Manihot esculenta Crantz) au cours des premières semaines de croissance*
14. Stern R., Buysse W. & Coe R., 2001, *GenStat Edition Discovery pour Usage Quotidien*. Traduit par Amini Mutaganda. ICRAF Nairobi, Kenya, 122.

N.M. Mahungu, Congolais (RDC), PhD, Chercheur, IITA, Kinshasa, R.D. Congo

M.A. Ndonda, Congolais (RDC), DES, Chercheur associé, IITA, Kinshasa, R.D. Congo

N.A. Frangoie, Congolais (RDC), Ir, Chercheur associé, IITA, Kinshasa, R.D. Congo

M.A. Moango, Congolais (RDC), PhD, Professeur, Université de Kisangani, Kisangani, R.D. Congo.

Paramètres de croissance et d'exploitation de la carpe blanche *Pomadasys jubelini* (Cuvier, 1830) dans les complexes lagunaires de Grand-Lahou, Ebrié et Aby (Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest)

M. Bodji Iridjé^{1,2*}, J. Konan Kouadio², I. Ouattara Nahoua¹ & C. Atsé Boua²

Keywords: *Pomadasys jubelini* -Growth- Mortality- Recruitment- Ivory Coast

Résumé

Les paramètres de croissance et d'exploitation de *Pomadasys jubelini* (Cuvier, 1830) ont été étudiés dans les lagunes de Grand-Lahou, Ebrié et Aby entre janvier 2007 et décembre 2008. Au total 2284 poissons ($8,50 \leq LF \leq 32,70$ cm) ont été examinés. Les données de fréquences de longueurs mensuelles ont été analysées avec le logiciel FiSAT. La structure démographique de *P. jubelini* est composée de jeunes individus avec une croissance allométrique majorante. Les paramètres obtenus sont $L_{\infty} = 33,60$ cm; $K = 0,53 \text{ an}^{-1}$; $t_0 = -0,30$ an; $\phi' = 2,78$; $M = 1,10 \text{ an}^{-1}$; $F = 0,26 \text{ an}^{-1}$; $E = 0,19$ en lagune de Grand-Lahou, $L_{\infty} = 31,50$ cm; $K = 0,56 \text{ an}^{-1}$; $t_0 = -0,29$ an; $\phi' = 2,75$; $M = 1,21 \text{ an}^{-1}$; $F = 0,63 \text{ an}^{-1}$; $E = 0,34$ en lagune Ebrié et $L_{\infty} = 31,50$ cm; $K = 0,57 \text{ an}^{-1}$; $t_0 = -0,28$ an; $\phi' = 2,74$; $M = 1,22 \text{ an}^{-1}$; $F = 0,71 \text{ an}^{-1}$; $E = 0,37$ en lagune Aby. *Pomadasys jubelini* est plus exploité en lagune Aby. Un maximum de recrutements de jeunes individus est enregistré en juillet dans les lagunes de Grand-Lahou et Ebrié et en mai dans la lagune Aby.

Summary

Growth and exploitation parameters of the Sompat grunt *Pomadasys jubelini* (Cuvier, 1830) in Grand-Lahou, Ebrié and Aby lagoons complex (Ivory Coast, West Africa)

The growth and exploitation parameters of *Pomadasys jubelini* (Cuvier, 1830) were studied from January 2007 to December 2008 in Grand-Lahou, Ebrié and Aby lagoons. A total of 2284 specimens (8.50 to 32.70 cm FL) were examined. Length-frequency data collected were analyzed with FiSAT software (FAO-ICLARM Fish Stock Assessment Tool). The demographic structure of *P. jubelini* was composed of young individuals with a majorant allometric growth. Estimation of growth and exploitation parameters gave: $L_{\infty} = 33.60$ cm; $K = 0.53 \text{ year}^{-1}$; $t_0 = -0.30 \text{ year}$; $\phi' = 2.78$; $M = 1.10 \text{ year}^{-1}$; $F = 0.26 \text{ year}^{-1}$; $E = 0.19$ in Grand-Lahou lagoon, $L_{\infty} = 31.50$ cm; $K = 0.56 \text{ year}^{-1}$; $t_0 = -0.29 \text{ year}$; $\phi' = 2.75$; $M = 1.21 \text{ year}^{-1}$; $F = 0.63 \text{ year}^{-1}$; $E = 0.34$ in Ebrié lagoon and $L_{\infty} = 31.50$ cm; $K = 0.57 \text{ year}^{-1}$; $t_0 = -0.28 \text{ year}$; $\phi' = 2.74$; $M = 1.22 \text{ year}^{-1}$; $F = 0.71 \text{ year}^{-1}$; $E = 0.37$ in Aby lagoon. *Pomadasys jubelini* stock was more exploited in lagoon Aby than in the other lagoons. The maximum recruitment was observed from July in Grand-Lahou and Ebrié lagoons and May in Aby lagoon.

¹ Centre de Recherche Océanologique, Abidjan, Côte d'Ivoire.

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

* Auteur correspondant: Email: bodjimarc@yahoo.fr

Reçu le 17.03.14 et accepté pour publication le 7.10.14

Introduction

La connaissance des paramètres de croissance et d'exploitation est indispensable à l'étude de la dynamique des populations. Les données obtenues, peuvent permettre de créer des modèles mathématiques, de comparer des populations géographiquement distantes d'une même espèce ou de réaliser des analyses démographiques (23). *Pomadasys jubelini* est un poisson qui vit dans les milieux marins allant jusqu'à 100 m de profondeur et peut pénétrer dans les eaux saumâtres et quelquefois même en eaux douces (25). Cette espèce se rencontre sur les côtes Occidentales d'Afrique, de la Mauritanie à l'Angola. Selon Albaret (2), *P. jubelini* fait partie des espèces d'origine marine parfaitement adaptées aux conditions lagunaires. Elle appartient à l'ordre des *Perciformes* et à la famille des *Haemulidae* communément appelée carpes blanches. Ces carpes sont très appréciées par les consommateurs à cause de la qualité de la chair des individus qui est comparable à celle du mérou, poisson de grande valeur commerciale (13). Grâce à l'abondance et à la finesse de leur chair, les *Haemulidae* occupent une place importante dans l'économie sectorielles des ressources halieutiques (35). En Afrique, les études se rapportant aux paramètres de croissance et d'exploitation des espèces de la famille des *Haemulidae* sont relativement nombreuses. Nous pouvons citer notamment les travaux de Pajuelo (24) sur l'âge et la croissance de *Pomadasys incisus* (Bowdich, 1825) dans les archipels des îles Canaries; Chakroun-Marzouk et Ktari (6) sur la croissance de *P. incisus* dans le golfe de Tunis; Fakhri (9) sur la mortalité, le taux d'exploitation et le recrutement de *Pomadasys kaakan* dans les eaux iraniennes du golfe de Perse. En Côte d'Ivoire, malgré l'importance alimentaire et économique que revêt les carpes blanches, peu de travaux leur ont été consacrés. Les premières données sont celles de Fantodji (10) sur l'âge et la croissance de *P. jubelini* en lagune Ebrié et en mer.

Cette présente étude a pour objectif d'apprécier les paramètres de croissance et d'exploitation de *P. jubelini* dans les complexes lagunaires de Grand-Lahou, Ebrié et Aby de Côte d'Ivoire en vue d'une gestion rationnelle et d'une exploitation durable des stocks de cette espèce.

Matériel et méthodes

Milieu d'étude

La présente étude a été menée dans les lagunes de Grand-Lahou, Ebrié et Aby (Figure 1). D'un bassin versant respectivement de 190, 532 et 424 km² (8, 17), ces trois complexes lagunaires sont localisés entre les longitudes 2°52' et 5°25' Ouest et les latitudes 5°08' et 5°22' Nord (37). Ils sont dotés d'un climat équatorial avec deux saisons des pluies (avril- juillet et octobre- novembre) et deux saisons sèches (décembre- mars et août- septembre). Les trois lagunes communiquent directement avec la mer par le grau de Grand-Lahou (lagune de Grand-Lahou), le canal de Vridi (lagune Ebrié) et le canal d'Assinie (lagune Aby). Sept sites d'échantillonnage ont été prospectés sur l'ensemble des trois lagunes. Il s'agit des sites de Braffedon et Mackey (lagune de Grand-Lahou), N'djem et Layo (lagune Ebrié) et, Adiaké, Eboué et Assinie (lagune Aby).

Collecte des données

Les poissons examinés ont été collectés mensuellement entre janvier 2007 et décembre 2008. Les spécimens ont été capturés à l'aide de deux batteries de filets maillants de mailles 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40 et 50 mm et identifiés avec la clé de Bauchot (4). Sur chaque spécimen, la longueur à la fourche en cm et la masse en g, ont été déterminées respectivement à l'aide d'un ichtyomètre et d'une balance de type Metler modèle PJ8 de précision 0,01 g.

Analyse des données

Relation longueur - masse

La relation qui lie la longueur à la fourche et la masse totale du poisson pendant sa durée de vie s'établit selon la formule I de Ricker (32):

$$M_t = aLF^b \quad \text{I}$$

Avec: M_t = masse totale des poissons en (g); LF = longueur à la fourche des poissons en (cm); a = constante qui est l'ordonnée à l'origine; b = coefficient d'allométrie caractéristique de l'espèce et de la phase de développement.

Si b est égal à 3, la croissance est isométrique et si b est différent de 3, la croissance est allométrique.

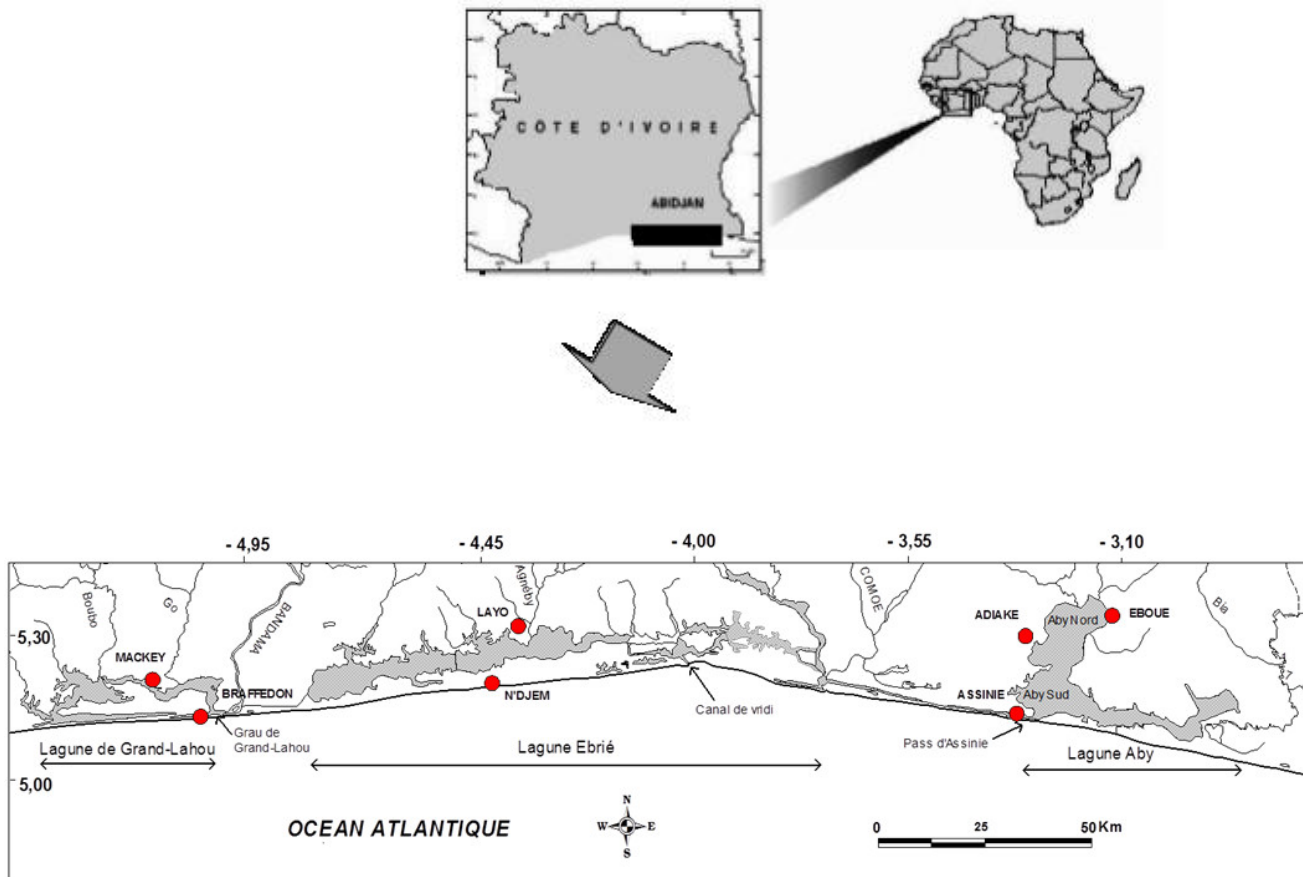


Figure 1: Situation géographique des lagunes de Grand-Lahou, Ebrïé, Aby et localisation des différentes stations d'échantillonnage (•).

Lorsque b est inférieur à 3, l'allométrie est minorante ou négative. Lorsque b est supérieur à 3, l'allométrie est majorante ou positive (32).

Paramètres de croissance et d'exploitation

L'analyse des paramètres de croissance et d'exploitation de *P. jubelini* a été réalisée à partir des données de fréquences de taille de 2284 spécimens organisées en classe de 2 cm d'intervalle pour chaque mois et dans chaque lagune. Des programmes incorporés au logiciel FISAT II ont été utilisés pour cette analyse (14).

L'étude de la croissance a été déterminée à l'aide du modèle de Von Bertalanffy dont l'équation II est:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}] \quad \text{II}$$

avec: L_t = longueur du poisson au temps t considéré (cm); L_∞ = longueur asymptotique (cm), longueur que pourrait atteindre l'espèce si elle continue à vivre et à croître indéfiniment; K = le coefficient de croissance caractérisant la vitesse avec laquelle,

l'espèce croît vers L_∞ (an^{-1}); t_0 = âge théorique du poisson quand sa taille est nulle (année). Le paramètre t_0 a été obtenu à partir de l'équation empirique III de Pauly (26) :

$$\log_{10}(-t_0) = -0,392 - 0,275 \log_{10} L_\infty - 1,038 \log_{10} K \quad \text{III}$$

Les paramètres de croissance L_∞ et K ont été estimés par le programme ELEFAN I / FISAT II (14). La méthode consiste à faire apparaître les modes des distributions de fréquence de taille et à valider les courbes de croissance dont les tracés, superposés à ceux des distributions elles-mêmes, prennent en compte le plus grand nombre de ces modes. Les distributions et les courbes de croissance retenues sont alors présentées sur un même graphique qui illustre ainsi la méthode.

L'indice de performance (ϕ') a été évalué à partir des paramètres de croissance L_∞ et K par la relation IV de Pauly et Munro (30)

$$\phi' = \text{Log}_{10}K + 2\text{Log}_{10}L_\infty \quad \text{IV}$$

La longévité ou âge maximum (t_{max}) a été calculée avec la formule V de Pauly (28):

$$t_{\text{max}} = 2,9957 / K \quad \text{V}$$

La mortalité totale (Z) a été évaluée par la méthode dite "courbes de captures selon les longueurs converties" dans ELEFAN I / FiSAT II à partir de la formule VI de Gayalino (14):

$$\ln(N_i/\Delta t_i) = a + bt_i \quad \text{VI}$$

Avec: N_i = nombre de poissons pleinement recrutés dans la classe de taille i ; Δt_i = temps nécessaire pour que le poisson puisse se développer à l'intérieure d'une classe de taille i ; t = âge moyen des poissons de la classe de longueur d'effectif N_i ; b = pente qui représente la mortalité totale avec un changement de signe.

La mortalité naturelle (M) découle de l'équation empirique VII de Pauly (27):

$$\text{Log}_{10}(M) = -0,0066 - 0,279\text{Log}_{10}(L_\infty) + 0,6543\text{Log}_{10}(K) + 0,4634\text{Log}_{10}(T) \quad \text{VII}$$

avec: M = mortalité naturelle (an^{-1}); L_∞ = longueur asymptotique (cm); K = coefficient de croissance (an^{-1}) et T = température moyenne annuelle de l'eau ($^{\circ}\text{C}$).

La mortalité par pêche (F) et le taux d'exploitation (E) ont été déterminés à partir de Z et de M par les relations VIII:

$$F = Z - M; E = F/Z = F/(F+M) \quad \text{VIII}$$

Le modèle de recrutement a été déterminé à partir du programme statistique ELEFAN II de Moreau et Cuende (22) incorporé dans le logiciel FiSAT II, en utilisant les paramètres K, L_∞ et t_0 . Le graphique a été obtenu par retro projection des données de fréquences de longueurs sur l'axe du temps. La distribution normale du modèle de recrutement a été déterminée par NORMSEP (29) dans FiSAT II.

Résultats

Relation taille-masse

Au total 2284 spécimens de *Pomadasys jubelini* de taille comprise entre 8,50 et 32,70 cm ont été examinés. Dans les lagunes de Grand-Lahou ($n=422$) et Ebrié ($n=712$), les maximums de spécimens sont respectivement compris entre les classes 14 et 16 cm, et dans la lagune Aby ($n=1150$) entre 12 et 14 cm.

Dans la lagune de Grand-Lahou, la longueur à la fourche (LF) des individus varie de 10,90 cm à 32,70 cm pour une masse totale (M_t) comprise entre 24,37 g et 780,72 g (Figure 2A). Dans la lagune Ebrié, la taille des poissons est comprise entre 9,40 cm et 31,10 cm pour une masse totale variant de 15,41 g à 602,46 g (Figure 2B). Dans la lagune Aby, les spécimens ont une longueur à la fourche qui oscille entre 8,50 et 31,70 cm pour une masse totale comprise entre 8,00 g et 571,00 g (Figure 2C). Les relations qui lient la taille à la masse du poisson dans les différentes lagunes prospectées sont traduites par les équations (IX), (X) et (XI).

$$\text{- lagune de Grand-Lahou: } M_t = 7,99 \cdot 10^{-3} \times \text{LF}^{3,18} \quad \text{IX}$$

($r^2 = 0,96$; $p < 0,05$; $n = 422$)

$$\text{- lagune Ebrié: } M_t = 7,97 \cdot 10^{-3} \times \text{LF}^{3,19} \quad \text{X}$$

($r^2 = 0,98$; $p < 0,05$; $n = 712$)

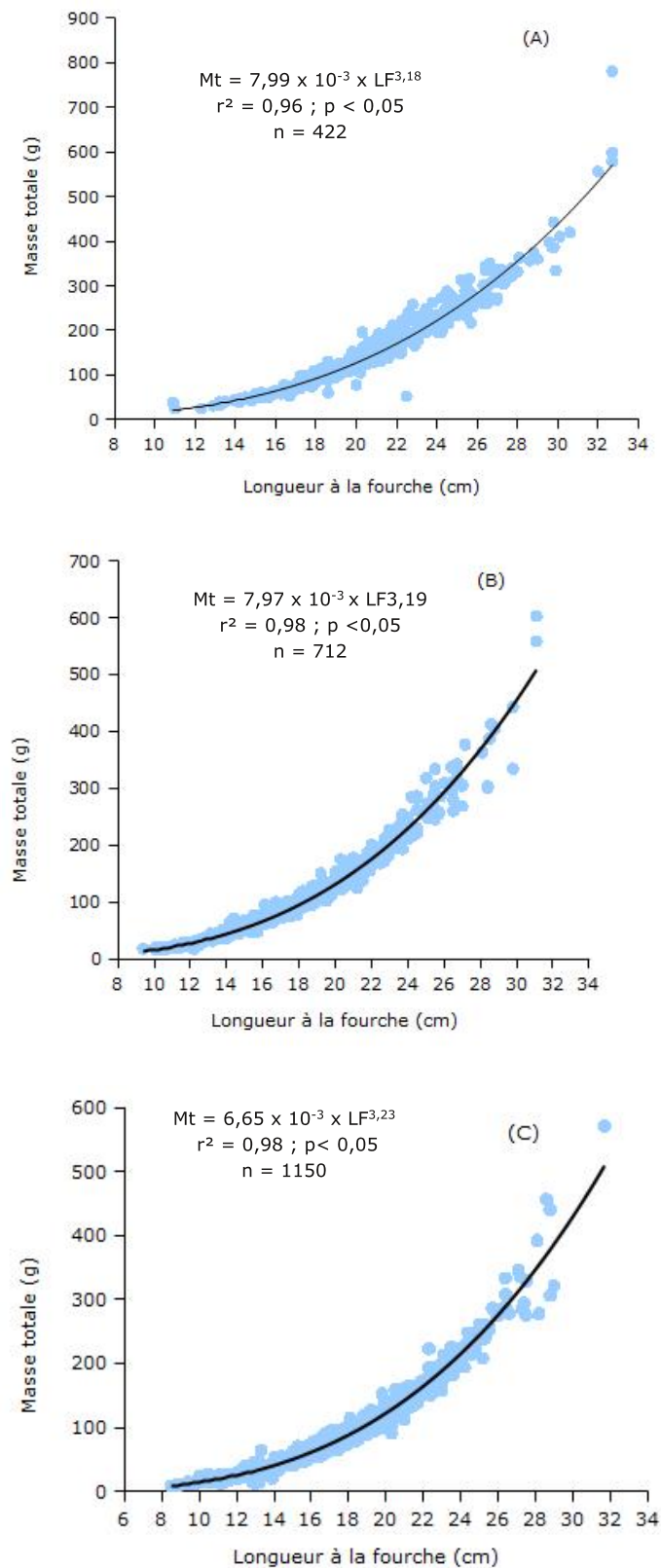
$$\text{- lagune Aby: } M_t = 6,65 \cdot 10^{-3} \times \text{LF}^{3,23} \quad \text{XI}$$

($r^2 = 0,98$; $p < 0,05$; $n = 1150$)

Paramètres de croissance

Croissance

Les paramètres de croissance de *P. jubelini* sont présentés dans le tableau 1. Dans la lagune de Grand-Lahou, les valeurs de la longueur asymptotique (L_∞) et du taux de croissance spécifique (K) sont respectivement de 33,60 cm et $0,53 \text{ an}^{-1}$, l'indice de performance de croissance (ϕ') de 2,78 et t_0 de -0,30 an. Dans la lagune Ebrié, L_∞ est estimée à 31,50 cm et K à $0,56 \text{ an}^{-1}$. Les valeurs de ϕ' et t_0 sont respectivement de 2,75 et de -0,29 an. Dans la lagune Aby, les valeurs de L_∞ et K sont respectivement de 31,50 cm et $0,57 \text{ an}^{-1}$. L'indice de performance de croissance est égal à 2,74 et le t_0 calculé est de -0,28 an.



Mt= masse totale et LF= longueur à la fourche

Figure 2: Relation longueur à la fourche-masse totale des individus de *Pomadasys jubelini* capturés entre janvier 2007 et décembre 2008 dans les lagunes de Grand-Lahou (A), Ebrié (B) et Aby (C).

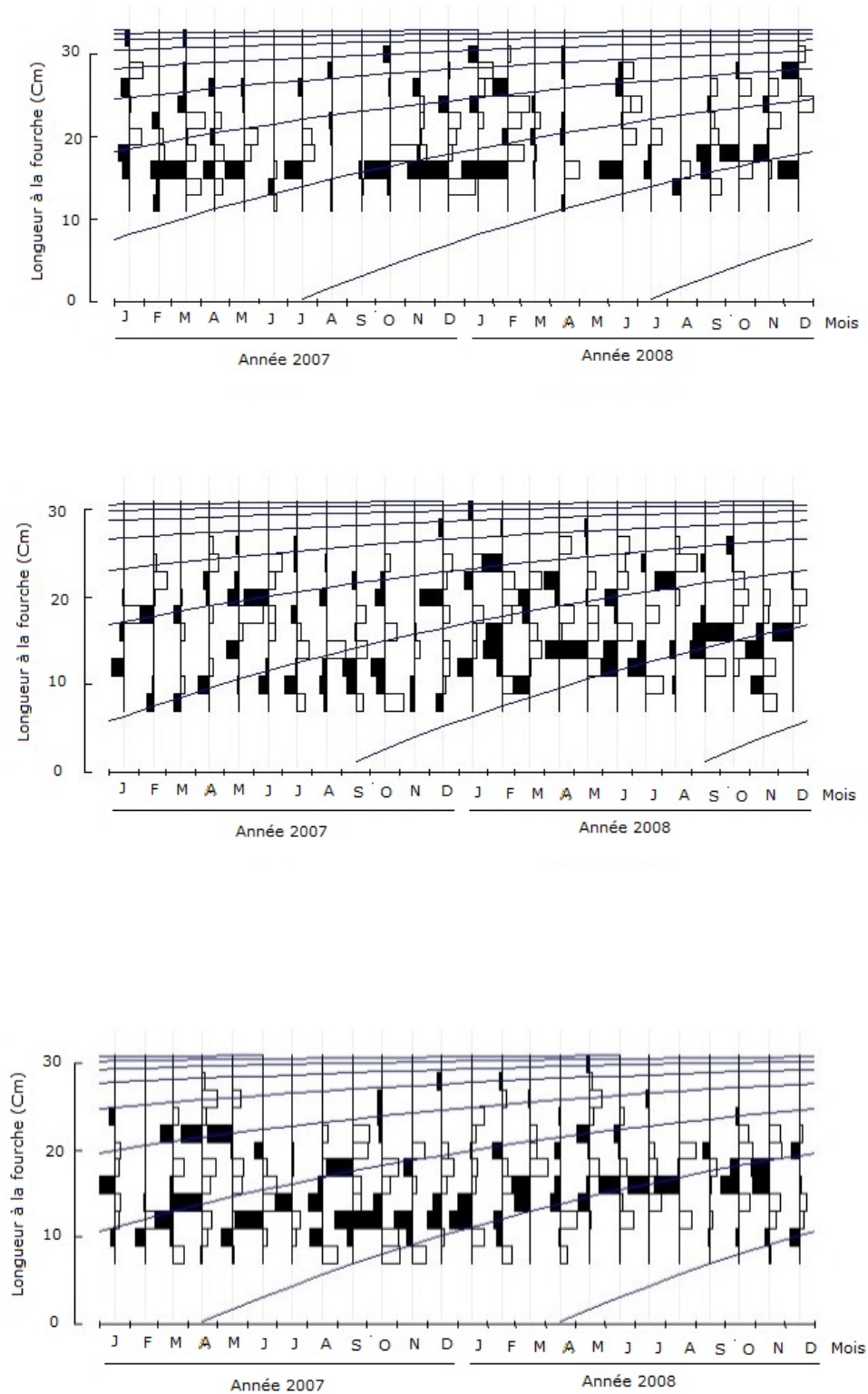
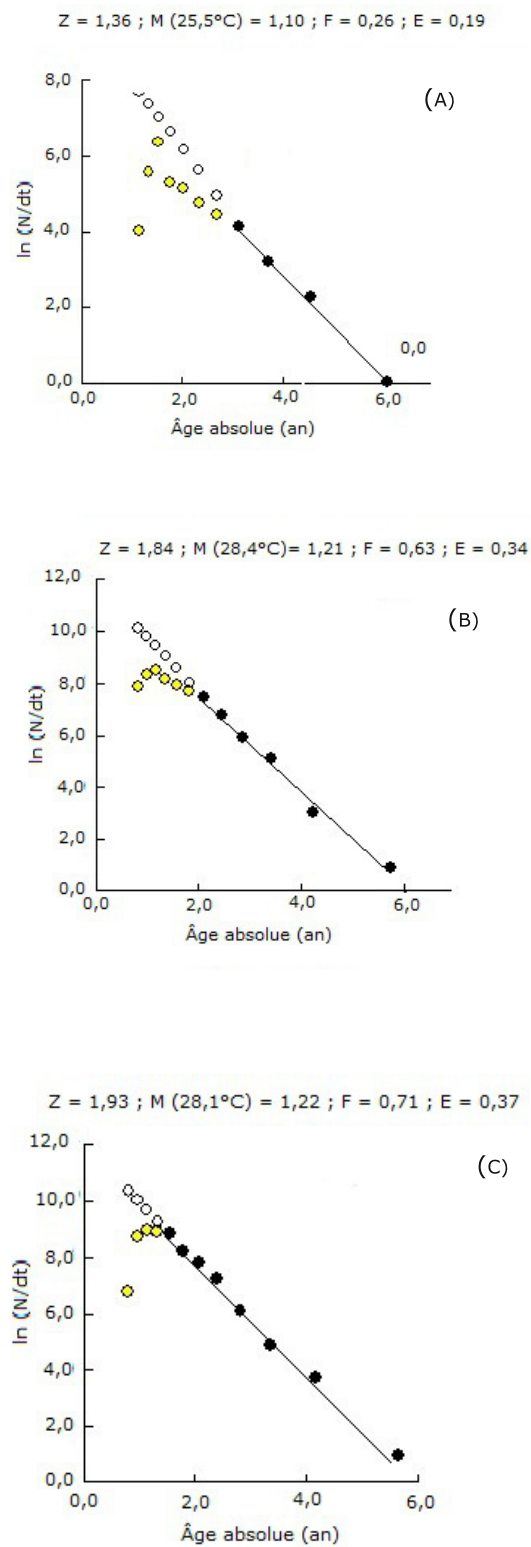
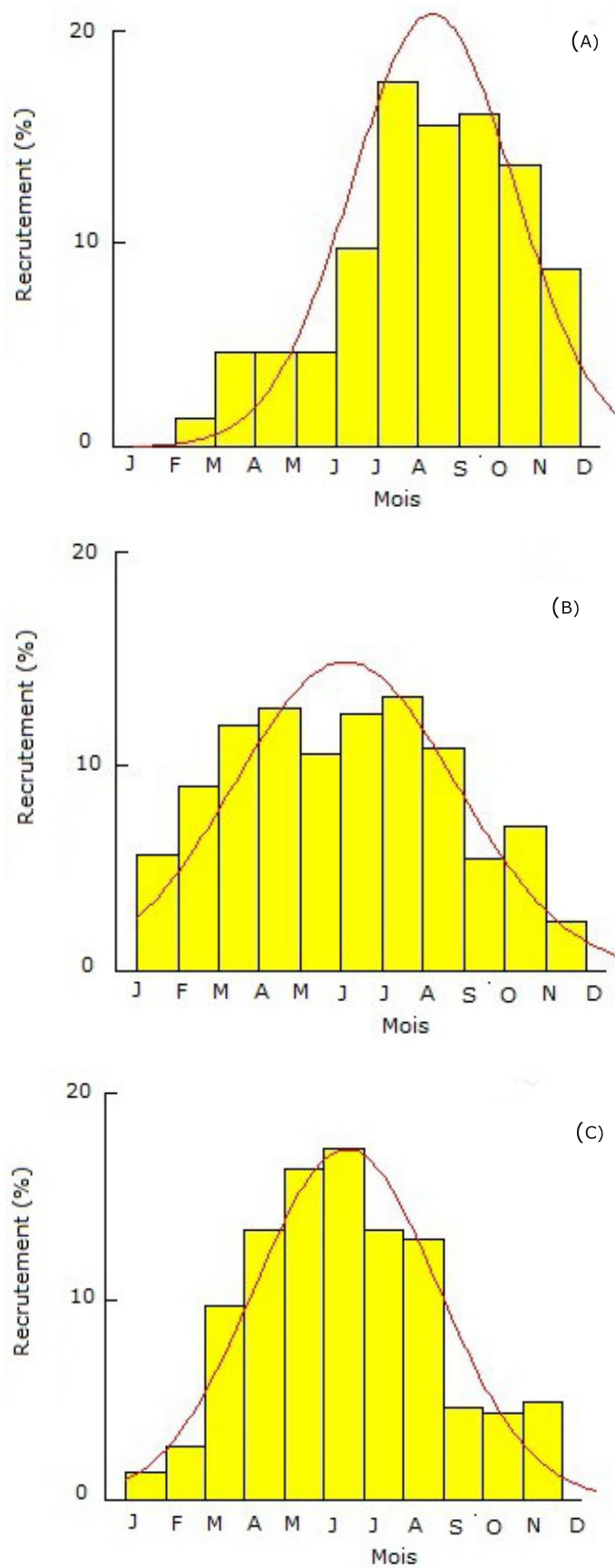


Figure 3: Modélisation de la croissance de *Pomadasys jubelini* des lagunes de Grand-Lahou (A), Ebrié (B) et Aby (C) par le modèle de Von Bertalanffy. = Fréquences de tailles observées et théoriques en noirs (valeur positive) et en blancs (valeur négative); = Courbes de croissance indiquant les cohortes.



La pente des courbes de captures selon les longueurs permet d'évaluer la mortalité totale (Z ; les points noirs de la figure sont ceux utilisés pour le calcul de (Z) à travers une régression linéaire des moindres carrés; les points jaunes ne sont pas pris en compte soient trop proches ou trop éloignés de la longueur asymptotique; et les points blancs sont les points extrapolés de la courbe selon les longueurs.

Figure 4: Courbe de capture linéarisée de *Pomadasys jubelini* dans les lagunes de Grand-Lahou (A), Ebrié (B) et Aby (C).



La courbe de gauss en rouge indique un seul pic de recrutement

Figure 5: Modèle de recrutement de *Pomadasys jubelini* dans les lagunes de Grand-Lahou (A), Ebré (B) et Aby (C).

Tableau 1

Paramètres de croissance et d'exploitation de *Pomadasys jubelini* capturés dans les lagunes de Grand-Lahou, Ebrié et Aby ; n = nombre de spécimens.

Paramètres	Lagune de Grand-Lahou (n = 422)	Lagune Ebrié (n = 712)	Lagune Aby (n = 1150)
Longueur asymptotique (L_{∞}) en cm	33,6	31,5	31,5
Coefficient de croissance (K) en an^{-1}	0,53	0,56	0,57
Indice de performance (ϕ')	2,78	2,75	2,74
Score (R_n)	0,24	0,2	0,26
Age théorique (t_0) en année	-0,3	-0,29	-0,28
Longévité (T_{max}) en année	6	5	5
Mortalité naturelle (M) en an^{-1}	1,1	1,21	1,22
Mortalité par pêche (F) en an^{-1}	0,26	0,63	0,71
Mortalité totale (Z) en an^{-1}	1,36	1,84	1,93
Taux d'exploitation (E)	0,19	0,34	0,37

Les courbes de croissance déterminées avec ces différents paramètres et superposées aux histogrammes de fréquences de taille de *P. jubelini* dans les trois lagunes sont illustrées par la figure 3. L'estimation de la qualité des paramètres de la courbe de croissance réalisée à partir d'un index ou score (R_n) équivaut à 0,24 en lagune de Grand-Lahou; 0,20 en lagune Ebrié et 0,26 en lagune Aby (Tableau I).

En utilisant les paramètres de croissance définis ci-dessus, le modèle de croissance de Von Bertalanffy devient: $L_t = 33,60 [1 - e^{-0,53(t + 0,30)}]$ pour la lagune de Grand-Lahou, $L_t = 31,50 [1 - e^{-0,56(t + 0,29)}]$ pour la lagune Ebrié et $L_t = 31,50 [1 - e^{-0,57(t + 0,28)}]$ pour la lagune Aby.

Longévité

L'âge maximum (t_{max}) de *P. jubelini* calculé est de 5,65 ans pour la lagune de Grand-Lahou; 5,35 ans pour la lagune Ebrié et 5,26 ans pour la lagune Aby.

Paramètres d'exploitation

Coefficients instantanés de mortalité et taux d'exploitation

Dans la lagune de Grand-Lahou, la mortalité totale (Z), la mortalité naturelle (M) et la mortalité par pêche (F) sont respectivement de $1,36 \text{ an}^{-1}$; $1,10 \text{ an}^{-1}$ et $0,26 \text{ an}^{-1}$ à $25,80 \text{ }^\circ\text{C}$ (Figure 4A). Dans la lagune Ebrié, ces paramètres sont respectivement de $1,84 \text{ an}^{-1}$; $1,21 \text{ an}^{-1}$ et $0,63 \text{ an}^{-1}$ à $28,40 \text{ }^\circ\text{C}$ (Figure 4B). Dans la lagune Aby, les coefficients de

mortalité totale, de mortalité naturelle et de mortalité par pêche sont évaluées respectivement à $1,93 \text{ an}^{-1}$; $1,22 \text{ an}^{-1}$ et $0,71 \text{ an}^{-1}$ à $28,10 \text{ }^\circ\text{C}$ (Figure 4C). Le taux d'exploitation (E) est de 0,19 en lagune de Grand-Lahou; 0,34 en lagune Ebrié et 0,37 en lagune Aby (Tableau 1).

Recrutement

Les différents histogrammes (Figure 5) montrent la variation mensuelle de l'intensité de recrutement des juvéniles de *P. jubelini* dans les lagunes de Grand-Lahou, Ebrié et Aby. L'apparition des jeunes individus dans le peuplement se fait régulièrement et sur toute l'année dans les trois lagunes avec un maximum en juillet dans les lagunes de Grand-Lahou (17,48 %) et Ebrié (13,17 %), et en mai dans la lagune Aby (17,38 %).

Discussion

La structure démographique de *Pomadasys jubelini* est composée d'un grand nombre d'individus provenant de la classe de taille allant de 14 à 16 cm dans les lagunes de Grand-Lahou et Ebrié, et de 12 à 14 cm dans la lagune Aby. Ces résultats traduisent que les individus de la lagune Aby sont plus jeunes que ceux des deux autres lagunes. Deux hypothèses pourraient expliquer cette prédominance de jeunes individus en lagune Aby: soit ces poissons retrouveraient dans ce milieu des conditions favorables à leur croissance, soit la pression de pêche dans cette lagune est très élevée.

En effet, la lagune Aby reçoit les apports d'eaux continentales riches en éléments nutritifs des fleuves Bia et Tanoé. Par conséquent ce milieu pourrait constituer une zone de frayère pour les femelles et une nurserie pour les juvéniles de *P. jubelini*. Cette assertion est conforme à celle de Lévêque (19) selon laquelle une espèce de poisson se maintient à long terme dans un hydrosystème dans la mesure où elle y trouve un ensemble de conditions qui lui permettent, entre autres, de croître et de se reproduire. Aussi, la pression de pêche trop grande exercée sur cette lagune, due à la non réglementation des engins de capture, pourrait expliquer la présence d'un grand nombre de jeunes individus (36).

Au niveau de la relation taille-masse, le coefficient d'allométrie b calculé est supérieur à 3 quelles que soient les lagunes. Ce résultat indique que les spécimens de *P. jubelini* ont une croissance majorante, par conséquent la croissance de ce poisson est proportionnellement plus rapide en masse qu'en longueur.

Cette observation est contraire à celles de Fantodji (10) en lagune Ebrié et Adebisi (1) au Nigeria. Ces auteurs ont trouvé chez cette même espèce une allométrie minorante ($b = 2,96$ et $2,82$ respectivement). Par ailleurs, de légères variations du coefficient d'allométrie ont été notées dans les trois lagunes. La valeur de b de la lagune de Grand-Lahou (3,18) et celle de la lagune Ebrié (3,19) sont inférieures au coefficient b de la lagune Aby (3,23). La variation de b dans les différentes lagunes seraient dues aux fluctuations saisonnières des paramètres environnementaux, des conditions physiologiques des poissons au moment de la collecte, de l'état de maturité des gonades et des conditions alimentaires des poissons dans ces milieux (5, 33).

En ce qui concerne les paramètres de croissance, les spécimens de la lagune Ebrié et ceux de la lagune Aby ont une longueur asymptotique (L_{∞}) identique (31,50 cm) tandis que dans la lagune de Grand-Lahou, la $L_{\infty} = 33,60$ cm.

Le taux de croissance spécifique (K) des individus des lagunes Aby et Ebrié est supérieur à celui de la lagune de Grand-Lahou. Cette variation des paramètres de croissance d'une lagune à une autre

pourrait être liée aux caractéristiques écologiques propres à chaque lagune telles que la disponibilité des ressources alimentaires, l'espace, la température et les compétitions entre individus comme soulignés par Mérona *et al.* (20) et par Poulet (31). Aussi, ces différents résultats notés d'une lagune à une autre, sont en accord avec l'hypothèse de Mérona *et al.* (21) selon laquelle chez une même espèce, des différences de croissance peuvent s'observer d'un milieu à un autre.

Les valeurs de l'indice de performance de croissance (ϕ') enregistrées dans les trois lagunes sont proches de celles recommandées par Baijot et Moreau (3). Selon ces auteurs, l'indice de performance de croissance (ϕ') de la plupart des poissons en Afrique ne sont fiables que si elles se situent entre 2,65 et 3,32. Toutefois, les valeurs de ϕ' sont légèrement faibles et presque similaires dans les lagunes prospectées. Cette légère différence serait liée à l'influence de certains facteurs du milieu, surtout la température. Selon Fritsch (12), la température joue un rôle prépondérant car elle agit non seulement sur la production de nourriture disponible mais aussi sur la physiologie des individus. Pour King et Etim (16), la température est le facteur le plus important qui limite la croissance des poissons.

L'âge maximum calculé de *P. jubelini* est d'environ 6 ans dans la lagune de Grand-Lahou et 5 ans dans les deux autres lagunes. *Pomadasys jubelini* serait une espèce à courte longévité. Toutefois, chez *P. incisus*, espèce du même genre, Chakroun-Marzouk et Ktari (6) ont montré une croissance rapide et à durée de vie d'environ 7 ans.

Il ressort de ces travaux que la mortalité naturelle (M) est plus élevée que la mortalité par pêche (F) dans les trois lagunes étudiées. Cependant, la lagune Aby possède les valeurs les plus élevées de ces deux paramètres. Cette intense mortalité que subit l'espèce pourrait être due aux phénomènes de prédation (18) et aux fortes pressions de pêche. En revanche, dans le golfe de Perse (Iran), Fakhri *et al.* (9), ont obtenus chez une espèce du même genre (*Pomadasys kaakan*) une mortalité naturelle ($M = 0,57 \text{ an}^{-1}$) et une mortalité par pêche ($F = 0,59 \text{ an}^{-1}$) presque similaire.

Les valeurs du taux d'exploitation (E) sont en dessous du niveau d'exploitation optimum ($E_{op}=0,50$) recommandé par Gulland (15). Ces résultats montrent que *P. jubelini* semble être sous-exploité dans les trois lagunes. Par ailleurs, cette espèce est plus exploitée dans la lagune Aby que dans les deux autres lagunes. Nos travaux sont contraires à ceux de Francis (11) qui ont montré une surexploitation de cette espèce ($E=0,53$) dans la rivière Andoni au Nigeria.

Les périodes d'intense recrutement coïncident avec les saisons des pluies où les conditions trophiques deviennent favorables pour la croissance des jeunes individus. L'observation d'une seule cohorte par année traduit une seule période de reproduction chez cette espèce. Plusieurs hypothèses attestent que le nombre de recrutements obtenu en une année donnée dépendrait aussi bien de l'abondance et de la stratégie de reproduction du stock des reproducteurs que de la variabilité de leur environnement (7, 34).

Conclusion

Au terme de cette étude, les résultats montrent que *P. jubelini* semble être sous-exploité dans les trois lagunes. Ce poisson est plus exploité en lagune Aby que dans les deux autres lagunes.

Ainsi, nous recommandons que des mesures de gestions rigoureuses soient prises afin d'éviter l'effondrement des stocks de *P. jubelini*. Ces mesures doivent porter sur la sensibilisation de l'utilisation abusive des engins de capture; la fermeture temporaire de la pêche à une période de l'année par l'état et /ou les autorités riveraines des lagunes; la réglementation du maillage des filets particulièrement en lagune Aby où la pression de la pêche est très élevée.

Remerciements

Cette étude a été réalisée dans le cadre du programme de recherche sur la biologie et l'écologie des espèces à potentialités aquacoles dans le Centre de Recherches Océanologiques (CRO) d'Abidjan au sein du Département Aquaculture. Les auteurs tiennent à remercier tous les acteurs notamment chercheurs, techniciens, étudiants, communautés villageoises de Layo, N'djem, Braffedon, Eboué et Assinie-Mafia pour leur aide apportée dans la collecte et traitements des données biologiques.

Références bibliographiques

- Fantodji A., 1987, *Biologie et Physiologie de la reproduction des Pomadasys jubelini* (Cuvier) (Poissons Téléostéens) des lagunes et mer de Côte d'Ivoire. Thèse d'État, Faculté des Sciences et Techniques, Université Nationale de Côte d'Ivoire, 130 p
- Albaret J.J., 1994, *Les poissons, biologie et peuplements*. In: Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome II: Les milieux lagunaires (Durand J. R., Dufour P., Guiral D. & Zabi S.G.F., eds). ORSTOM, Abidjan, 239-279.
- Baijot E. & Moreau J., 1997, *Biology and demographic status of the main fish species in the reservoirs of Burkina Faso*. In: Hydrological Aspects of Fisheries in Small Reservoirs in Sahel Region (Baijot E., Moreau J. & Bouda S., eds). Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation, Commission of the European Communities, Wageningen, Netherlands, 79-109.
- Bauchot M.L., 1992, *Haemulidae*, In: *Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest*. Tome II (Paugy D., Levêque C. & Teugels G.G. eds). IRD Paris, 498-503.
- Biswas S. P., 1993, *Manual of methods in fish biology*. Asian Publishers, 157.
- Chakroun-Marzouk N. & Ktari M.H., 2006, Caractéristique de la reproduction et de la croissance pondérale relative de *Pomadasys incisus*

- (Haemulidae) du golfe de Tunis, *Cybium*, **30**, 4, 333-342.
7. Cury P., 1989, *Approches modélisatrices des relations à courts, moyen et long termes entre la dynamique des stocks de poissons pélagiques côtiers et les fluctuations climatiques*. Thèse de Doctorat de Biomathématiques. Université Paris VII, 258.
 8. Durand J.R. & Guiral D., 1994, *Hydroclimat et hydrochimie*. In: Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome II. Les milieux lagunaires (Durand J. R., Dufour P., Guiral D. & Zabi S.G., eds). Paris ORSTOM, 129-136 pp.
 9. Fakhri A., Pazira A., Rastgoo A. & Shadi A., 2011, Mortality, Exploitation and Yield per Recruit of Javelin Grunter, *Pomadasys kaakan*, in the Iranian Waters of the Persian Gulf, *Middle-East J. Sci. Res.*, **9**, 1, 64-67.
 10. Fantodji A., 1987, *Biologie et Physiologie de la reproduction des Pomadasys jubelini (Cuvier) (Poissons Téléostéens) des lagunes et mer de Côte d'Ivoire*. Thèse d'État, Faculté des Sciences et Techniques, Université Nationale de Côte d'Ivoire, 130 p.
 11. Francis A., Sikoki F.D. & Ansa E. J., 2007, Exploitation of Fishes from the Andoni River System, Niger Delta, Nigeria and Conservation Strategies; *J. Fisheries Int.*, **2**, 1, 17-21.
 12. Fritsch M., 2005, *Traits Biologiques et Exploitation du Bar commun Dicentrarchus labrax (L.) dans les Pêcheries Françaises de la Manche et du Golfe de Gascogne*. Thèse de Doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale, 314.
 13. Gandega C., Dia M. & Ghorbel M., 2009, *Régime alimentaire du Diagramme gris Plectorhynchus mediterraneus (Guichenot, 1850), (Poisson, Haemulidae) des Côtes mauritaniennes*. Bulletin Institut National des Sciences et Technologies de la Mer de Salammbô, 36, 31-38.
 14. Gayalino F.C. Jr., Sparre P. & Pauly D., 1996, *FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT)*. User manual, FAO Computerized, Information. Series Fisheries, 8, 126.
 15. Gulland J. A., 1971, *The Fish Resources of the Ocean. West Byfleet, Surrey*. Fishing News Books Ltd. FAO, Rome, 255.
 16. King R. P. & Etim L., 2004, Reproduction, growth, mortality and yield of *Tilapia mariae* Boulenger, 1899 (Cichlidae) in Nigerian rain forest Westland stream. *J. of Appl. Ichthyol.*, **20**, 502-510.
 17. Laë R., 1982, Premières observations sur la pêche en lagune de Grand-Lahou. D.E.A Océanographie Tropicale, Université de Brest, Paris, 30 p.
 18. Laevastu T. & Favorite F., 1988, *Fishing and Stock Fluctuations*. Farham, Survey, Fishing News Books, London, 240.
 19. Lévêque C., 1999, *L'habitat des poissons*. In: *Les poissons des eaux continentales africaines: diversité, écologie, utilisation par l'homme* (Lévêque C. & Paugy D., eds). IRD, Paris, 251-270.
 20. Lévêque C. & Paugy D., 2006, *Les poissons des eaux continentales africaines : diversité, écologie, utilisation par l'homme*, IRD éd. Paris, 573.
 21. Mérona B.D., Hecht T. & Moreau J., 1988, *Croissance des poissons d'eau douce africains*. In: *Biologie et écologie des poissons d'eau douce africains* (Lévêque C., Bruton M. N. & Ssentongo G.W., eds). ORSTOM, Paris, 191-219.
 22. Moreau J. & Cuende F.X., 1991, *On improving the resolution of the recruitment patterns of fishes*. ICLARM Fishbyte, **9**, 45-6.
 23. Ould Yarba L., Ghorbel M. & Bouain A., 2004, *Age et croissance de Pagellus bellottii (Sparidae) des côtes mauritaniennes*. Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologie de la Mer de Salammbô, 31, 35-42.
 24. Pajuelo J. G., Lorenzo J. M. & Gregoire M., 2003, *Age and growth of the bastard grunt (Pomadasys incisus: Haemulidae) inhabiting the Canarian archipelago, Northwest Africa*, Fishery Bulletin, 101, 851-859.
 25. Paugy D., Lévêque C. & Teugels G.G., 2004, *Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest*. Tome II, IRD, Paris, 815.
 26. Pauly D., 1979, *Theory and management of tropical multispecies stocks: a review with emphasis on the Southeast Asian demersal fisheries*. ICLARM Studies Reviews, 1, 35.
 27. Pauly D., 1984, *Fish population dynamics in tropical waters: manual for use with programmable calculators*. ICLARM Studies Reviews, **8**, 325.

28. Pauly D., 1985, *Population dynamic of short lived species with emphasis on squids*. NAFO Science Council Studies, **9**, 143-154.
29. Pauly D. & Caddy J. F., 1985, *A modification of Bhattacharya's method for the analysis of mixtures of normal distributions*. FAO, Rome, FAO Fisheries Circular, 781, 16.
30. Pauly D. & Munro J.L., 1984, *Once more on growth comparison in fish and invertebrates*. Naga, ICLARM Quarterly Fishbyte, 2, 21.
31. Poulet N., 2004, *Le sandre Sander luciperca (L.) : Biologie, comportement et dynamique des populations en Camargue (Bouches du Rhône, France)*. Thèse de Doctorat, Université Toulouse III-Paul Sabatier (France), 286.
32. Ricker W.E., 1980, *Calcul et interprétation des statistiques biologiques des populations des poissons*. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada, 119, 300.
33. Sidibé A., 2003, *Les ressources halieutiques démersales côtières de la Guinée : exploitation, biologie et dynamique des principales espèces de la communauté à Sciaenidés*. Thèse de Doctorat, Ensar, Rennes, 320.
34. Sinclair M., 1988, *Marine populations: an essay on population regulation and speciation*. Washington Sea Grant Program. University of Washington Press, 252.
35. Teitelbaum A., 1999, *Le savoir écologique des pêcheurs, un élément clef dans la compréhension des écosystèmes côtiers guinéens*. Rapport d'activité, 1-20.
36. Verdeaux F., 1989, *Généalogie d'un phénomène de surexploitation: lagune Aby (Côte d'Ivoire) 1935-1982*, *Cah. Sci. humaines*, **25**, 1-2, 191-211.
37. Wango T. E., Moussa M., Adopo K. L. & Mondé S., 2011, *Calage du modèle hydrodynamique à 2D du complexe lagunaire de Côte d'Ivoire*. *Int. J. Trop. Geol. Geogr. Ecol.*, **35**, 23-32.

I.M. Bodji, PhD, Ivoirien, Attaché de Recherches, Université Felix Houphouet Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire d'hydrobiologie, Centre de Recherches Océanologiques, Abidjan, Côte d'Ivoire.

K.J. Konan, PhD, Ivoirien, Chargé de Recherches, Centre de Recherches Océanologiques, Abidjan, Côte d'Ivoire.

N.I. Ouattara, PhD, Ivoirien, Maître de Conférences, Université Felix Houphouet Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire d'Hydrobiologie, Abidjan, Côte d'Ivoire.

B.C. Atsé, PhD, Ivoirien, Directeur de Recherches, Centre de Recherches Océanologiques, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Quelques aspects de l'âge et de la croissance de l'anchois *Engraulis encrasicolus* (Pisces, Engraulidae) le long du littoral de la Côte d'Ivoire

S. Ouattara^{1*}, Y. Bamba², M. Karamoko¹ & A. Fantodji¹

Keywords: Engraulidae- *Engraulis encrasicolus*- Age growth- Ivory coast

Résumé

L'âge et la croissance de l'anchois *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) ont été suivis de septembre 2004 à septembre 2005 dans le littoral de la Côte d'Ivoire. Mille quatre cents poissons ont été capturés à la senne de plage et à la senne tournante coulissante dont les mailles sont de l'ordre de 14 à 18 mm. La longueur standard (LS) a été mesurée au mm près et le poids du corps (P) au centième de gramme près. L'âge des cohortes a été déterminé sur base de la distribution des fréquences de tailles selon la méthode des progressions modales. L'âge individuel a été estimé par scalimétrie. Les écailles des anchois sont cycloïdes et de très petite taille. Le mois de mai ayant été choisi comme âge zéro (période de naissance) pour l'étude de la croissance, En septembre, à un âge supposé de 5 mois, *E. encrasicolus* atteint une longueur standard de $4,1 \pm 1,02$ cm. Les spécimens atteignent une taille de 10 cm et plus à 11 mois en mars. Trois classes d'âge numérotées de I à III ont été établies en fonction du nombre d'anneaux de croissance sur les écailles. La relation taille-poids révèle que la taille croît plus vite que le poids (coefficient de régression $b = 2,5953 < 3$). La pêche artisanale aux anchois n'étant pas possible durant la période d'avril à août, l'évolution de la cohorte n'a pu être suivie pendant cette période.

Summary

Age and Growth Aspects of *Engraulis encrasicolus* (Pisces, Engraulidae) from Artisanal Fishing along the Coast of Ivory Coast

Age and growth of *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) were studied in eastern coast of Ivory coast from September 2004 to September 2005. Fishes were caught monthly using seines of beach and purse seines sliding. A sample of 1400 fishes were caught for studies. Standard-length (SL) was measured to the nearest mm and body weight (W) to the nearest 0.01 g. Groups age was established by frequency distribution from mode progression. Individual age was estimated from scales study method. The scales of anchovies are cycloid with very small size. May was chosen as new born month. In September, at a putative age of 5 months, *E. encrasicolus* presented a standard-length of 5.5 ± 1.02 cm. Three age classes were obtained in relation of rings presence. The length-weight relationship indicates that length increases faster than weight ($b = 2.5953 < 3$). Artisanal fishing of anchovies is not possible during the period from April to August, the evolution of the cohort could not be followed during this period.

¹Université Nangui Abrogoua, UFR-Sciences de la Nature, Laboratoire de Biologie et de Cytologie Animale, Abidjan, Côte d'Ivoire.

²Université Nangui Abrogoua, UFR-Sciences et Gestion de l'Environnement, Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique, Abidjan, Côte d'Ivoire.

* Auteur correspondant: Email: dues_ouatt@yahoo.fr

Reçu le 14.06.14 et accepté pour publication le 08.10.14

Introduction

L'Anchois, *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758), est un poisson Téléostéen clupéiforme de la famille des Engraulidés. A l'âge adulte, sa taille varie entre 10 et 15 centimètres de long. L'espèce *E. encrasicolus*, est répandue dans toute l'Atlantique orientale, depuis les côtes de la Norvège au nord de Bergen (62°N) en passant par la Côte d'Ivoire jusqu'en Afrique du Sud (23°S) (3, 20). Sur les côtes ivoiriennes, l'anchois est l'une des espèces pélagiques les plus importantes en termes de biomasse et d'intérêt économique (23 000 t/an) (14). Cependant, il ne fait l'objet d'aucune pêche industrielle (14). Les captures proviennent uniquement de la pêche artisanale et sont utilisées par les petits industriels locaux et les agro-éleveurs pour la fabrication de la farine de poisson destinée à la nutrition animale pour leur apport protéique. L'anchois est également utilisé (séché ou fumé) comme denrée alimentaire ou comme additif dans l'alimentation humaine (15, 16). Malgré le rôle que peut jouer l'exploitation de cette espèce dans l'économie ivoirienne, il existe très peu de données sur son écologie et sa biologie. En effet, l'âge et la croissance de l'anchois du littoral ivoirien restent encore très peu connus. En Côte d'Ivoire, les travaux antérieurs sont ceux de Marchal (12) traitant de l'évolution des œufs, larves et post-larves de *Anchoviella guineensis* et de Ouattara et al. (14) sur la reproduction de *Engraulis encrasicolus*. Le présent travail a pour objet d'étudier certains aspects de l'âge et de la croissance d'*E. encrasicolus* obtenu par les pêcheries artisanales du littoral ivoirien. Une telle étude est fondamentale pour connaître la chronologie des différentes phases du cycle de vie d'une espèce.

Matériels et méthodes

Milieu d'étude

L'étude a été réalisée sur le littoral de la Côte d'Ivoire qui est situé entre d'une part, 4°30' et 5°31' de latitude Nord et, d'autre part, 2°25' et 7°30' de longitude Ouest (Figure 1). Il s'étend sur 566 km de la frontière libérienne à celle du Ghana. Il couvre une superficie d'environ 23 253 km² (4).

Le littoral de la Côte d'Ivoire est situé en zone équatoriale. L'hydroclimat marin du littoral ivoirien comprend quatre saisons principales (13): une grande saison froide (juin-octobre), une grande saison chaude (novembre-mai), au sein de laquelle se déroulent une petite saison froide (janvier-février) et une petite saison chaude (novembre-décembre). Les saisons froides sont caractérisées par une résurgence d'eau océanique froide et salée (salinité supérieure à 35 0/00) et une température faible comprise entre 23 et 25 °C; les périodes chaudes sont caractérisées par les eaux océaniques provenant du large avec une salinité inférieure à 35 0/00 et une température élevée comprise entre 28 et 30 °C (7).

Échantillonnage des poissons et analyse des captures

Les poissons ont été capturés de septembre 2004 à septembre 2005 à la senne de plage et à la senne tournante coulissante dont les mailles sont de l'ordre de 14 à 18 mm dans les profondeurs de 10 m. Pour chaque poisson, ont été relevés: la longueur à la fourche (LF) au millimètre près, le poids entier et le poids éviscéré au gramme près. Un échantillon de 1 400 poissons a été exploité pour l'étude de l'âge et de la croissance.

La détermination de l'âge des cohortes s'est faite par la distribution des fréquences de tailles selon la méthode des progressions modales. Chaque mode représente une classe d'âge ou tout au moins une cohorte. La détermination de l'âge a été faite en tenant compte des périodes de reproduction et de ponte établies chez la même espèce et sur le même site par Ouattara et al. (14). La relation de croissance entre le poids (p) du poisson éviscéré, sans gonades et la taille (LF) est estimée par l'expression mathématique de type (I):

$$P = a.L^b \quad \text{I}$$

ou encore après transformation logarithmique (II),

$$\log p = b.\log L + \log a \quad \text{II}$$

où a représente l'ordonnée à l'origine et b un coefficient de croissance relative (10).

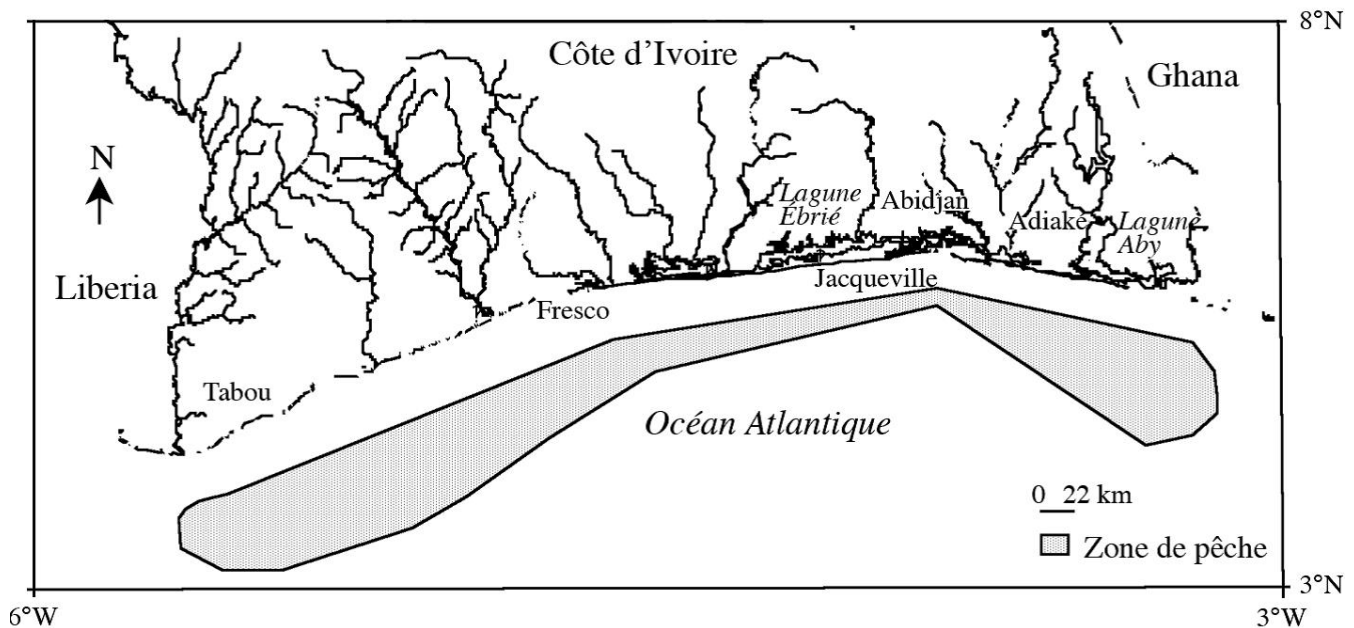


Figure 1: Zone de pêche (littoral ivoirien) de l'anchois en Côte d'Ivoire.

Ce coefficient, très voisin de 3 chez les poissons, prend une valeur caractéristique pour chaque espèce dans son milieu écologique (11). Si $b=3$, la relation de croissance est isométrique; si $b<3$, la relation est allométrique minorante et si $b>3$, la relation est allométrique majorante.

Les paramètres a et b sont estimés à partir du couple de valeurs longueur-poids.

L'âge individuel a été estimé par scalimétrie. Les écailles ont été prélevées sous la ligne latérale et à l'aplomb des nageoires dorsales (Figure 4) selon Kacher (8). Un total de 179 spécimens a fait l'objet de prélèvement. Sur chaque individu, 20 écailles sont prélevées à la pince en raison du taux de régénération (1). Les écailles ont été nettoyées au KOH 5% puis rincées à l'eau distillée. Elles ont été ensuite montées entre deux lames porte-objet et soumises à observation sous une loupe binoculaire munie d'un micromètre. La croissance des écailles se traduit par la présence de *circuli*. Les *circuli* se rapprochent et forme une zone plus sombre appelée *annulus* lorsqu'il y a un ralentissement ou arrêt de croissance en période défavorable. Il s'agit ici de compter le nombre d'*annuli* présents sur l'écaille. Ensuite, le rayon (R) de l'écaille a été mesuré au micromètre oculaire afin d'étudier l'allométrie taille-écaille.

L'expression mathématique de la relation rayon de l'écaille-longueur du poisson est (équation III):

$$Lt = bR + a \quad \text{III}$$

où, a = ordonnée à l'origine, b = coefficient de régression, R = rayon de l'écaille. L = longueur du poisson (longueur à la fourche).

La connaissance de cette relation présente un double intérêt: vérifier si les écailles suivent la même loi de croissance que le corps et déterminer la taille des poissons à l'apparition des premières écailles.

Le modèle retenu pour décrire la croissance linéaire de l'anchois est celui de Von Bertalanffy (18) (équation IV). Son expression est:

$$Lt = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)}) \quad \text{IV}$$

avec Lt = longueur du poisson à l'instant t ; L_{∞} = longueur asymptotique (cm) qui serait atteinte par le poisson à l'âge théorique infini, k = coefficient de croissance caractérisant la vitesse avec laquelle l'espèce croît vers sa taille asymptotique, t_0 = âge théorique (mois) pour lequel la taille est nulle.

Les trois paramètres (L_{∞} , k et t_0) de l'équation de Von Bertalanffy ont été estimés par la méthode graphique de Walford (19).

Cette méthode s'applique à des tailles observées correspondant à des âges régulièrement espacés d'un intervalle de temps t (équation V).

$$L_{t+T} - L_t = L_{\infty}[1 - e^{-k(t+T-t_0)}] \quad V$$

D'où l'on déduit facilement (équation VI):

$$L_{t+T} - L_t = (L_{\infty} - L_t)(1 - e^{-kT}); \text{ soit ici : } L_{t+1} = e^{-k}L_t + e^{-k}L_{\infty} \quad VI$$

La croissance linéaire des poissons est représentée par une droite. Sur l'axe des abscisses on porte les longueurs L_t à l'âge t . En ordonnée sont marquées les longueurs L_{t+1} à l'âge $t+1$. Les points traduisent une droite dont la pente est e^{-k} . Cette droite coupe la première bissectrice des axes au point correspondant à $L_{t+1} = L_t = L_{\infty}$. On peut donc déduire aisément L_{∞} , k et t_0 .

Le paramètre t_0 sera déterminé à partir de l'équation de Von Bertalanffy grâce à une série de transformations en passant au logarithme népérien (équation VII).

$$L_t = L_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)}) \text{ devient}$$

$$\log \cdot e^{(-k(t-t_0))} = \log \frac{L_{\infty} - L_t}{L_{\infty}} \quad VII$$

$\log(L_{\infty} - L_t)$ est une fonction linéaire de t pour laquelle $L_t = 0$ entraînant $t_0 = t$.

L'équation de la croissance pondérale s'obtient par combinaison de la courbe linéaire et après estimation de la relation longueur-poids. Son expression est dans l'équation VIII:

$$W_t = W_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})^b \quad VIII$$

W_t est le poids du poisson (gramme) à l'instant t ; W_{∞} est le poids asymptotique correspondant à la longueur asymptotique L_{∞} (cm); K et t_0 sont les paramètres de la croissance linéaire; a et b sont les paramètres de la relation longueur-poids.

Résultats

Croissance des cohortes

Dès septembre 2004, dans la population, deux modes bien distincts marquant deux pics d'abondance ont été observés (Figure 2). Le premier mode dont la taille des individus varie entre 4 et 7 cm a pour médiane de classe de taille [5-6 cm]. Le second s'étend de 8 à 11 cm, avec une médiane à [9-10 cm]. Le premier groupe représente la nouvelle cohorte de recrue et le deuxième aux tailles plus grandes, est la classe précédente. En novembre 2004, les deux modes ont fusionné.

Les tailles s'étalent entre 5 et 10 cm avec un nouveau pic à 6 cm. De décembre 2004 à mars 2005, le pic de distribution a évolué, allant de 6 cm à 8 cm en janvier puis 9 cm en février-mars. La cohorte nouvellement recrutée, avait une taille moyenne de $4,1 \pm 1,02$ cm. Le mois de mai a été choisi comme âge zéro (période de naissance), à $4,1 \pm 1,02$ cm en septembre, la cohorte a 5 mois d'âge. En novembre, elle a 6 à 7 cm à environ 7 mois. Elle atteint 8 à 9 cm à 9 mois en janvier et 10 cm et plus à 11 mois en mars. Les anchois ont été inaccessibles par la pêche artisanale dans les profondeurs de 10 m durant la période d'avril à août. L'évolution de la cohorte n'a pu être suivie après le mois de mars.

Relations poids-longueur

Les anchois présentent une distribution de taille allant de 4,4 cm à 11,8 cm avec une moyenne calculée de $7,9 \pm 1,5$ cm. Leur poids varie de 0,7 à 11,9 g. Le poids moyen est estimé à $5,2 \pm 2,3$ g. La relation poids-longueur est exprimée par l'équation de droite (équation IX)

pour les males + femelles (Figure 3):

$$P(g) = 2,18 \times 10^{-2} \times LF^{2,59} \quad IX$$

Le coefficient de croissance relative $b = 2,59 < 3$ révèle une relation de croissance allométrique minorante, où la croissance en poids chez l'anchois est moins rapide que la croissance en longueur.

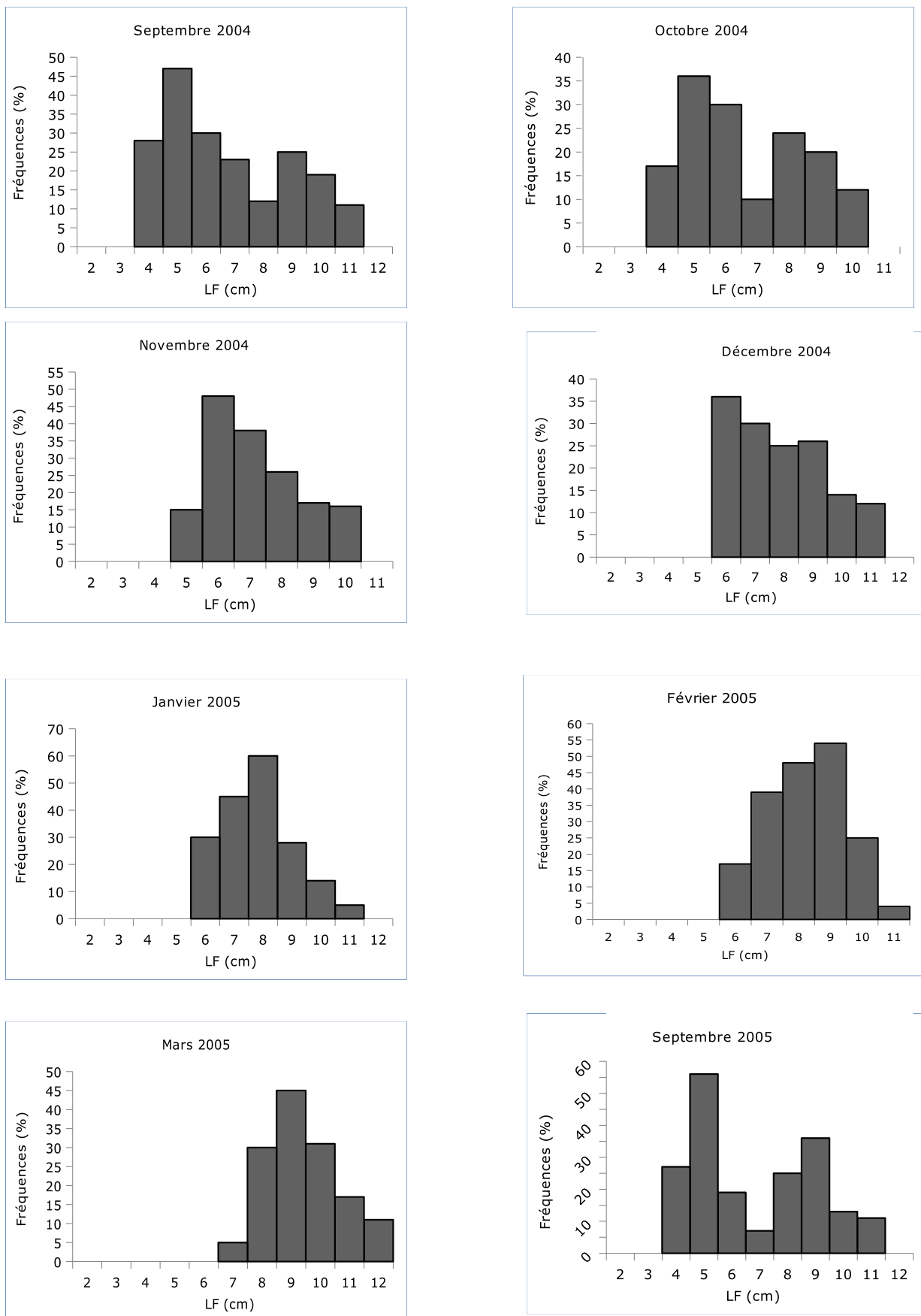


Figure 2: Distribution des fréquences de tailles des anchois capturés dans le littoral de Côte d'Ivoire de septembre 2004 à septembre 2005, (LF= longueur à la fourche).

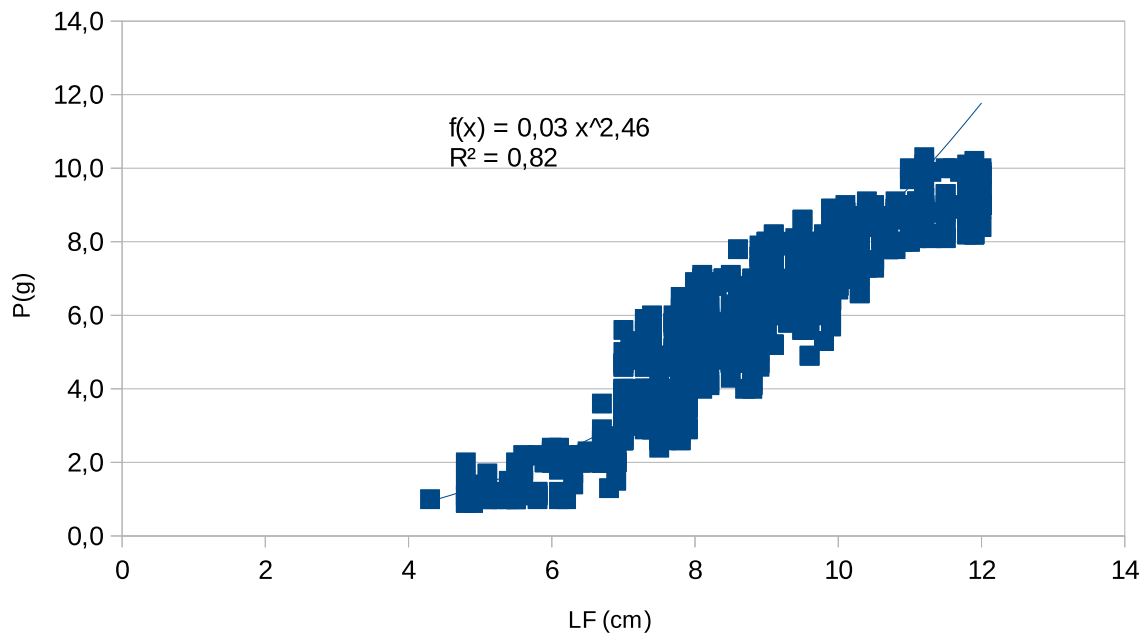


Figure 3 : Relation longueur-poids chez *E. encrasicolus* dans le littoral-Est ; de Côte d'Ivoire : A= mâles + femelles (n= 4200) ; P= Poids du poisson sans les gonades en gramme ; LF: longueur à la fourche du poisson en centimètre

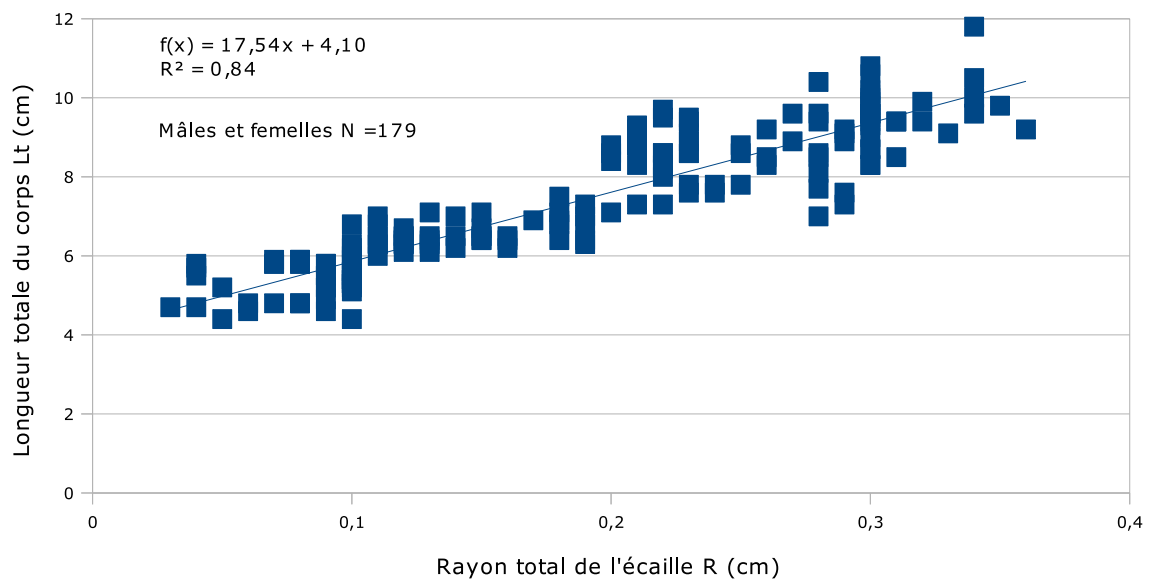
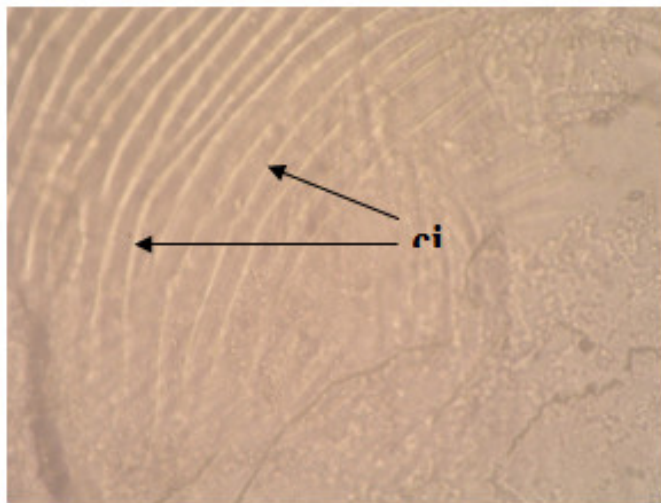
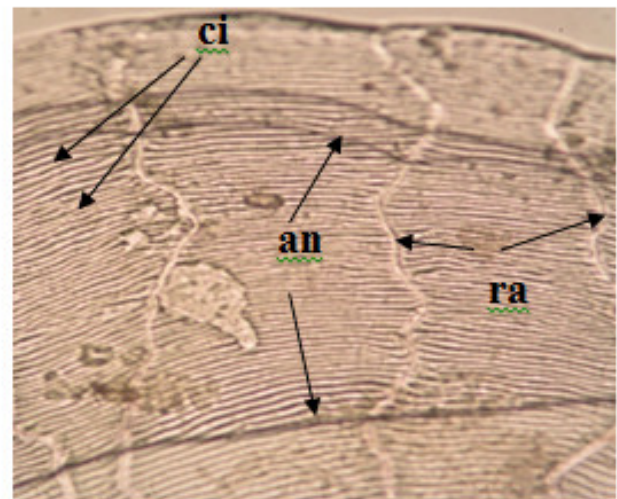


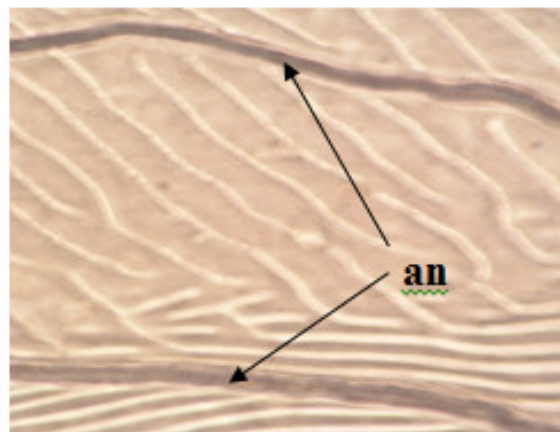
Figure 4 : Relations entre le rayon de l'écaïlle (cm) et la longueur du corps (cm) de l'anchois, *Engraulis encrasicolus*.



a) spécimen de 5 mois (G × 400)



b) : spécimen de 12 mois + (G × 400)



c) : spécimen de 12 mois + (G × 1000)

Figure 5: Ecaille de *Engraulis encrasicolus* observée au microscope optique montrant les *annuli* de croissance; an= *annuli*; ci= *circuli*; ra= *radii*.

a: spécimen de 5 mois (G × 400) b: spécimen de 12 mois + (G × 400) c: spécimen de 12 mois + (G × 1000)

Relation rayon de l'écaille - longueur du poisson

Chez les individus mâles et femelles de *Engraulis encrasicolus*, l'équation de droite de régression traduit une forte corrélation ($R= 0,91$) entre le rayon de l'écaille et la longueur du poisson. Cette corrélation indique que les écailles croissent proportionnellement à la taille (Figure 4). L'expression de la relation rayon de l'écaille-longueur du corps qui en découle est l'équation X:

$$LF = 17,54R + 4,10 \quad X$$

Ainsi *E. encrasicolus* a une taille 4,10 cm lors de la formation des premières écailles. Cette valeur théorique est statistiquement identique à celle observée dans les prises ($p>0,05$).

Lecture des marques sur les écailles

Les écailles de *E. encrasicolus* sont cycloïdes et de petites tailles. Les écailles prélevées sur les poissons de taille allant de 4 à 11,8 cm ont présenté deux types de stries: les fines sont appelées *circuli* et celles plus marquées sont appelées *annuli* ou anneaux. Ces écailles n'ont montré qu'un maximum de deux anneaux (Figure 5).

Trois classes d'âge numérotées de I à III ont été établies. La classe I concerne les spécimens dont les écailles ne présentent aucun anneau (pas d'arrêt de croissance) correspondant à environ 5 mois d'âge avec $4,1 \pm 0,2$ cm de longueur. La classe II renferme les individus ayant un seul anneau avec une taille moyenne de $9,2 \pm 1,70$ cm à 9 mois d'âge estimé. Ceux de la classe III dont les écailles portent deux anneaux ont une taille moyenne de $11,6 \pm 1,87$ cm à 10-12 mois.

Croissance linéaire

Les paramètres de la croissance linéaire obtenus par la méthode graphique de Walford (1946) sont: $L_{\infty} = 19,99$ cm; $K = 1,033$ (annuel); $t_0 = 0,0615$ (annuel).

L'expression de la croissance en longueur en fonction du temps peut alors s'écrire (équation XI):

$$Lt = 19,99 [1 - \exp(-1,033 (t - 0,0615))] \quad \text{XI}$$

La croissance en longueur montre que *E. encrasicolus* croît rapidement pendant les premiers mois pour atteindre 8 cm puis cette croissance ralentit par la suite.

Estimation de la croissance pondérale

L'équation (équation XII) de la croissance pondérale est :

$$Wt = 149,7[1 - \exp(-1,033 (t - 0,0615))]^{2,5953} \quad \text{XII}$$

La croissance pondérale est lente au cours des premiers mois, puis à partir du 6^{ème} mois, elle est rapide.

Discussion

L'analyse des fréquences de tailles révèle que le premier mode à gauche est celui de la cohorte des juvéniles nouvellement recrutés qui fait son apparition dans les prises en septembre. Ceci confirme bien l'hypothèse de reproduction des anchois dans le littoral ivoirien émise par Ouattara *et al.* (14). Le second mode à droite correspond à la cohorte précédente.

D'après les histogrammes de tailles, les spécimens de *E. encrasicolus* rencontrés, ont des tailles qui varient entre 4 et 11,8 cm. A cinq mois d'âge, *E.*

encrasicolus a une taille moyenne à la fourche de 4,1 cm en Côte d'Ivoire, elle a été évaluée à 4,2 cm en Mauritanie (2); à 4,5 cm en Algérie (3) et à 4 cm en Afrique du Sud (20). La croissance est rapide au cours des 8 premiers mois et lente par la suite. La population échantillonnée lors de cette étude a une longévité apparente d'environ 1 an pour des longueurs totales comprises entre 10 et 11,8 cm. Ces résultats sont partagés par plusieurs auteurs notamment, Whitehead *et al.* (20) en Afrique du Sud et Khemiri *et al.* (9) en Tunisie où les mêmes espèces d'anchois ont respectivement 11,1 cm et 10,35 cm. Par contre, à un an d'âge, les spécimens ont 13,5 cm en Mauritanie (2); 12,87 cm dans la côte ouest de l'Algérie (3) et 12,9 cm dans la côte nord de la Tunisie (9). En effet, les eaux marines de ces pays bénéficient d'un apport permanent de sels nutritifs émanant des courants ascendants des eaux froides; elles sont favorables à la croissance et à la reproduction des anchois en hiver, au printemps et en été (14), ce qui n'est pas le cas dans le golfe de Guinée. Le taux de croissance élevé dès les premiers mois chez *E. encrasicolus*, pourrait s'expliquer par le fait que l'individu étant immature, le maximum d'énergie corporelle est consenti pour la croissance comme le soulignent Ruiz *et al.* (17). Le ralentissement de la croissance observé à partir de 8 mois d'âge serait lié à la répartition de l'énergie corporelle entre la croissance, la maturation des organes sexuels et la reproduction comme l'attestent Raab *et al.* (16) chez de nombreux poissons. En effet, l'anchois étudié, atteint sa maturité sexuelle à partir de 8,4 cm (14), qui coïncide avec le ralentissement de sa croissance. Par ailleurs, dans certaines régions tempérées notamment le Golfe de Gascogne, *E. encrasicolus* peut vivre jusqu'à 5 ans avec une longueur totale de 20 cm (5) et présente 15 cm à un an. Ces résultats diffèrent de ceux de la présente étude. Ces différences observées pour cette espèce dans divers milieux pourraient être liées aux conditions environnementales notamment la plus grande disponibilité de ressources alimentaires dans certains milieux et la forte pression de pêche exercée dans de nombreuses pêcheries africaines (3, 16).

La plus grande taille et la longévité élevée dans les régions tempérées seraient le résultat d'un milieu aux facteurs environnementaux favorables et dont l'effort de pêche est contrôlé (17). L'observation des marques sur les écailles indique deux *annuli* de croissance par an, le premier à 8 mois et le second à 12 mois. L'apparition du premier anneau de croissance coïncide avec la taille de première maturité sexuelle qui est de 8,4 cm chez les mâles et 8,8 cm chez les femelles (14). Ainsi, ce ralentissement de croissance semble être le fait d'une forte énergie corporelle consentie pour la première reproduction comme l'ont indiqué Ruiz *et al.* (17). Le deuxième anneau serait également la conséquence d'une nouvelle reproduction. Toutefois, la variation de certains facteurs environnementaux notamment la disponibilité de la nourriture pourrait influencer la croissance chez les poissons (3). Un

résultat similaire par otolithométrie avait été obtenu par Marchal (12) chez les anchois et les sardinelles en Côte d'Ivoire. Les résultats de la présente étude scalimétrique sont voisins de ceux de la Mauritanie (2) et de la Tunisie (6) sur la même espèce.

Conclusion

Cette étude montre que *E. encrasicolus* a une longévité d'environ 1 an marquée par une croissance rapide au cours des premiers huit mois et lente par la suite. Deux ralentissements de la croissance, probablement en rapport avec les périodes de reproduction, ont été observés. Au cours de l'année, deux cohortes apparaissent en septembre puis en octobre, marquées par les deux modes obtenus à partir de la distribution des fréquences de taille.

Références bibliographiques

1. Analbery M., 2004, *Biologie, écologie et pêche de Hemiramphus brasiliensis*, Thèse de doctorat, Uni. Bretagne, 61-123.
2. Ba I.S., 1990, *Biologie de l'anchois Engraulis encrasicolus, en Mauritanie*. wwwo.org/Doc RES.003 annexe 1, 19.
3. Bacha M., Moali A., Benmansour N-E., Brylinski J-M., Mahé K. & Amara R., 2010, Relationships between age, growth, diet and environmental parameters for anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.) in the Bay of Bénisaf (SW Mediterranean, west Algerian coast). *Cybium*, **34**, 1, 47-57.
4. Diabagaté S., 2008, *Le littoral ivoirien face aux risques naturels*. Université de Cocody- Abidjan-DEA, 23.
5. Duhamel E. & Massé J., 2004, *Anchois commun (Engraulis encrasicolus) stock du golfe de Gascogne (Divisions VIIIab du CIEM)* <http://www.ifremer.fr/français/produits/infopool.lof.htm>
6. Gaamour A., Khemiri S., Mili S. & Ben Abdallah L., 2004, L'anchois *Engraulis encrasicolus* des côtes Nord de la Tunisie : Reproduction et Exploitation, *Bull. Inst. Natl. Sci. Tech. Mer de Salammbô*, **31**, 17-24.
7. Gole Bi G.G., Koffi K.J.D. & Dadi S.G., 2005, *Contribution socio-économique de la pêche artisanale en Côte d'Ivoire*. DFID (Department for International Development), Programme pour des Moyens d'Existence Durables dans la Pêche (PMEDP) en Afrique de l'Ouest (GCP/INT/735/UK). Abidjan, Juin. FAO, 49.
8. Kacher M., 2004, *Le merlu du golfe de Gascogne et de la mer Celtique : Croissance, Répartition spatiale et bathymétrie, Ecologie alimentaire et Assemblages*. Thèse de doctorat de l'Université du Littoral - Côte d'Opale, 163.
9. Khemiri S., Gaamour A., Meunier F.J. & Zylberberg L., 2007, Age and growth of *Engraulis encrasicolus* (Clupeiforme : *Engraulidae*) in the Tunisian waters, *Cah. Biol. Mar.*, **48**, 3, 259-269.
10. Lamotte M., 1971, *Initiation aux Méthodes statistiques en Biologie*. Paris: Masson & Cie. 144 p.
11. Le Guen J. C., 1971, Dynamique des populations de *Pseudolithus (Fonticulus) elongatus* (Bowd, 1825). Poissons Sciaenidae, *Cah. ORSTOM. Sér. Océanogr.*, **9**, 1, 3-84.

12. Marchal E., 1966, Oeufs, larves et post larves de l'Anchois du Golfe de Guinée, *Anchoviella guineensis* (Blache et Rossignol), *Doc. Sci. Prov., ORSTOM. Abidjan*, 5, 15.
13. Morliere A., 1970, Les saisons marines devant Abidjan, *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, **1**, 2, 1-15.
14. Ouattara S., Fantodji A. & Ouattara M., 2008, Quelques aspects reproductifs de l'anchois (*Engraulis encrasicolus*) de la pêche artisanale du littoral-Est ivoirien, *Cybiuim*, **32**, 2, 201-209.
15. Ouattara S., 2009, *Etude de l'anchois Engraulis encrasicolus (Linnaeus, 1758) dans le littoral-Est de Côte d'Ivoire : production de la pêche artisanale et biologie*. Thèse de doctorat unique, Université d'Abobo-Adjamé, 163.
16. Raab K., Llope M., Nagelkerke L.A.J., Rijnsdorp A.D., Teal L.R., Licandro P., Ruardij P. & Dickey-Collas M., 2013, Influence of temperature and food availability on juvenile European anchovy *Engraulis encrasicolus* at its northern boundary, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **488**, 233-245.
17. Ruiz J., Garcíá-Isarch E., Huertas E., Prieto L., Juárez A., Muñoz J.L., Sanchez La-Madrid A., Rodriguez S., Narranjo J.M. & Baldó F., 2006, *Meteorological and Oceanographic factors influencing Engraulis encrasicolus early life stages and catches in the Gulf of Cádiz Deep-sea Research II*, This issue.12.
18. Von Bertalanffy L., 1938, A quantitative theory of organic growth. *Human Biol.*, 10, 2, 181-213.
19. Walford L.A., 1946, A new graphic method of describing the growth of animals, *Biol. Bull. Woods Hole*, **90**, 141-147.
20. Whitehead P.J.P., Nelson G.J. & Wongratana T., 2002, *FAO species catalogue. Vol. 7. Clupeoid fishes of the world (Suborder Clupeoidei). An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolf-herrings. Part 2 - Engraulidae*. *FAO Fish. Synop.* 125, 7/2, 305-579.

S. Ouattara, Ivoirien, PhD, Maître-assistant, Université Nangui Abrogoua, UFR-Sciences de la Nature, Laboratoire de Biologie et de Cytologie Animale, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Y. Bamba, Ivoirien PhD, Maître-assistant, Université Nangui Abrogoua, UFR-Sciences et Gestion de l'Environnement, Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique, Abidjan, Côte d'Ivoire.

M. Karamoko, Ivoirien, PhD, Maître-assistant, Université Nangui Abrogoua, UFR-Sciences de la Nature, Laboratoire de Biologie et de Cytologie Animale, Abidjan, Côte d'Ivoire.

A. Fantodji, Béninoise, PhD, Professeur, Université Nangui Abrogoua, UFR-Sciences de la Nature, Laboratoire de Biologie et de Cytologie Animale, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Incidence de la déforestation sur les catégories écologiques des vers de terre dans le domaine et Réserve de Chasse de Bombo-Lumene (Kinshasa)

F. Milau Empwal^{1*}, C. Kachaka Sudi¹, J. Aloni Komanda², N. Mvumbi Madidila³ & F. Francis⁴

Keywords: Earthworms- Ecological categories- Deforestation- Degradation- Environment- DRC

Résumé

Les vers de terre améliorent la productivité des sols et contribuent au fonctionnement durable de tous les écosystèmes où on les retrouve. L'effet de différents niveaux de dégradation du couvert forestier sur l'abondance et la diversité spécifique des populations de lombrics a été évalué au niveau du domaine et réserve de chasse de Bombo-Lumene. Les résultats obtenus mettent en évidence une diminution de la biomasse moyenne de toutes les catégories écologiques de vers de terre avec l'augmentation de la dégradation du couvert forestier. Cette dégradation s'accompagne également d'une diminution de la fréquence relative des vers épigés dans les populations de lombrics des sites investigués. Les relations entre la faune de lombriciens et la fertilité des sols sont discutées notamment dans la perspective de mise en place de systèmes de production agro-forestiers.

Summary

Impact of deforestation on ecological categories of earthworms in the "Domaine et Réserve de Chasse" of Bombo-lumene (Kinshasa)

Earthworms improve soil productivity and contribute to sustainable functioning of all ecosystems where they can be found. The effect of different levels of degradation of the forest cover on the abundance and species diversity of earthworm populations was evaluated in the "domaine et réserve de chasse" of Bombo-Lumene. The results show a decrease in the average biomass of all ecological categories of earthworms with increasing degradation of forest cover. This degradation is also accompanied by a decrease of the relative frequency of epigeic earthworm populations of the investigated sites. Relations between earthworm fauna and soil fertility are discussed, particularly in the perspective of development of agroforestry systems.

Introduction

A part les toundras et les déserts, les écosystèmes terrestres sont peuplés de nombreux lombriciens. Ils jouent un rôle prépondérant dans le maintien de la qualité des sols et dans la transformation des matières organiques (4). La densité et la biomasse lombriciennes dépendent essentiellement de la structure végétale, du climat et du sol (13). Les vers de terre sont, sous les climats tempérés et tropicaux, considérés comme les ingénieurs de l'écosystème sol (12). Bouché (1) a proposé de les

classer en trois catégories écologiques basées sur des critères morphologiques (pigmentation, taille), comportementaux (alimentation, construction de galeries, mobilité) et écologiques (longévité, temps de génération, prédation, survie à la sécheresse). En raison de leur biologie, les populations de vers de terre peuvent renseigner sur l'état de la structure du sol, les conditions microclimatiques, la situation nutritionnelle et les éléments toxiques présents dans les sols (5). Pour ces raisons, les lombriciens sont devenus des bio-indicateurs pour l'étude de l'impact écologique potentiel de contaminants, provenant d'activités anthropiques.

¹Université de Kinshasa, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire de Gestion des Ressources Naturelles, Kinshasa, R.D. Congo

²Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Laboratoire de Géomorphologie et pédologie, Kinshasa, R.D. Congo.

³Université de Kinshasa, Faculté des Sciences Economiques, Unité de Statistique et Mathématique appliquée, Kinshasa, R.D. Congo.

⁴Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive, Gembloux, Belgique.

*Auteur correspondant: Email: filsmilau@gmail.com

Reçu le 24.07.14 et accepté pour publication le 7.10.14

Par ailleurs, les caractéristiques du sol peuvent être modifiées de manière significative par les activités humaines comme la pratique de cultures intensives mécanisées. Dans la Réserve et Domaine de Chasse de Bombo-Lumene (DRCBL), la déforestation et la dégradation perpétrées par l'homme sur les écosystèmes forestiers au profit d'une agriculture de survie prennent des allures inquiétantes. Quelles qu'en soient ses modalités, l'agriculture succédant à la forêt vise invariablement à transformer le milieu. Il est établi que les modifications des écosystèmes par l'homme (déforestation et dégradation) peuvent influencer sur le niveau des populations de vers de terre et leur diversité spécifique. Du fait de la sensibilité des lombriciens face aux changements des conditions de l'environnement, une réduction de leur diversité, de leur densité ainsi que de leur biomasse est souvent observée en milieu cultivé (17).

Les études réalisées jusque là dans le DRCBL ont mis l'accent sur les modalités et les moteurs de la déforestation tandis que l'impact de la transformation de la forêt sur les propriétés physico-chimiques du sol a été peu investigué. L'action de la déforestation sur la population lombricienne reste encore très largement méconnue, bien que celle-ci fasse certainement partie des agents majeurs de la récupération du sol. La présente étude poursuit l'objectif d'évaluer l'incidence de la dégradation forestière sur les catégories écologiques des vers de terre.

Matériel et méthodes

Site étudié

Situé à 125 km du centre ville de Kinshasa dans la commune de Maluku, l'aire protégée dénommée «Domaine et Réserve de Chasse de Bombo-Lumene» s'étend sur 300.000 hectares. La localisation de cette aire protégée est présentée à la Figure 1. Les rivières Lufimi et Bombo forment respectivement les limites Est et Ouest du domaine. La frontière Sud se trouve au niveau du village Kasangulu, dans la province du Bas-Congo et au Nord, la route nationale numéro 2 marque la fin du domaine.

Le domaine est compris entre 4°20' et 5°80' de latitude Sud et 15°50' et 16°20' de longitude Est et son altitude moyenne est de 600 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Statutairement Bombo-Lumene inclut deux types d'aires protégées: une réserve intégrale et un domaine de chasse créés respectivement en 1976 et en 1968. Dans la première, toute action sur l'écosystème est normalement interdite (chasse, pêche, cueillette, habitat, etc.).

Au sein du domaine de chasse, par contre, l'exploitation des ressources est autorisée, pour peu qu'elles soient respectueuses de l'environnement, la chasse, la pêche, la cueillette et l'agriculture non mécanisée sont permises tant qu'elles ne sont pas menées de façon intensive. Le but est évidemment de permettre à la faune et à la flore de mieux se régénérer.

Le domaine de chasse constitue une source d'aliments, pour les habitants. Il a également pour fonction de former une zone tampon protectrice de la réserve intégrale.

La flore dominante est une savane arbustive entrecoupée de galeries forestières étroites occupant les berges des cours d'eau et les flancs des vallées. On y trouve une couverture sableuse du type Kalahari. La perméabilité du sous-sol sableux permet à la zone d'être bien drainée. Les sols sont acides. Selon la classification de Köppen, le climat est du type Aw₄. Il s'agit d'un climat tropical humide caractérisé par deux saisons: sèche et humide de respectivement quatre et huit mois (9). Jadis, cette aire protégée abritait plusieurs espèces d'animaux sauvages dont certaines ont aujourd'hui disparu, tandis que d'autres sont en voie de disparition. Il subsiste néanmoins quelques babouins, hippopotames, buffles, rongeurs et divers oiseaux. Les écosystèmes de Bombo-Lumene procurent aux communautés locales des aliments, des médicaments et des matériaux (construction, artisanat, etc.) et ils permettent également l'expression de valeurs humaines, culturelles et spirituelles fondamentales. (19).

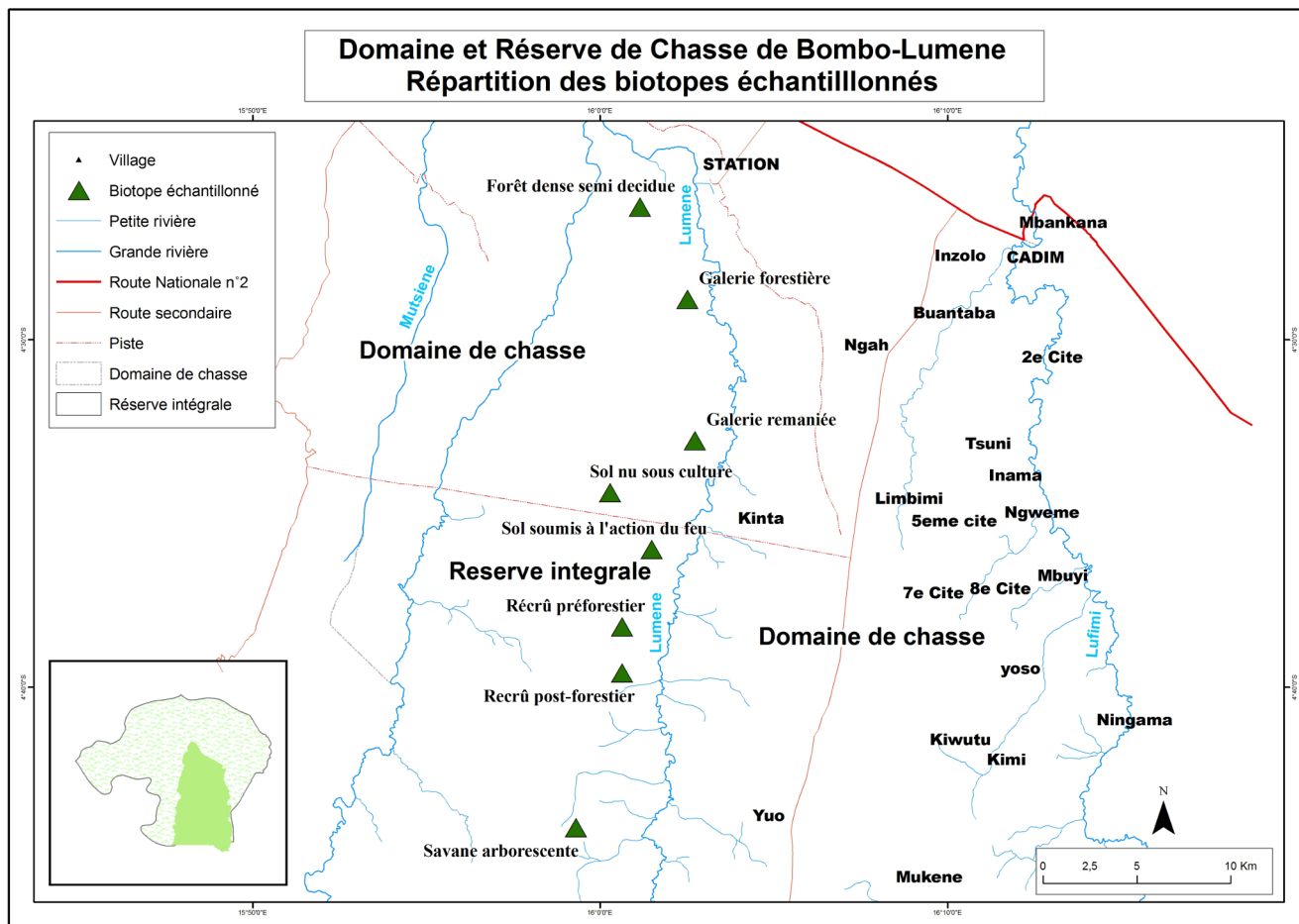


Figure 1: Localisation du Domaine et Réserve de chasse de Bombo-lumene et répartition des environnements explorés.

Expérimentations

Les échantillons de vers de terre ont été prélevés dans des parcelles caractéristiques de huit types d'occupation du sol: (a) la forêt dense semi décidue, (b) la galerie forestière, (c) la galerie forestière remaniée, (d) le recrû pré-forestier, (e) le recrû post-forestier, (f) la savane arborescente, (g) les sols nus ou sous culture, et (h) les sols soumis à l'action du feu (site de production de charbon de bois ou ayant subi le passage d'un feu de brousse). Les prélèvements ont été réalisés de janvier à décembre 2012, à raison d'une fois par trimestre par la méthode de l'extraction au formol appliquée sur une surface de 1 m². Cette méthode est bien adaptée aux milieux hétérogènes où les densités des lombriciens sont supposées être différentes et la taille de la surface du prélèvement suffisante pour intégrer à la fois la variabilité de distribution des lombriciens associée à cette hétérogénéité naturelle

du milieu et leur faible densité. Elle a été complétée par un tri manuel appliqué sur un volume de 0,02 m³ de sol (0,10 m² x 0,2 m de profondeur). Trois répétitions ont été réalisées sur chaque type d'environnement étudié. Au total 24 parcelles ont été investiguées. Les lombriciens récoltés étaient placés dans des piluliers préalablement étiquetés contenant une solution d'alcool à 70°.

Au laboratoire, les échantillons de lombriciens ont été déterminés suivant une clé mise au point par Bouché (1) et la méthode RBA (Rapid Biodiversity Assessment) basée sur une détermination taxonomique simplifiée suivie d'une différenciation visuelle des individus (15). La méthode consiste à identifier les individus jusqu'à l'ordre; les niveaux taxonomiques inférieurs (famille, genre, espèce) ne sont pas pris en compte. Au sein de chaque ordre, les individus sont analysés selon trois critères de détermination: leur couleur, leur taille et leur morphologie.

Ils sont ainsi classés en différents groupes appelés morphotypes. Dans le cadre de cette étude, les individus ont été regroupés selon leurs catégories écologiques à savoir: les épigés, les endogés et les anéciques.

Les analyses statistiques ont été effectuées sur les catégories écologiques des lombriciens et les différentes occupations du sol.

La diversité des catégories de vers de terre a été déterminée pour chaque environnement (type d'occupation du sol) par l'indice de diversité de Shannon-Wiener (Formule I):

$$H' = -\sum_i \ln p_i \ln p_i \quad \text{I}$$

où p_i est la proportion d'une espèce i par rapport au nombre total d'espèces dans le milieu d'étude, qui se calcule avec la formule II:

$$p_i = n_i / N \quad \text{II}$$

où n_i est le nombre d'individus pour l'espèce i et N est l'effectif total.

L'indice d'équitabilité de Pielou révèle la répartition des individus au sein des espèces, il a été calculé par la formule III:

$$J' = H' / H' \max \quad \text{III}$$

H' = indice de Shannon-Wiener

Des tests statistiques paramétriques et non paramétriques ont donc été choisis pour analyser les données. Le test de χ^2 (univarié et bivarié) et l'étude de corrélation de Bravais Pearson ont été réalisés afin d'évaluer respectivement l'existence d'une relation ; l'homogénéité des échantillons et la distribution de la densité des lombriciens à l'intérieur de chaque habitat ainsi que l'intensité de la relation. Les tests de corrélations ont été réalisés au seuil de probabilité de 5%.

Résultats

Abondances des communautés lombriciennes

Au total, 3.196 individus ont été capturés sur l'ensemble des 24 postes de prélèvement (Figure 2). Les valeurs d'abondance totale par type d'environnement suivent un gradient descendant en fonction du niveau de dégradation du couvert forestier. C'est-à-dire depuis la Forêt dense semi-décidue (889 individus) jusqu'aux sols soumis à l'action du feu (94 individus)

Influence de l'environnement sur l'abondance des catégories écologiques des lombriciens

Les lombriciens capturés dans les différents environnements ont été regroupés en trois catégories écologiques (Figure 3). Les vers endogés y sont incontestablement les plus nombreux. L'importance relative des deux autres catégories écologiques varie selon le niveau de dégradation du milieu. La proportion de vers épigés est supérieure à celle des vers anéciques dans les trois environnements où le couvert forestier est le moins dégradé; c'est-à-dire au niveau de la forêt dense semi-décidue, des galeries forestières et des galeries remaniées. Dans tous les autres environnements, les vers anéciques sont plus nombreux que les épigés.

Evaluation de l'hétérogénéité, de l'équitabilité inter-habitat et du lien entre les différentes catégories écologiques

L'indice d'équitabilité de Pielou permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces indépendamment de la richesse spécifique. Une valeur s'approchant de 0 a été obtenue et traduit la dominance d'une catégorie par rapport aux autres en l'occurrence, les endogés. L'indice de Shannon, confirme ces différences significatives entre les habitats ciblés.

Les résultats repris au tableau 1 montrent qu'il existe une corrélation positive élevée et très hautement significative entre les abondances de chaque catégorie écologique de vers pour l'ensemble des environnements investigués.

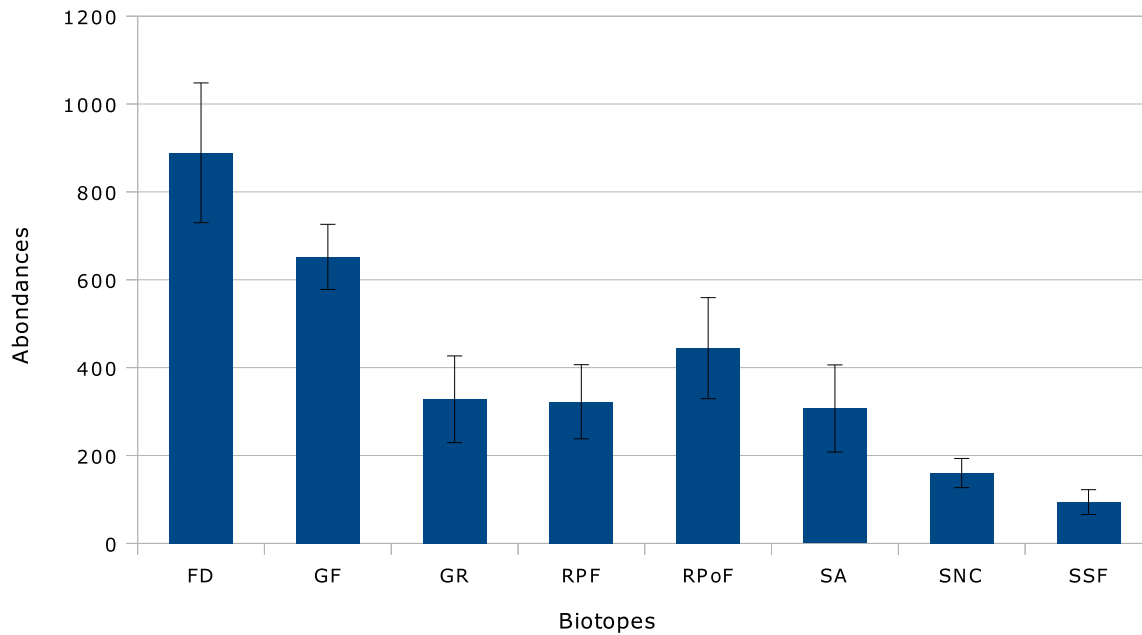


Figure 2: Abondances des communautés lombriciennes de chaque environnement (FD= Forêt dense semi-décidue, GF= Galerie forestière, GR= Galerie remaniée, RPF= Recrû pré-forestier, RPoF= Recrû post-forestier, SA= Savane arborescente, SNC= sol nu ou sous culture, SSF= sol soumis à l'action du feu).

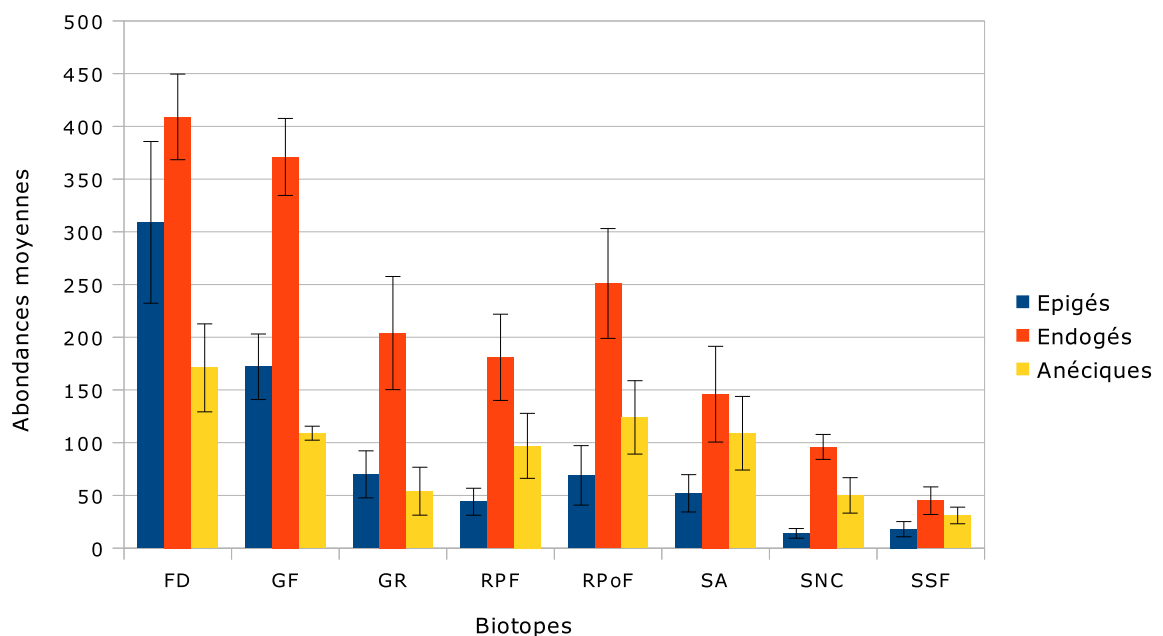


Figure 3: Abondances des individus observés dans chaque environnement classés selon leur catégorie écologique (FD= Forêt dense semi-décidue, GF= Galerie forestière, GR= Galerie remaniée, RPF= Recrû pré-forestier, RPoF= Recrû post-forestier, SA= Savane arborescente, SNC= sol nu ou sous culture, SSF = sol soumis à l'action du feu).

Tableau 1

Matrice des coefficients de corrélation de Pearson calculés entre les trois catégories écologiques de vers de terre pour l'ensemble des huit environnements investigués.

	Epigés	Endogés	Anéciques
Epigés	1		
Endogés	0,906***	1	
Anéciques	0,792**	0,824***	1

N = 3, *** = significatif au seuil de probabilité $P < 0,001$, ** = Significatif au seuil de probabilité $P < 0,01$

Tableau 2

Matrice des coefficients de corrélation de Pearson calculés entre les différents environnements pour l'ensemble des vers observés dans chacun d'entre eux.

		FD	GF	GR	RPF	RPoF	SA	SNC	SSF
FD	Pearson	1							
GF	Pearson	0,928	1						
GR	Pearson	0,869	0,991*	1					
RPF	Pearson	0,533	0,81	0,882	1				
RPoF	Pearson	0,61	0,862	0,922	0,996	1			
SA	Pearson	0,305	0,638	0,736	0,968	0,94	1		
SNC	Pearson	0,481	0,774	0,852	0,998*	0,988*	0,982	1	
SSF	Pearson	0,438	0,742	0,826	0,994*	0,976	0,990*	0,999*	1

N = 8, * = significatif au seuil de probabilité $P < 0,05$.

FD= Forêt dense semi-décidue, GF = Galerie forestière, GR= Galerie remaniée, RPF= Rechrû pré-forestier, RPoF= Rechrû post-forestier, SA= Savane arborescente, SNC= sol nu ou sous culture, SSF= sol soumis à l'action du feu

Ce qui signifie que plus un environnement est favorable à l'abondance d'une catégorie écologique de vers de terre, plus il l'est également pour les deux autres.

Tous les coefficients de corrélation calculés entre les environnements pour les populations totales de vers observées dans ceux-ci sont positifs (Tableau 2). Ils varient entre 0,305 et 0,999. Cependant, seulement sept d'entre eux sont significatifs. Il s'agit principalement des corrélations existant entre les populations totales de vers de terre observées dans les environnements les plus dégradés.

Discussion

L'étude démontre qu'il existe un lien entre les effectifs totaux des populations de lombriciens et les environnements étudiés. Il en va de même pour l'importance relative des catégories écologiques dans chaque environnement. Cette relation semble être principalement fonction du degré de dégradation du milieu.

Tous les environnements sont dominés par les endogés, signe de la grande importance de ce type de vers pour le fonctionnement de l'écosystème édaphique et de leur moins grande sensibilité que les deux autres catégories écologiques à la dégradation du milieu. La forêt dense semi-décidue connaît de faibles fluctuations des conditions micro climatiques. L'humidité relative du sol y est élevée surtout pendant la nuit. Les précipitations n'interviennent que pour une faible part dans le maintien de cette humidité car les couronnes des arbres interceptent une bonne partie de la pluie. C'est surtout la réduction de l'évapotranspiration, liée en partie à la diminution de la vitesse du vent qui explique la préservation de ce haut niveau d'humidité (3) très favorable au développement des lombriciens. La prédominance des épigés par rapport aux anéciques dans ce milieu est attribuée non seulement au maintien de l'humidité, même dans les tout premiers centimètres du sol, mais aussi à l'abondance et à la qualité de la matière organique qui s'y trouve.

En effet, la forêt dense semi-décidue alimente l'horizon humifère en matière organique dont se nourrissent les épigés.

La présence de plages de sols non protégées par le couvert des arbres dans les galeries forestières se traduit par une forte pénétration des rayons du soleil lesquels réduisent l'humidité et augmentent la température du sol.

Dans les galeries remaniées, les fréquentes interventions humaines limitent le développement de l'ensemble des catégories écologiques de vers de terre, influençant principalement les espèces épigées.

Celles-ci soumises directement au changement des conditions physiques du milieu liées à une plus grande exposition du sol à l'ensoleillement et au piétinement qui induisent son compactage avec pour conséquence une baisse de sa perméabilité et de l'infiltration de l'eau. L'importance de la prédation exercée sur les vers de terre tend également à augmenter avec l'importance des interventions humaines.

Le recrû pré-forestier se caractérise par la présence d'essences de forêts secondaires à croissance très rapide comme *Musanga cecropioides*, *Dracaena mannii*, *Oncoba welwitschii*, *Trema orientalis*, *Pentaclethra eetveldiana*, *Pentaclethra macrophylla*, *Albizia adianthifolia*, *Alchornea cordifolia*, *Allophylus africanus*, *Markhamia tomentosa*, *Vernonia conferta* et *Strychnos variabilis* dont les canopées réduisent les radiations directes au sol et l'enrichissent en matière organique.

La prédominance des anéciques par rapport aux épigés dans cet environnement et dans tous ceux qui y sont apparentés, s'explique du fait que les galeries profondes qu'ils creusent leur permettent d'échapper à la prédation des oiseaux, des cochons et des arthropodes. En outre, les galeries conservent une bonne humidité permettant ainsi le maintien et le développement de ces derniers même lors du dessèchement du sol.

A l'inverse, le recrû post-forestier présente une densité de vers de terre légèrement plus importante que le recrû pré-forestier. Les débris résiduels de la déforestation offrent autant de nutriments à la macrofaune, mais la colonisation de l'environnement par *le Chromoleana odorata*,

l'Hymenocardia acida et *Hymenocardia ulmoides* acidifie le sol et en modifie les propriétés. Le changement de structure de la végétation modifie également les conditions microclimatiques en surface (18), en particulier en asséchant l'air et en augmentant les amplitudes thermiques. Les études antérieures de la macrofaune du sol en Amazonie avaient déjà montré combien la coupe de la forêt pouvait affecter la densité de la macrofaune du sol (7, 11), mais peu d'études avaient jusqu'ici quantifié la perte en espèces engendrée. Dans la savane arborescente, la végétation est majoritairement herbacée. La faible quantité en nutriments et en matière organique ne permet pas le bon développement des lombriciens, car la savanisation s'accompagne souvent d'un appauvrissement de la macrofaune du sol, en particulier des vers de terre (7). Les mêmes mécanismes que ceux cités précédemment, vis-à-vis des conditions microclimatiques, peuvent être également être évoqués dans ce contexte. La biomasse lombricienne dans les sols nus ou sous culture est faible, tout particulièrement pour les épigés. Ceci corrobore le fait que les pratiques agricoles limitent le développement de l'ensemble des catégories écologiques, influençant principalement les espèces épigées qui peuvent totalement disparaître. Les espèces endogées et anéciques sont aussi très sensibles aux conditions qui prévalent dans un tel milieu (16). Evans et Guild (6) ont d'ailleurs montré qu'un labour peut réduire le peuplement lombricien de 70% en 5 ans. Hopp (10) confirme ces observations en soulignant que la charrue à disques et le sarclage sont particulièrement nocifs pour les espèces de surface. En outre, la conversion de la forêt en culture transforme complètement le milieu. La température moyenne du sol augmente de plus de 5 °C. Certains vers tropicaux évitent les températures très élevées (14).

Les parcelles dont le sol est soumis au feu renferment la plus faible biomasse lombricienne. Le passage régulier du feu empêche la recolonisation progressive des plages de sol nu en éliminant la matière organique dont les lombriciens s'alimentent. A une échelle toujours plus fine, la qualité de la matière organique, c'est-à-dire sa composition, peut

influencer la faune du sol, car le gradient en qualité de la matière organique du sol serait à l'origine des stratégies différentes de développement des vers de terre (2). De plus lors d'un feu, la température du sol peut atteindre 200°C dans les 15 premiers centimètres du sol (3) ce qui éliminerait les espèces peu mobiles vivant dans les premiers centimètres du sol. Les anéciques et les endogés qui nichent plus en profondeur arrivent à mieux échapper aux aléas des fortes températures (8).

Conclusions

La biomasse moyenne des populations de vers de terre varie selon le type d'environnement. Plus ce dernier est dégradé, moins on y trouve des lombriciens. De plus, des réponses différentes de chaque catégorie écologique face aux changements intervenus dans le milieu ont été observées.

La dégradation du couvert forestier s'accompagnant de conditions de moins en moins favorables au développement des épigés dans les premiers centimètres du sol, on constate une diminution de l'importance relative de cette catégorie écologique dans les environnements les plus transformés par les actions anthropiques, c'est-à-dire dans les parcelles cultivées et dans les endroits soumis à l'action du feu.

A l'évidence, la conversion de la forêt en toute autre occupation du sol modifie la quantité de matière organique, les concentrations en nutriments et le microclimat du sol; ce qui engendre inéluctablement des conséquences sur toutes les composantes de la biodiversité. La mise en place de systèmes de production agro-forestiers devrait permettre de limiter cette tendance négative et d'assurer une meilleure gestion de la fertilité du sol.

Références bibliographiques

1. Bouche M.B., 1972, *Lombriciens de France. Ecologie et Systématique*. I.N.R.A. (Ann. Zool.- écol. anim. Numéro hors série 72/2), Paris, 671.
2. Bouche M.B., 1977, Stratégies lombriciennes, *Bull. Ecol.*, **25**, 122-132.
3. Dajoz R., 2000, Précis d'écologie. Dunod, Paris, 615.
4. Decaëns, T., Mariani, L. & Lavelle, P., 1999, Soil surface macrofaunal communities associated with earthworm casts in grasslands of the Eastern Plains of Colombia, *Appl. Soil Ecol.*, **13**, 87-100.
5. Edwards C.A. & Bohlen P.J., 1996, *Biology and Ecology of earthworm* (3rd edition). Chapman and Hall, London.
6. Evans A.C. & Guild W.J., 1948, Studies on the relationships between earthworm and soil fertility. V – Field populations, *Ann. Appl. Biol.*, **35**, 485-493
7. Fragoso C., Lavelle P., Blanchart E., Senapati B., Jiménez J.J., De los angeles M., Decaëns T. & Tondoh. J., 1999, *Earthworm Communities of Tropical Agroecosystems: Origin, Structure and Influence of Management Practices*, 27-55.
8. Gimeno-garcia E., Andreu V., & Rubio J.L., 2004, Spatial patterns of soil temperatures during experimental fires, *Geoderma*, **118**, 17-38.
9. Habiyaemye M.F., Nlandu L. & Malio N., 2011, *Habitats de la Réserve et Domaine de chasse de Bombo-Lumene (R.D. Congo). Lexique Kiteke des plantes observées dans ces milieux*, Institut Congolais pour la Conservation de la Nature, 144.
10. Hopp H., 1947, The ecology of Earthworms in cropland, *Proc. Soil Sci. Amer.*, **12**, 503-507
11. Lavelle P., & Pashanasi B., 1989, Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto), *Pedobiologia*, **22**, 283-291.
12. Lavelle P. & Spain A.V., 2001, *Soil ecology*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 654.
13. Lee K.E., 1985, *Earthworms. Their ecology and relationships with soil and land use*, academic Press, Sydney, 411.
14. Ortiz-ceballos A. & Fragoso C., 2004, Earthworms populations under tropical maize cultivation: the effect of mulching with velvetbean, *Biol. Fertil. Soils*, **39**, 438-445.
15. Porte B., 2011, *Estimation de la biodiversité par une méthode simplifiée d'identification des arthropodes, Approche paysagère à l'échelle du territoire viticole des Costières de Nîmes*. Master en Sciences de l'Environnement Terrestre, Université Paul Cézanne, 82.

-
16. Raw F., 1959, Estimating earthworm populations by using formalin, *Nature* (London), **184**, 1661- 1662.
17. Smeaton T.C., Daly A.N. & Cranwell J.M., 2003, Earthworm population responses to cultivation and irrigation in a South Australian soil, *Pedobiol.*, **47**, 379-385.
18. Strehlow K., Bradley J.S., Davis J., & Friend G.R., 2002, Short term impacts of logging on invertebrate communities in jarrah forests in south-west Western Australia, *For. Ecol. Manage.*, **162**,165-184.
19. Vermeulen C. & Lanata F., 2006, Le Domaine de chasse de Bombo-Lumene : un espace naturel en péril aux frontières de Kinshasa, *Parcs Réserves*, **61**, 4-8.
-

F. Milau Empwal, Congolais RDC, DEA, Assistant de Recherche, Université de Kinshasa, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire de gestion des Ressources naturelles, Kinshasa, R.D. Congo.

C. Kachaka Sudi, Congolais RDC, PhD, Professeur, Université de Kinshasa, Faculté des Agronomiques, Kinshasa, R.D. Congo.

J. Aloni Komanda, Congolais RDC, PhD, Professeur, Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Laboratoire de Géomorphologie et pédologie, Kinshasa, R.D. Congo.

N. Mvumbi Madidila, Congolais RDC, Licenciée, Assistante de recherche, Université de Kinshasa, Faculté des Sciences économiques, Unité de Statistique et Mathématique appliquée, Kinshasa, R.D. Congo.

F. Francis, Belge, PhD, Professeur, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive, Gembloux, Belgique.

Etude des conditions de germination des graines de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) obtenues par sélection génétique

K.D. Adjata¹, L. Tchaniley¹, E. Banla¹, K.K. Tchansi¹ & Y.M.D. Gumedzoe¹

Keywords: Cassava seeds- Clones- Conditions- Germination- Selection- Togo

Résumé

La production du manioc (Manihot esculenta, Crantz), principale plante amyliacée d'Afrique, est fortement entravée par la maladie de la mosaïque du manioc. Pour combattre cette maladie, la sélection génétique reste un des moyens de lutte le plus adapté. L'obtention et le criblage des clones, lors du processus de sélection, sont conditionnés par une bonne maîtrise des conditions de germination des graines issues de la sélection génétique. Un dispositif expérimental en «Split plot» a été adopté afin d'évaluer l'effet de différents facteurs (ensoleillement, milieu de germination et traitement des graines) sur la germination des graines et les paramètres liés au taux et à la durée de germination. Les résultats à l'issue de cette étude ont montré qu'un fort degré d'ensoleillement permet d'augmenter la vitesse et d'améliorer le taux de germination. Des traitements réalisés, le traitement au froid des graines a permis d'améliorer le taux de germination des graines de manioc de 30% à 70%. La nature du milieu de germination n'a pas d'effet sur le taux et la vitesse de germination des graines de manioc. La germination des graines peut être réduite à 30 jours dans les conditions les plus favorables.

Summary

Study of Germination Conditions of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Seeds obtained by Genetic Selection

The production of Cassava (Manihot esculenta Crantz), the main starch crop in Africa, is drastically affected by Cassava Mosaic Disease (CMD). Genetic selection is one of the effective strategies to control this disease. Obtaining and screening clones, through the selection process, depend on the good management of germination conditions of seeds obtained by genetic selection. With this purpose, a Split-plot design was used to evaluate the effect of various factors (light, germination medium and treatment of seeds) on the germination of seeds and on other parameters related to the rate and the duration of germination. The results, obtained indicated that a high sunlight intensity increased the rate and the speed of seed germination. Among the treatments carried out, the cold treatment of the seeds increased the rate of germination from 30 to 70%. The germination medium had no significant effect on the rate and on the speed of germination of cassava seeds. The germination duration can be reduced to 30 days in the most favorable conditions.

Introduction

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz), de la famille des Euphorbiacées, figure parmi les principales plantes amyliacées de l'Afrique (1) et en Asie (2, 3). Il tire son importance de ses racines tubérisées riches en féculs et de ses feuilles riches en protéines.

En Afrique centrale (Burundi, République du Congo, République Centrafricaine et République

Démocratique du Congo) et, à un degré moindre, en Afrique occidentale, la feuille sert à l'alimentation humaine, constituant ainsi une source importante de protéines. Si, dans certains pays, le manioc vient derrière les denrées alimentaires comme le riz, le sorgho et l'igname, dans bien d'autres en revanche (République du Congo, République Centrafricaine et République Démocratique du Congo), il constitue l'aliment de base de la grande majorité des populations.

¹ Université de Lomé, Ecole Supérieure d'Agronomie, Laboratoire de Virologie et de Biotechnologie Végétales, Lomé, Togo.

*Auteur correspondant: Email: dadjata@yahoo.fr

Le manioc reste donc une des toutes premières cultures vivrières en Afrique tropicale et un atout incontestable pour une région de moins en moins autosuffisante sur le plan alimentaire. Il tire également son importance de sa grande facilité de culture et de ses divers produits énergétiques. L'éthanol obtenu par fermentation de l'amidon pourrait se substituer totalement au pétrole. Ce qui constitue un atout majeur, puisque dans le souci de lutter contre la pollution, tous les regards se tournent vers les biocarburants.

La production mondiale, de 97 165 000 tonnes en 1999 est passée à 226 millions de tonnes en 2007 (4). L'Afrique, avec 65,66% des superficies cultivées en manioc, intervient pour environ 94% de la production mondiale en 2007 (4). Les principaux producteurs en Afrique sont : le Nigeria, le Ghana, le Bénin et le Togo.

Au Togo, la production à l'hectare, depuis quelques années, est de 7 à 10 tonnes à l'hectare (pour un potentiel théorique de plus de 80 tonnes à l'hectare) (5). Cette faiblesse de rendement est due à de nombreux facteurs biotiques regroupant les ravageurs et les agents responsables de maladies parmi lesquels les virus occupent une bonne place (6). Selon Fargette (7), la mosaïque est la maladie la plus dévastatrice du manioc causant une réduction de la production variable de 5 à 95%. Ceci entraîne la perte ou l'abandon de certaines variétés et la réduction des superficies emblavées (1). Etant donné que l'apport d'intrants est rare, le seul moyen de relever le niveau de production est sans nul doute l'amélioration des potentiels génétiques du manioc par la création de nouvelles variétés répondant aux conditions actuelles de culture (8). Dans cette optique, les chercheurs ont eu recours à la méthode de l'amélioration génétique par hybridation qui permet de créer une variabilité assez importante au sein des cultivars de manioc (9, 10). C'est ainsi que dans la recherche d'une stratégie de lutte efficace contre la maladie de la mosaïque du manioc au Togo, le Laboratoire de Virologie et de Biotechnologies Végétales (LVBV) a initié un programme de sélection de clones de manioc résistants ou tolérants dont les premiers résultats ont révélé qu'il est possible de contrôler la maladie par la création génétique de nouveaux

clones (11). Mais, la réussite de ce programme est conditionnée par la maîtrise des conditions de germination des graines hybrides obtenues après croisement. Il est connu que l'albumen n'est pas toujours complet, ce qui permet une première sélection des graines viables par sédimentation dans l'eau. Le pouvoir germinatif des graines est inférieur à 30% et peut être étalé sur plusieurs mois. Il peut être amélioré par des traitements chimiques ou thermiques (12). Ce présent travail se situe dans le cadre de la recherche de stratégie de lutte contre le CMD et a pour objectif la maîtrise des conditions de germination des graines de manioc obtenues par sélection génétique.

Matériel et méthodes

Site expérimental

Cette étude a été conduite à la Station d'Expérimentation Agronomique de Lomé (SEAL) située dans la région maritime au sud du Togo et jouit d'un climat tropical de type guinéen marqué par deux saisons pluvieuses (avril-juillet et septembre-octobre) séparées par deux saisons sèches (août et novembre-mars). Les températures moyennes mensuelles varient de 25 à 29 °C au cours de l'année et les précipitations moyennes annuelles avoisinent 932 mm. L'humidité relative maximale annuelle est comprise entre 81% et 89% (saison pluvieuse) alors que les minima varient entre 67% et 76% (harmattan). La photopériode est d'environ 12 heures.

Matériel

Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé pour le test de germination est constitué de graines de manioc issues de la troisième génération récoltées sur des parents femelles de Kanigbeli hybride (KH). Les sources des mâles sont: Gbazékouté hybride 1 (GH1); Gbazékouté hybride 2 (GH2); Hybride Bassar (HB); Kanigbeli hybride (KH).

En effet, une graine de manioc a 5 à 13 mm de long sur 3 à 7 mm de large et possède un tégument marbré.

Chaque graine porte à sa base, un petit corps lipidique, l'élaïosome appelé «caroncule» qui attire les fourmis (13).

Milieu de germination des graines

Le milieu de germination des graines, appelé «Support» pour des raisons de commodité, est constitué de terreau de feuilles de manioc; de feuilles de *Cacia ciamea*; de feuille de *Leuceana leucocephala*; de vermiculites, et du sable prélevé à une profondeur de 30 cm de la surface. Pour la mise en place des parcelles expérimentales, et leur entretien, des outils champêtres ordinaires notamment, des binettes et des arrosoirs ont été utilisés.

Méthode

Préparation des milieux de germination des graines et de traitement des graines

Il est à noter qu'avant tout traitement, une pré-sélection des graines viables a été opérée; des lots de graines ont été immergés dans l'eau contenue dans un béccher d'un litre. Les graines qui se sont déposées au fond du béccher ont été considérées comme viables.

Tous les supports (milieux de germination) ont été stérilisés à l'eau chaude avant utilisation dans des pots. Pour ce qui est des traitements, les graines ont été trempées soit dans l'acide sulfurique (T3) concentré ou dans de l'eau à 100 °C (T2) pendant 5 secondes puis rincées à l'eau de robinet avant le semis. En ce qui concerne le traitement au froid, les graines ont été placées dans un réfrigérateur à une température de 4°C pendant 24 heures (T1).

Mise en place de l'essai

Les graines ainsi préparées sont semées à raison de 30 graines par pot, à une profondeur de 2 cm sur cinq supports (S1: sable; S2: terreau de feuille de *Cacia ciamea*; S3: terreau de feuille de *Leucena leucocephala*; S4: terreau de feuille de *M. esculenta* et S5: vermiculites) suivant un dispositif en blocs aléatoires complets avec parcelles subdivisées. L'expérience comporte trois facteurs à savoir :

- L'ensoleillement (E) à deux niveaux E1 et E2
 - E1: le germoir est placé sous le soleil, et reçoit le maximum de rayons solaires

- E2: le germoir est placé dans l'abri grillagé où l'ensoleillement est réduit.
- Traitement des graines (T) à trois niveaux T1, T2 et T3
 - T1: traitement au froid des graines
 - T2: traitement des graines à la chaleur
 - T3: traitement des graines à l'acide sulfurique
- Supports (S) à cinq niveaux S1, S2, S3, S4 et S5
 - S1: sable
 - S2: terreau de feuille de *cacia (Cacia ciamea)*
 - S3: terreau de feuille de *Leucena leucocephala*
 - S4: terreau de feuille de manioc (*M. esculenta*)
 - S5: vermiculites.

L'expérience comporte trois blocs.

La répartition des facteurs a été faite en trois étapes:

- Première étape: les deux niveaux du facteur E (Ensoleillement) ont été repartis dans les trois blocs. Ce qui a conduit à délimiter en tout $2 \times 3 = 6$ parcelles principales.
- Deuxième étape: les trois niveaux du facteur T (Traitement) ont été repartis de façon aléatoire dans chacune des 6 parcelles principales conduisant ainsi à déterminer $6 \times 3 = 18$ sous parcelles.
- Troisième étape: les cinq niveaux du facteur S (Support) ont été repartis de façon aléatoire dans chacune des 18 sous parcelles conduisant ainsi à déterminer $18 \times 5 = 90$ sous-sous parcelles.

Les facteurs étudiés

Les facteurs étudiés sont notamment l'ensoleillement, le support, le traitement des graines et l'interaction entre les différents facteurs étudiés.

Paramètres étudiés

Les paramètres étudiés sont ceux liés au taux et à la vitesse de germination. Pour ce qui est de l'évaluation du taux de germination, il s'agissait à

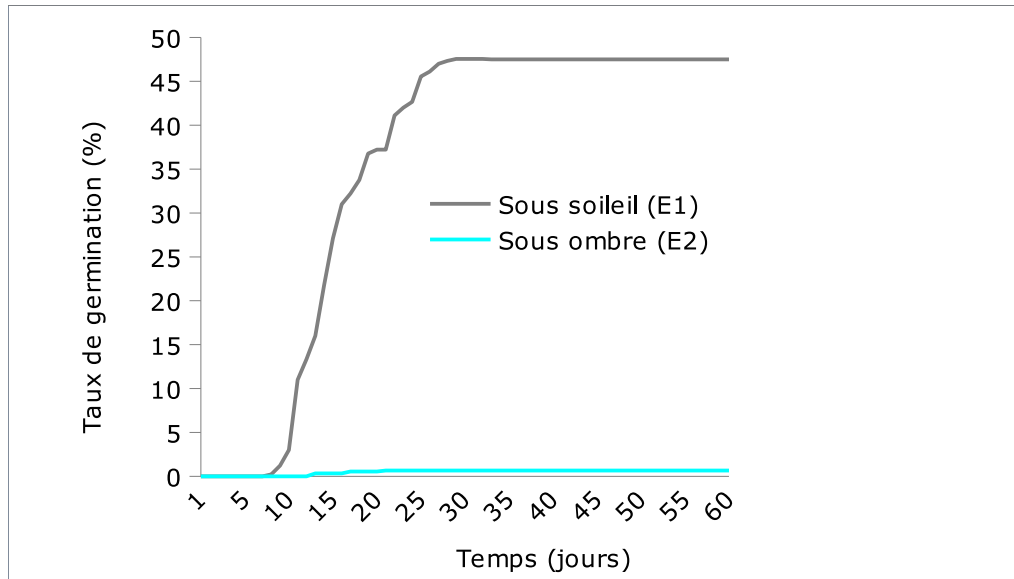


Figure 1 : Evolution de la vitesse de germination en fonction de la luminosité.

Tableau 1

Nombre moyen de graines germées en fonction des différents traitements des graines.

Traitements	Nombre moyen de graines germées	Erreur standard
Froid (T1)	219,67	1,25
Chaleur (T2)	125	2,45
Acide sulfurique (T3)	86,33	1,25

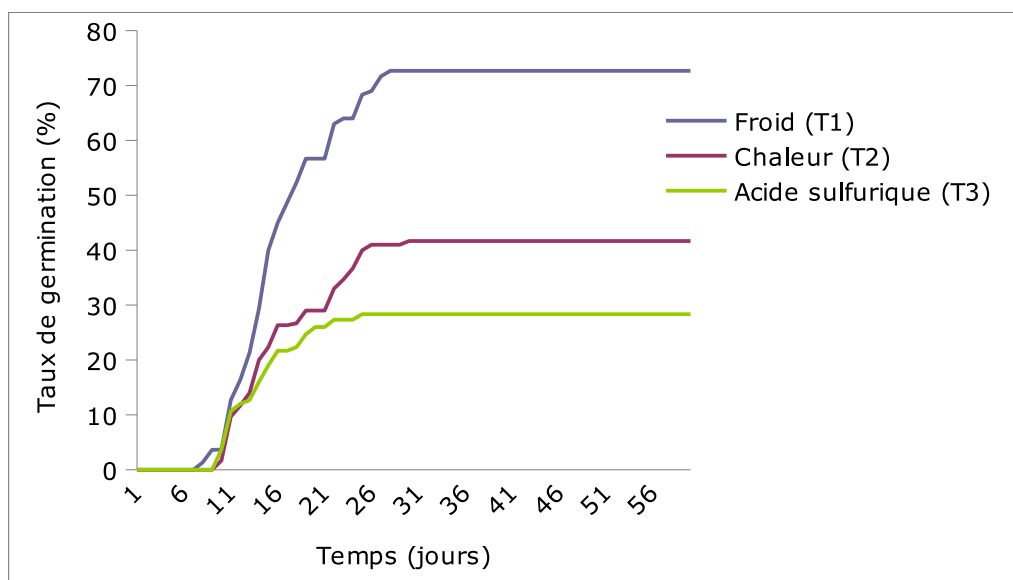


Figure 2 : Evolution du taux de germination en fonction du temps par rapport aux différents traitements des graines.

partir de l'émergence des jeunes pousses de compter systématiquement chaque jour toutes les graines qui ont germé et ce, durant les 8 semaines qu'a duré l'expérience. En ce qui concerne la vitesse de germination, il s'agissait de déterminer la période de temps la plus courte pendant laquelle le maximum de graines a germé.

Résultats

Vitesse de germination et effet de l'ensoleillement sur le taux de germination des graines

Le dénombrement du nombre de graines germées à partir de l'émergence des jeunes pousses, c'est-à-dire, à partir du 8^{ème} jour jusqu'au 60^{ème} jour après le semis a révélé que la germination est plus rapide avec un taux élevé au niveau du traitement E1 (sous ensoleillement) par rapport au traitement E2 (sous ombre (abri grillagé) où ce taux est quasiment nul.

L'analyse statistique de la variance révèle une différence significative entre les deux niveaux du facteur lumière ($P < 0,01$).

La discrimination des moyennes par le test de Duncan, montre que le taux de germination «sous le soleil» (E1) est significativement supérieur à celui «sous ombre (abri grillagé)» (E2) qui est quasiment nul jusqu'à la fin de l'expérience. L'évolution du taux de germination en fonction du temps est illustrée par la figure 1.

La courbe obtenue des résultats de l'évolution de la vitesse du taux de germination des graines en fonction du temps, montre que la germination a commencé 8 jours après le semis et s'est poursuivie jusqu'au 30^e jour pour le traitement E1 (sous le soleil). Pour le bloc placé sous ombre (abri grillagé) (E2), la germination a commencé 13 jours après le semis et s'est poursuivie jusqu'au 21^e jour. Ce résultat illustré par la figure 1 révèle également que la plupart des graines ont germé sur ce bloc sous ombre (abri grillagé) (E2), entre le 10^e et le 20^e jour après le semis.

Tableau 2

Effet des milieux de germination (supports) sur le taux de germination.

Milieu de germination	Nombre moyen de graines germées	Erreur standard
Sable	80,33	1,25
Cacia	72,33	2,49
Leuceana	102,33	2,05
Manioc	96,67	1,25
Vermiculite	77,33	2,05

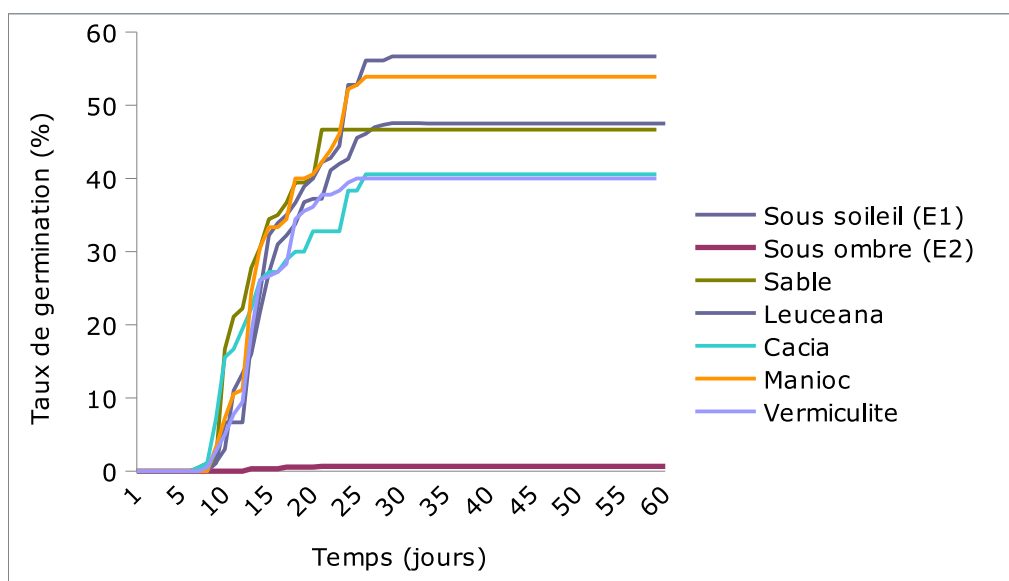


Figure 3: Evolution du taux de germination en fonction du temps par rapport aux différents supports (milieux de germination).

Il est à remarquer que le taux de germination est pratiquement nul au niveau du traitement E2 (ombre (abri grillagé) où il n'y avait pas assez de lumière.

Evaluation du taux et de la vitesse de germination par rapport aux facteurs traitement des graines

Effet du traitement des graines sur le taux de germination

Les résultats obtenus du traitement des graines sur le taux de germination sont illustrés par le tableau 1. Ces résultats montrent que le nombre moyen de graines germées est plus élevé avec le traitement au froid. De même on obtient un meilleur taux de germination des graines avec le traitement à chaud (chaleur) (T2) par rapport au traitement acide (T3). Les résultats issus de l'analyse de la variance des données concernant l'effet du traitement des graines sur le taux de germination montre une différence hautement significative entre les différents traitements ($P < 0,05$). La discrimination des moyennes par le test de Duncan montre que le taux de germination est significativement supérieur avec le traitement au froid des graines (T1) par rapport aux deux autres traitements qui sont statistiquement équivalents.

Effet du traitement des graines sur la vitesse de germination

Les résultats de l'évolution du taux de germination en fonction du temps par rapport aux différents traitements des graines illustrés par la figure 2, révèlent que la germination a commencé 8 jours après le semis, avec le traitement au froid des graines, et s'est poursuivi jusqu'au 28^e jour avec un taux maximal de 74,67% au bout de 28 jours. Avec le traitement à chaud, la germination a commencé 10 jours après le semis et s'est poursuivi jusqu'au 30^e jour avec un taux de germination maximale de 41,67%. Enfin, avec le traitement acide des graines, la germination a commencé également 10 jours après le semis et s'est étalée sur 15 jours, avec un taux maximal de 28%.

L'observation des trois courbes montre que la plupart des graines ont germé entre le 8^e et le 30^e jour. Ce qui fait une germination étalée sur vingt jours.

Evaluation du taux et de la vitesse de germination par rapport aux supports

Effet des supports sur le taux de germination

Les résultats obtenus de l'effet des supports sur le taux de germination sont illustrés par le tableau 2. Les résultats montrent que le nombre moyen de graines germées est plus important sur le terreau à base de leuceana. Le plus faible taux de germination a été obtenu avec le terreau de feuille de cacia. L'analyse de la variance ($P < 0,05$) a révélé qu'il n'y a pas de différence significative entre les différents supports.

Effet des supports sur la vitesse de germination

Les résultats obtenus de l'effet des supports sur la vitesse de germination sont illustrés par la figure 3. De l'observation de ces courbes de la figure 3, il ressort que la germination a commencé 8 jours après le semis sur les supports S1 (sable) et S2 (Feuille de cacia) alors que pour les supports S3 (Feuille de leuceana) et S4 (Feuille de manioc), elle a commencé deux jours plus tard. Elle s'étale sur environ 20 jours quelque soit le type de support. On remarque également que le taux de germination, au bout de 30 jours est supérieur à 30% quelque soit le support.

Interaction entre les différents facteurs.

Les résultats obtenus montrent que seule l'interaction entre le facteur traitement des graines et le facteur ensoleillement s'est révélée significatif.

Discussion

Incidence de l'ensoleillement sur la germination des graines

L'étude conduite sur les conditions de germination des graines de manioc a révélé que l'ensoleillement a une incidence indéniable sur la germination des graines de manioc et qu'on obtient un fort taux de germination lorsque les pots contenant les graines semées sont placées sous le soleil. Les résultats

sont pratiquement nuls si les graines sont placées sous abri grillagé où elles reçoivent peu de rayon solaire. De plus à la fin de l'expérience, les graines qui étaient à l'ombre, une fois mises sur un terrain découvert, ont commencé par germer au bout de 8 jours. Toutes ces observations montrent que la germination est influencée par le degré d'ensoleillement important.

Ainsi, sous ensoleillement un taux de germination de 47,5% a été obtenu, alors que sous abri grillagé, ce taux est inférieur à 1%. Il a été remarqué que la germination a commencé plus tôt sous ensoleillement, c'est-à-dire 8 jours après le semis et s'est étalée sur 30 jours; alors que sous abri grillagé, la germination des graines a débuté 13 jours après le semis. Les rayons solaires ont donc un effet bénéfique sur la germination des graines vu que le taux de germination obtenu est largement supérieur aux 30% habituellement rencontrés (12). De plus, le fait que le taux de germination soit pratiquement nul sous abri grillagé laisse penser que l'absence de rayons solaires constitue un facteur limitant pour la germination des graines de manioc.

Incidence du traitement des graines sur la germination

Les différents traitements n'ont pas produit le même effet; on obtient le meilleur taux de germination avec le traitement au froid des graines à 4 °C pendant 24 heures, soit un taux d'environ 73 %. Ces résultats révèlent qu'on peut obtenir de très bons résultats avec des températures de traitement des graines plus basses par rapport à celles proposées par Nassar et Teixeira (14) qui ont montré que les températures de traitement des graines de 15 à 20 °C pendant 8 à 16 heures favorisent la germination des graines. Le traitement des graines à la chaleur permet d'obtenir un taux de germination supérieur à 30% contrairement au traitement acide qui donne un taux de germination inférieur à 30%. Le traitement à chaud des graines permet d'obtenir un taux de germination supérieur à 30% contrairement au traitement acide qui donne un taux de germination inférieur à 30%. La chaleur a donc un effet positif sur la germination des graines de manioc. Ce qui pourrait expliquer l'effet

des rayons lumineux, qui en arrivant au sol, réchauffent celui-ci et crée la chaleur nécessaire à la germination des graines. Avec le traitement acide des graines, on obtient un taux faible mais qui reste proche de 30%. Ce qui montre que l'acide sulfurique n'a pas eut d'effet positif sur la germination des graines de manioc. Ce résultat est en contradiction avec celui obtenu par Lefèvre (12).

Incidence des supports sur la germination des graines de manioc

Le taux de germination obtenu au niveau des différents milieux de germination (supports), sous les rayons lumineux, est supérieur à 30%. Mais, l'analyse statistique a révélé qu'il n'y a pas de différence significative dans l'effet de ces différents supports. Ce qui montre que la nature du support n'a pas d'influence sur la germination des graines de manioc.

Incidence de l'interaction des facteurs

L'interaction des facteurs révèle que le taux de germination des graines sous ensoleillement est de 47%. Le traitement au froid des graines (T1) et le traitement à la chaleur (T2) dans les mêmes conditions ont donné respectivement un taux de germination de 73% et 41,67%. En ce qui concerne la vitesse de germination, il a été remarqué que plus de 70% des graines ont germé entre 10 et 20 jours après le semis. Cela constitue une véritable amélioration vu que la germination habituellement s'étale sur plusieurs mois (12). Etant donné que la nature du milieu de germination (support) n'a pas d'effet significatif sur le taux et la vitesse de germination des graines, cette amélioration résulte essentiellement de l'interaction des effets de la lumière et du traitement des graines.

Conclusion

Il ressort de cette étude portant sur l'amélioration des conditions de germination des graines de manioc que le degré d'ensoleillement a une influence positive sur la vitesse et le taux de germination des graines. Un fort degré d'ensoleillement permet d'augmenter la vitesse et d'améliorer le taux de germination.

Le traitement au froid des graines à une température de 4 °C pendant 24 heures permet d'améliorer le taux de germination des graines de manioc à 70%.

La nature du support n'a pas d'effet sur le taux et la vitesse de germination des graines de manioc. La germination peut s'étaler sur 30 jours si les

conditions sont favorables. La plupart des graines de manioc germent entre le 10^e et le 20^e jour si toutes les conditions requises sont réunies. Les résultats obtenus sont encourageants, étant donné qu'ils permettent de surmonter un obstacle majeur dans le programme d'amélioration du manioc.

Références bibliographiques

- Legg J. & Fauquet C., 2004, Cassava mosaic geminiviruses in Africa, *Plant Mol. Biol.*, **56**, 585-99.
- Hong Y.G., Robinson D.J. & Harrison B.D., 1993, Nucleotide sequence evidence for the occurrence of three distinct whitefly transmitted geminiviruses in cassava, *J. Gen. Virol.*, **74**, 2437-2443.
- Saunders K., Salim N., Mali V. R., Malathi V. G., Briddon R., Markham P.G., & Stanley J., 2002, Characterisation of Sri Lankan cassava mosaic virus and Indian cassava mosaic virus: evidence for acquisition of a DNA B component by a monopartite Begomovirus, *Virology*, **293**, 1, 63-74.
- FAO, 2008, ROME, Italy, 25 juillet 2008/African Press Organization (APO). <http://www.fao.org>
- DSID, (2008), (Direction des Statistiques Agricoles, de l'Information et de la Documentation), 2008, Résultats chiffrés. Ministère de l'Agriculture, de l'élevage et de la pêche (M.A.E.P), Lomé-Togo.
- Legg J. & Thresh J.M., 2003, *Cassava virus disease in Africa*, Proceedings of the 1st International Conference on Plant Virology in Sub-Saharan Africa, June 4-8, Ibadan, Nigeria, 517-522.
- Fargette D., 1985, *Épidémiologie de la mosaïque africaine du manioc en Côte d'Ivoire*. Thèse, soutenue le 10/12/85, à l'USTL de Montpellier, 203.
- Nassar N.M.A & Ortiz R., 2007, Cassava improvement Challenges and impacts, *J. Agric. Sci.*, **145**, 2, 163-171.
- Jennings D.L., 1957. Further studies in breeding cassava for virus resistance, *East Afri. Agric. J.*, **22**, 213-219.
- Hahn S. K., 1980, Breeding of cassava for resistance to cassava mosaic disease (CMD). *Euphytica*, **29**, 673-683.
- Adjata K.D., Muller E., Peterschmitt M., Aziadekey M., Traoré O., M. Abala, N. Tchala, K. Alomasou & Gumedzoe Y.M.D., 2011, Strategies of effective control of cassava mosaic disease by genetic selection in Togo, *Int. J. Plant Breed. Gen.*, **5**, 2, 150-18, DOI: 10.3923/ijbg.2011.
- Lefèvre F., 1989, *Ressources génétiques et amélioration du manioc, Manihot esculenta Crantz, en Afrique*. Paris, France, ORSTOM, Travaux et documents microédités n° 57, 175.
- Elias M. & McKey D., 2000, The unmanaged reproductive ecology of domesticated plants in traditional agroecosystems: an example involving cassava and a call for data, *Acta Oecol.*, **21**, 223-230.
- Nassar N.M.A. & Teixeira R.P., 1983, Seed germination of wild cassava species (*Manihot* spp.) (in Portuguese), *Ciencia Cultura*, **42**, 703-706.

K.D. Adjata, Togolais, PhD, Enseignant-Chercheur, Université de Lomé, Ecole Supérieure d'Agronomie, Laboratoire de Virologie et de Biotechnologie Végétales, Lomé, Togo.

L. Tchanely, Togolais, PhD, Enseignant-Chercheur, Université de Lomé, Ecole Supérieure d'Agronomie, Laboratoire de Virologie et de Biotechnologie Végétales, Lomé, Togo.

E. Banla, Togolais, Doctorant, Université de Lomé, Ecole Supérieure d'Agronomie, Laboratoire de Virologie et de Biotechnologie Végétales, Lomé, Togo.

K.K. Tchansi, Togolais, Doctorant, Université de Lomé, Ecole Supérieure d'Agronomie, Laboratoire de Virologie et de Biotechnologie Végétales, Lomé, Togo.

Y.M.D. Gumedzoe, Togolais, PhD, Professeur, Université de Lomé, Ecole Supérieure d'Agronomie, Laboratoire de Virologie et de Biotechnologie Végétales, Lomé, Togo.

A Microeconomic Analysis of Household Consumption Expenditure Determinants in Yam-growing Areas of Nigeria and Ghana

D.B. Mignouna^{1*}, T. Abdoulaye¹, A. Alene², V.M. Manyong³, P.N. Dontsop⁴, J.H. Ainembabazi⁵ & R. Asiedu¹

Keywords: Household consumption- Quantile regression- Yam- Nigeria- Ghana

Summary

This paper provides an analysis of microeconomic factors that explain household consumption expenditure in rural areas using cross-sectional data obtained from 1,400 randomly selected yam-producing households of Nigeria and Ghana. The correlates of consumption expenditure were examined using two techniques: ordinary least squares (OLS) and a quantile regression (QR) approach for a more comprehensive picture at different points of the distribution. Determinants of consumption expenditure are markedly different between the regressions and across the conditional quantiles of the expenditure in both countries. Results further indicate that age, education, and household size were important in explaining consumption expenditure using OLS. However, via conditional QR, the following additional factors became evident: membership of formal and informal institutions, main occupation, family structure, and farm size. Only education was consistently significant in both regressions and across the conditional quantiles, suggesting that responses to investments in education lead to increase in expenditure that will stimulate other sectors of the economy.

Résumé

Analyse micro-économétrique des déterminants des dépenses de consommation des ménages dans les zones de production d'igname au Nigeria et au Ghana

Cet article présente une analyse des facteurs micro-économiques qui expliquent les dépenses de consommation des ménages dans les zones rurales à l'aide de données transversales obtenues à partir d'un échantillon aléatoire de 1.400 producteurs d'igname au Nigeria et au Ghana. Les corrélations entre les dépenses de consommation ont été examinées à l'aide de deux techniques : les moindres carrés ordinaires (MCO) et le modèle de la régression quantile (RQ) dans le but d'obtenir une image plus complète à différents points de la distribution. Les déterminants des dépenses de consommation entre les deux pays sont significativement différents quelle que soit la technique utilisée. En utilisant la technique des MCO, les résultats montrent que l'âge, l'éducation et la taille du ménage influent les dépenses de consommation. Cependant, l'utilisation de la RQ, met en évidence l'importance des facteurs suivants: l'adhésion à des institutions formelles et informelles, l'occupation principale, la structure familiale et la taille des exploitations. Seule l'éducation exerce une influence significative sur les dépenses de consommation des ménages quelle que soit la méthode d'analyse utilisée (analyse des moindres carrés ordinaires ou analyse des différents quantiles; ce qui suggère que les investissements réalisés dans le secteur de l'éducation entraînent une augmentation des dépenses qui va stimuler d'autres secteurs de l'économie.

¹International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria.

²International Institute of Tropical Agriculture, Lilongwe, Malawi.

³International Institute of Tropical Agriculture, Dar es Salaam, Tanzania.

⁴International Institute of Tropical Agriculture, Bukavu, DR Congo.

⁵International Institute of Tropical Agriculture, Kampala, Uganda.

*Corresponding author: Email: D.Mignouna@cgiar.org

Received on 1.12.14 and accepted for publication on 9.12.14

Introduction

Rural areas play key roles in the economies of most developing countries in creating jobs, supplying labor and food to a growing population, providing raw materials to other growing sectors of the economy and creating export earnings. In spite of these significant contributions rural areas are the most neglected, characterized by limited healthcare and sanitary services, and a lack of energy provision and education services. Regarding access to potable water, many of the rural areas draw water for drinking, cooking, and washing from puddles and rivulets which become stagnant in the dry season, probable source of health hazard. The main issue in any intervention strategy for rural development revolves around policy propositions that could be pursued to fill the big gap existing between urban and rural areas. Different approaches have been used to address this challenge. Evidence from some of them suggests that rural well-being is maintained through household production and consumption (13). However, rural household production and consumption are functions of an increasing population, economic shifts, and changes in farmers' needs and activities (35). Consumption can basically be defined as buying and/or using things. Household consumption is a force that drives the production of goods and services (25). Various factors affect the purchasing power of the consumer. These include income, price, distribution of income, educational status of the individuals, occupation, age, and socio-cultural factors (32). Besides these factors, personal welfare is enhanced when the consumer maximizes the benefit by giving priority to the purchase of the goods and services that avail the most and putting off the purchase of the least needed goods and services because of limited income. Thus, dissimilarities emerge according to the consumer's behavior and the factors determining that behavior. Consequently, there has been considerable interest in socioeconomic and demographic factors along with the changes in the cultural structure and the development of policy initiatives that might prove effective in reducing the incidence of poverty. Root and tuber crops have been identified as potential

crops that could help in alleviating poverty in rural communities in Africa. These crops are widely consumed across Africa, and play a key role in the continent by providing money in pocket for farmers, source of wealth, and mitigating the effect of cereals' shortfall. Yam (*Dioscorea* spp.) is a source of income of about 300 millions of people in Africa and more than half of them depend on it for their livelihoods. About 48 million tonnes of yam are produced annually in West Africa on 4 million ha. The five major yam-producing countries (Bénin, Côte d'Ivoire, Ghana, Nigeria, and Togo) account for 93% of world production. Nigeria alone accounts for 68% of global production. The average per capita consumption in these countries ranges from 193 kcal/day in Togo to 502 kcal/day in Côte d'Ivoire. It ranks as the most important source of dietary calories in Côte d'Ivoire, Bénin, Ghana, and Nigeria. The crop also makes a substantial contribution to protein in the diet, much greater than cassava and even above sources of animal protein, and ranks as the third most important source of supply. Hence, yam is important for food security and income generation. In Nigeria, 31.8% of the population and in Ghana, 26.2% depend on yam for food and income security; yam is also integral to sociocultural life in this sub region (20). To develop appropriate policies focused on agricultural growth, the determinants of rural household expenditure for the commodities consumed by rural households and the potential for demand-led growth in the local rural economy must be known.

Agriculture in most developing countries is important in the welfare of the poor. Picturing the economic situation of agricultural households is now recognized as a key element in designing and applying policy for agriculture and the rural areas (30). Understanding the socioeconomic factors affecting the consumption of households in rural yam-growing areas mostly invested in agriculture is therefore of prime importance. Stimulating agriculture can produce strong demand incentives through the increase in consumers' demands as a result of increased incomes (37). Ascertaining the factors that drive consumption expenditure especially in the surveyed areas of Nigeria and Ghana is a prerequisite for effective policy design in the region.

Factors behind household expenditure have been a subject of interest for economists for nearly a millennium. Significant contributions have been made by researchers to comprehend profound variables associated with consumer choice (12). However information on household expenditure and on its determinants in yam rural areas is extremely limited and serious attention has not been paid towards collecting data on household expenditure. There exist other sources dealing with household expenditure. The authors analyzing expenditure consider income (16, 34, 9). Engel (12) focused on the relationship between expenditure on food and income and his original work pointed out the relevance of income and family size in influencing household expenditure. Besides household income the other hypothesized determinants responsible for the household expenditure are age, education, farm size, gender, household size, marital status, membership of formal and informal institution, main occupation, land property status, and agroecology variable (34, 9).

This study is motivated by the need to gain a better understanding of how socioeconomic factors influence household expenditure patterns in yam producing communities, taking into account the abovementioned lack of research conducted on expenditure. Therefore by attempting systematically to fill this gap to some extent, this exploratory analysis intends on revealing the relationships among expenditure and selected variables. The total consumption expenditure is here about the sub-groups constituting the quantiles of total consumption expenditure. As the variation of the dependent variable is very high, quantile regression (QR) is a well-fitting method for analyzing the given problem. This allows us to check whether the connection between expenditure and the factors over the distribution of expenditure is unbroken or not (28). Hence, the present study answers the question whether there is relationship between consumption expenditure and its determinants; and also whether there is difference in potential factors that influence differently households with high, medium and low consumption expenditure in yam growing areas.

The study specifically aims at (i) investigating which of the traditional determinants significantly explain

household consumption expenditure using standard regression techniques; and (ii) identifying factors that drive consumption expenditure at particular quantiles. Thus, sound knowledge is necessary for designing development policy options such as poverty reduction programs targeting low, medium and high spending households.

Methodology/ Analytical framework

The present work uses the cross-sectional data provided by the baseline consumption expenditure surveys at household level from the Yam Improvement for Income and Food Security in West Africa project conducted in yam-growing areas of Nigeria and Ghana in the reference year 2012. Relevant data have been collected during surveys on a number of aspects highlighting the total household consumption expenditure and the different factors which determine this expenditure. The total household consumption expenditure here includes expenditure on food and non-food items. The total expenditure on food was obtained by aggregating expenditure on all food groups; the total expenditure on each food group was obtained by aggregating expenditure on all food items falling within a group. Under food expenditure, details were collected on all the food items consumed by the household during one year. Food consumption includes food that the household has grown, purchased, and received from other sources. As for the staple foods, different types consumed in each household were enumerated and the physical quantity was estimated of each food item consumed in a year. Staple foods that were purchased, self-produced, or received as gifts were included in this estimation. The foods were then aggregated to give total staple consumption. Staple foods consumed outside the home were left out of this estimate because of the difficulties associated with accuracy in the conversion of purchased food into physical quantities. As for non-food expenditure, the details of all non-food items and services purchased by the household during the given reference period were also collected.

The analysis of all the data mentioned above was done using the standard OLS and QR models for total consumption expenditure.

To determine the factors affecting the household consumption expenditure, the models were estimated by means of the Stata software (33). The QR that employs a variant of the Censored Least Absolute Deviations (CLAD) estimator procedure (21) was adapted to incorporate sampling weights. The OLS therefore estimate reflects the mean effect of the explanatory variable on the dependent variable. In contrast, the QR technique produces a multitude of estimates with each estimate describing the relation between the dependent and explanatory variables at a particular point in the conditional distribution of the consumption expenditure. The QR analysis does not force arbitrary criteria of exogenous sample selection to divide the sample, and as many QR can be estimated as is practically possible. Moreover, since QR analysis uses the entire sample to estimate each quantile, there is no problem of bias from sample selection. Quantile regression introduced by Koenker and Basset (22) is a method that analyzes the conditional quantiles of the dependent variable using covariates. The QR analysis estimates the regression function for different quantiles of the conditional expenditure distribution, not just at the conditional mean (5, 6, 11). The 50th QR is the familiar conditional median regression. Quantile regression analysis has several advantages over the typical mean regression estimation method. Since the QR is estimated by minimizing the sum of absolute values of residuals instead of the sum of squared residuals, it is able to deal with heteroskedasticity or a few extreme observations. Moreover, it is likely to examine different conditional quantiles of the distribution, not only the conditional mean of the dependent variable. This regression has the potential to give a clearer picture of the effect of the explanatory variables on the dependent variable. These diverse responses may be interpreted as differences in the response of the dependent variable to changes in the regressors at different points in the conditional distribution of the dependent variable (27).

The QR models assume that the conditional quantile of a random variable Y is linear in the regressors X and the notational expression of the model is given by equation I.

$$Y_i = X_i \alpha_q + E_{qi} \text{ with } Quant_q(Y_i | X_i) = X_i \alpha_q \quad (I)$$

Where:

X_i (i ranges from 1... n) is the vector of explanatory variables and α_q is the vector of parameters.

$Quant_q(Y|X)$ is the q^{th} conditional quantile of Y given X . Estimation of the quantile parameters is done as the solution (equation II):

$$\min_{(\alpha \in R^k)} \left(\sum_{(i: Y_i > X_i \alpha_q)} q | Y_i - (X_i \alpha_q) | + \sum_{(i: Y_i < X_i \alpha_q)} (1-q) | Y_i - X_i \alpha_q | \right) \quad (II)$$

The QR can provide a more complete description of the underlying conditional distribution than other mean-based estimators, such as OLS. The most appropriate functional form for the relationship must be determined and those most commonly used are linear, logarithmic and semi logarithmic. The estimates are formed with a linear form model in this study. Using QR in line with prior studies (5, 6, 7) this study investigates possible differences in the consumption expenditure of low spending households compared with those that are medium and high spending.

In this study, the data on income and expenditure are cross-sectional without prices variation. In such a condition, household purchasing of goods or services is influenced primarily by income and a range of other factors. The household consumption expenditure function is estimated by taking consumption expenditure as a dependent variable and some important socio-economic factors as independent variables. Such socio-economic factors are individual characteristics (age, gender, level of education, main occupation, marital status), household characteristics (household income, household size), household assets (farm size, land property status), institutional factors (membership of formal and informal institutions), agroecological (agroecological zone (AEZ) to which the household belongs) and also the possible cross-classification among these factors. Observations with missing data for any of the variables described below were dropped from the analysis.

The variables (both independent and dependent) used for the analysis are quantitative in nature; some are qualitative and used as dummy or categorical variables.

The relationships between the explanatory and dependent variables are described as follows.

Household income is important as it determines how much can be spent on various needs of the household. A household's consumption pattern would be expected to correlate positively with income. Total household income is reported in US dollars, as the range ensures reasonable continuity. The age of the household head (in years) profile may also be important. The age is selected as an explanatory variable as both older and younger people are assumed to have differences in both degree and type of needs/requirements. Therefore, the age of the household head is included in the model. Age might increase/decrease spending in the sense that younger farmers may be pushed to spend more while the older farmers with increased farming knowledge might be spending less. The opposite could also be true. Such differences may be due to differences of people at different stages of their life (36).

The gender, marital status and main occupation of the household head are important to consider as explanatory variables as the head plays a primary role in services and goods purchasing and could influence the consumption patterns of a household. The gender of the household head is a dummy variable (equal to 1 if male, otherwise 0); it is hypothesized to relate positively to spending. The assumption is that the head of the household is the primary decision-maker and men have more access and control over vital production resources than women because of many sociocultural values and norms. Marital status and the presence of children have frequently been used to identify the life cycle stages. The marital status or the family structure (equal to 1 if married, otherwise 0) plays a critical role (2, 17). Once both parents are married and living together in the family home, spending is likely to be less than with other couples living separately. Households living as a couple (coded 1) will be compared with other households.

Education level (in number of years) could measure the household's human capital. The level of education of each household head is included in the model. Formal education of the household head is

selected due to its effect on farmers' behavior. Yin et al (38) have found that better-educated people tend to spend more. Household heads with different levels of education may have different knowledge and perception thus a different consumption basket. Education is therefore hypothesized to have a positive effect on consumption expenditure. Moreover, educational needs of the members of rural households could change as the environmental and economic contexts vary. Individuals with various levels of education may have different knowledge and perceptions about agricultural practices and management thus may have a different consumption basket. Also better access to education can improve the ability of farmers to use natural resources more productively and to diversify their income sources away from dependence upon ordinary resources alone (26).

In regions experiencing demographic change and environmental degradation, educational needs could expand to include so many things like information, skills, and machineries in environmental management and rehabilitation, resource conservation, waste and pollution management, energy provision, and other relevant areas (13). Household size (number) is included in the model to account for the effects of household composition on consumption expenditure. Increasing consumption is likely to be associated to the growing number of household members. In other words, a smaller household tends to spend less than a larger household. Thus, household size is hypothesized to have a positive relationship with household expenditure. Also household size is important since there is a trade-off between the quantity and quality of children in the household (3). Children are assumed to compete for scarce resources (parental time, financial and other resources). This is corroborated by Becker's theory on the quantity and quality of children (4, 3) which suggests that the time parents allocate to each child decreases with the increasing number of siblings.

Farm size (in ha) may affect spending. Large farms may require more investment. As a result, a positive relationship was hypothesized between farm size and consumption expenditure.

Farmland ownership is dealt in terms of a proxy to the property status of the household. For this reason, a dummy variable is defined as a tenant and a positive relationship with the dependent variable is hypothesized (Land property status is equivalent to 1 if tenant, others 0.)

Another important factor that controls for a household's region of residence is the AEZ. Several indices show that the adaptability of yam to relatively marginal soils and erratic rainfall conditions and, consequently, its high productivity/unit of land could depend on where the household is living. The 70% of the yam-producing villages in Nigeria and Ghana are in the derived savanna (DS), 20% in the humid forest (HF), and 10% in the southern Guinea savanna (SGS). Both direction relations and spending on goods/services are hypothesized between each zone (AEZ₁ is equal to 1 if SGS, others 0; AEZ₂ is equal to 1 if DS, others 0; AEZ₃ is equal to 1 if HF, others 0). Estimation of coefficients standard errors are based on bootstrapping (31, 8). In order to check for multicollinearity in the model, variance inflation factors (VIF) for categorical variables were estimated (14). According to Maddala (24), VIF can be defined by equation III.

$$VIF(X_i) = 1/(1 - R_i^2) \text{ with } (1 - R_i^2) = TOL(X_i) \text{ (III)}$$

Where:

R_i^2 as the squared multiple correlation coefficient between X_i and the other explanatory variables;

TOL is Tolerance. The larger the value of VIF , the more troublesome it is.

To avoid the problem of multicollinearity, it was essential to exclude the variables with the TOL of less than 0.20 or a VIF of 5 and above (29). Similarly, there might also be an association between dummy variables. In order to test multicollinearity problem between discrete variables, contingency coefficient (CC) which is χ^2 , chi-square based measure of the relation between two categorical variables (proposed by Pearson, the originator of the Chi-square test) was computed. The values of contingency coefficient range between 0 and 1, with zero indicating no association between the variables and values close to 1 indicating a high

degree of association. The contingency coefficient is collinear if its value is greater than 0.75. The contingency coefficient can be defined by equation IV:

$$CC = [\chi^2 / (n + \chi^2)]^{(1/2)} \quad \text{(IV)}$$

Where:

CC = Contingency coefficient, n = sample size, χ^2 = Chi-square value.

Results and discussion

The summary descriptive statistics in Table 1 indicate that the total household expenditure in Nigeria is more than double of that in Ghana. Half of the people in Nigeria and Ghana spend less than \$2369 and \$936 respectively. Mean expenditure are higher than median expenditure and most people are earning less than the average. Households in the bottom quartile represent low spenders, middle fifty percent are middle spenders, and top quartile are high spenders of the total spending distribution. Empirical results from Table 2 reveal that household heads surveyed were still in the active age bracket as their average age was about 50 years in Nigeria and Ghana. Households studied were highly populated with an average of 11 individuals in Nigeria and 9 in Ghana, representing a potential labor force. The education system in both countries is similar and in average the number of years of schooling is low. The majority of household heads completed only primary education, attainable in six years in Nigeria while in Ghana; they barely completed half of it. Lack of basic literacy for most of the households increases the vulnerable position of farmers subject to the problem of superstitions and ritual practices in yam production. The ritual materials entail expenditure of resources including cash. More importantly, poor and declining crop yields are blamed on the rival next door; ways out from pest and diseases problems are sought in ritualism. Farmers who engage in superstitious and ritual practices are unlikely to be open to new technologies which they view with suspicion. The households are mainly smallholder entities owning on the average about 2 ha of land.

Table 1

Summary statistics of total expenditure by country (in dollars), as dependent variable.

Country	Bottom Quartile	Middle 50%	Top Quartile	Mean	Std. Dev
Nigeria	1262	2369	4390	3559	3688
Ghana	593	936	1491	1258	1120

Table 2

Summary statistics of independent variables.

Variable/Symbol	Nature	Nigeria (N= 724)		Ghana (N= 515)	
		Mean	SD	Mean	SD
Individual variables					
Gender (<i>GEN</i>)	Dummy	0.97	0.17	0.90	0.30
Age (<i>AGE</i>)	Continuous	50.75	13.97	48.70	15.46
Education level (<i>EDU</i>)	Continuous	6.22	5.36	2.65	4.50
Marital status (<i>MS</i>)	Dummy	0.06	0.24	0.05	0.21
Main occupation (<i>MO</i>)	Dummy	0.96	0.20	0.99	0.10
Household variables					
Total household income (<i>TINC</i>)	Continuous	4254	7820	4592	9035
Household size (<i>HS</i>)	Continuous	10.59	5.57	9.26	5.59
Household assets variables					
Land property status (<i>LPS</i>)	Dummy	0.08	0.28	0.23	0.42
Farm size (<i>FS</i>)	Continuous	2.38	1.17	2.68	1.11
Institutional variable					
Membership of formal and informal institutions (<i>MEM</i>)	Dummy	0.42	0.49	0.24	0.43
Agroecology variables					
SGS (<i>AEZ1</i>)	Dummy	0.60	0.49	0.73	0.45
DS (<i>AEZ2</i>)	Dummy	0.12	0.32	0.25	0.43

Note: The monetary unit used in this study is the US dollar at an exchange rate of N157 for Nigeria and GH¢1.85 for Ghana for US\$1.

The per capita household income corresponded to about US\$ 1.10/day for Nigeria and US\$ 1.36/day for Ghana. This average daily income compared with the threshold of \$1.25/day indicates how far the average poor farmer is from escaping extreme poverty.

The coefficients in Table 3 are the weighted CLAD coefficients at the 25th, 50th, and 75th quantile of the conditional expenditure distribution denoted by Q25, Q50 and Q75. Table 3 also reports the pseudo R² of between approximately 0.02 and 0.10, a quantile measure of goodness of fit.

The pseudo R² increases from the lower to the higher quantiles in both countries, which indicates

that the model explains consumption expenditure for households whose spending is in the higher quantiles better than for households whose spending is in the lower quantiles. The study shows two types of significant coefficients: those that are significantly different from zero and the quantile coefficients that are significantly different from the OLS coefficients (outside of the OLS confidence interval). With respect to the effect of individual factors on household expenditure, several findings are worth noting. According to the OLS estimates, age, education, and household size are positive and significant determinants of household expenditure in

Nigeria while only education is positive and significant in Ghana.

The QR results are similar to those of OLS and suggest important differences at different points in the conditional distribution of expenditure. At some points of the expenditure distribution in Nigeria, age, education, main occupation and household size are not only significantly different from zero but also significantly different from the OLS coefficients. As for Ghana, both education and household size are significantly different from zero and from the OLS coefficients. The age of the household head, marital status, and the presence of a child younger than 6 years of age have been investigated alone or in some combinations to represent the family life cycle (19, 23).

Expenditure for farm households increases with age in Nigeria while a reverse situation exists in Ghana with age. Low spending is positively related to rural young farmers with respect to their propensity to save since for them future income is governed by today's consumption under the assumption that if all is rational the more you consume today, the less you will consume in the future. As a person ages, need requirements may change and possibly, the individual may spend more. The opposite has been revealed in Ghana though this has been insignificant.

Farming as the main occupation is significant and negative determinant of household expenditure at all points in the conditional distribution of expenditure in Ghana while in Nigeria this is the situation occurs with households in the bottom quartile. Farm households in yam growing areas spent less most probably for the fact that a share of their own consumption come from their farms. Also for inter-generational transfers in order to help their children in starting a farm, households do choose to save rather than spend.

With reference to the household variables, large families spent more in both countries except at the lower end in Ghana. Household size is significant at the upper quantiles in both Nigeria and Ghana. Food expenditure for farm households may vary with household size due to reasons like: advantage of economies of size for larger households; existence

of different age mix within households with different market basket of goods. Also, smaller households may be limited in choices of good unit sizes that meet their needs.

Regarding the household assets, farm size and expenditure are positively related in both countries and such a relation is significant at the mean in both countries and at the lower end in Nigeria. This implies that as the farm increases in size, there is the increased need for the farm inputs, hence increase in expenditure. This is in conformity with the findings of Akinola and Young (1) that the larger the farm, the more quantities of inputs that would be needed in the farm, hence greater investment expenditure.

Concerning the institutional variable, membership of informal or formal institutions is important only at the lower end of expenditure. The variable has a reverse relationship between Nigeria and Ghana. Households who have one more member in formal or informal institutions spend \$307 more in Nigeria and \$140 less in Ghana in total expenditure for low consumption expenditure households (at the 25% quantile).

The results showed that farm households expenditure increases with education at all points examined on the conditional distribution for both countries (Table 3). This suggests that the more educated household heads are, the higher their household expenditure compared to their less educated counterparts. This result corroborates the empirical findings of Frisbee (15); Çağlayan and Astar (9) that increase in local production would result in the creation of employment opportunities and enterprises, thus mobilizing underutilized resources will invariably lead to increased expenditure and engender economic growth (10). In addition, increases in rural spending on non-tradable goods and services would mobilize underused resources (10, 18).

Only education was consistently significant in both regressions and across the conditional quantiles of the consumption expenditure in Nigeria and Ghana. Household expenditure reflects equities in the system with the non-poor and poor households spending on education. Household expenditure in yam rural areas interfere with demand for education

Table 3
Results of OLS and QR.

TEX	Nigeria				Ghana			
	OLS	Q25	Q50	Q75	OLS	Q25	Q50	Q75
<i>TINC</i>	0.0123 (0.75)	0.0101 (1.82)	0.0049 (0.39)	0.0119 (0.42)	0.0060 (1.06)	0.0024 (0.94)	0.0087 (2.51)	0.0045 (0.59)
<i>GEN</i>	425.2 (0.58)	272.8 (1.03)	824.4 (1.52)	366.1 (0.34)	54.01 (0.31)	-9.54 (-0.12)	70.07 (0.65)	139.7 (0.54)
<i>AGE</i>	31.04** (3.10)	11.26*** (3.14)	23.09** (3.04)	37.13* (2.29)	-2.282 (-0.68)	-0.993 (-0.69)	-0.106 (-0.05)	-4.410 (-0.83)
<i>EDU</i>	162.1*** (6.10)	74.90*** (7.61)	122.8*** (6.08)	228.5*** (5.34)	29.52* (2.50)	15.71*** (2.96)	23.95*** (3.34)	24.67* (1.36)
<i>MS</i>	269.2 (0.49)	-63.25 (-0.30)	318.0 (0.77)	43.60 (0.05)	218.5 (0.89)	-15.24+ (-0.14)	437.0** (2.94)	291.0 (0.76)
<i>MEM</i>	477.0 (1.85)	306.7** (3.13)	237.3 (1.21)	606.4 (1.49)	-114.1 (-0.95)	-140.4** (-2.67)	-64.14 (-0.88)	-204.2 (-1.08)
<i>MO</i>	539.4 (0.88)	-512.5*+ (-2.32)	97.86 (0.21)	200.2 (0.21)	-806.9 (-1.67)	-670.5*** (-3.54)	-925.3*** (-3.36)	-1457.8* (-2.24)
<i>LPS</i>	-252.6 (-0.52)	-312.9 (-1.70)	-314.9 (-0.87)	-185.1 (-0.25)	58.34 (0.51)	36.38 (0.72)	-14.13 (-0.20)	-47.21 (-0.26)
<i>HS</i>	50.56* (2.10)	23.15*+ (2.57)	10.00+ (0.55)	97.29** (2.98)	13.94 (1.42)	-0.0123+ (-0.00)	10.68 (1.78)	48.40***+ (3.70)
<i>FS</i>	170.1 (1.50)	138.7** (3.05)	227.1** (2.66)	148.9 (0.87)	58.44 (1.18)	21.80 (0.95)	59.84* (1.98)	95.82 (1.33)
<i>AEZ₁</i>	137.0 (0.43)	24.44 (0.21)	255.4 (1.06)	635.9 (1.27)	29.81 (0.08)	-253.9+ (-1.75)	85.61 (0.41)	520.1 (1.04)
<i>AEZ₂</i>	-479.5 (-1.03)	-48.44+ (-0.28)	-133.7 (-0.38)	-235.7 (-0.31)	366.1 (1.01)	-165.2+ (-1.11)	263.8 (1.23)	903.8 (1.76)
<i>Cons</i>	-1239.5 (-1.15)	-115.1+ (-0.30)	-1227.6 (-1.51)	-1407.8 (-0.83)	1644.8 *	1489.9** *	1348.2** *	1780.9 (1.88)
<i>Pseudo R²</i>		0.0439	0.0561	0.0746		0.0233	0.0431	0.0530

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Chi²(1) = 418.65

Chi²(1) = 285.17

Prob > chi² = 0.0000

Prob > chi² = 0.0000

Notes: t-statistics in parentheses.

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001; + Significantly different QR coefficients from OLS coefficients at 5% significance level, when the OLS coefficient is outside the confidence interval estimate of the quantile.

and education in rural areas is considered as a commodity to be bought lowering school attainment.

The focus on human capital development as a driver for economic growth should be pursued vigorously. This result is in agreement with the dictates of the Millennium Development Goals established in 2000. Therefore, an important issue about the level of investments in developing countries should revolve around the development of primary education for all with considerable progress to be made in rural areas in order to close the gap with urban areas in terms of literacy attainment. More importantly, governments and developmental institutions are encouraged to focus more efficiently on human

capital development policies as en-route of economic growth that will raise the levels of incomes in rural areas.

This is expected to stimulate the realization of incomes redistribution for long run solutions to poverty.

Conclusion

This study like previous ones used the conventional OLS method to produce only a point estimate for the relationship between the dependent and explanatory variables. In addition, the QR method is used to generate a multitude of estimates with each describing the relationship between the dependent and explanatory variable at a particular point in the

conditional distribution of the household consumption expenditure. The results show that the covariates are not constant across the conditional distribution of household expenditure, and hence QR is an appropriate method.

Information gaps were identified when the OLS was applied. However, this deficiency was corrected when QR was employed. In particular, in Nigeria, we found age, education, and household size as significant determinants of household consumption expenditure with OLS, while more additional variables, such as membership of formal and informal institutions, main occupation, and farm size, were found associated across the conditional quantiles of the expenditure. In Ghana, only education affects the expenditure using OLS while family structure, membership of formal and informal institutions, main occupation, household size, and farm size vary across the conditional quantiles of the expenditure.

Only education showed a uniform trend between the two models used and across the different points of the conditional distributions of household expenditure in both countries.

The study revealed that potential for demand-led growth exists in the study region. Providing

smallholder farmers with basic education will reduce their vulnerability to superstitious and ritual practices that will engender increased yam production thereby increasing expenditure. Increased expenditure could mobilize underused resources and stimulate the production of locally produced goods, thus creating further enterprise and employment opportunities. Policy should focus on investment in education attainment imbedded in human capital so as to reduce transaction costs and risk in all markets. This would lower constraints to production, encourage greater participation from local yam producers, extend the economic base, and maintain the attractiveness of living in rural areas. Formulation of the regional consumption policy should consider also other important drivers and local conditions for the purpose of pushing coordinated increases of local economic growth.

Acknowledgements

This paper is based on research that was conducted as part of Yam Improvement for Income and Food Security in West Africa project through a research grant from the Bill and Melinda Gates Foundation, which is acknowledged for support.

Literature

1. Akinola A.A & Young T., 1991, An Application of the Tobit Model in Analysis of Agricultural Innovation: A case study of the use of cocoa Spraying Chemicals Amongst Nigerian Cocoa Famers, *Agric. Syst.*, **36**, 22-51.
2. Astone M. & McLanahan S., 1991, Family Structure, Parental Practices, and High School Completion, *Am. Sociol. Revi.*, **56**, 309-320.
3. Becker G., 1991, *A Treatise on the Family* Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
4. Becker G. & Lewis H., 1973, On the Interaction between the Quantity and Quality of Children, *J. Pol. Econ.*, **81**, 2, 279-288.
5. Buchinsky M., 1994, Changes in the U.S. Wage Structure 1963-1987: Application of Quantile Regression, *Econometrica*, **62**, 405-458.
6. Buchinsky M., 1995, Quantile Regression, the Box-Cox Transformation Model and US Wage Structure 1963-1987, *J. Econ.*, **65**, 109-154.
7. Buchinsky M., 1997, Women's Return to Education in the U.S.: Exploration by Quantile Regression, *J. Appl. Econ.*, **13**, 1-30.
8. Buchinsky M., 1998, Recent Advances in Quantile Regression Models: A Practical Guide for Empirical Research, *J. Hum. Resour.*, **33**, 88-126.
9. Çağlayan E. & Astar M., 2012, A micro econometric analysis of household consumption expenditure determinants for both rural and urban areas in turkey, *Amer. Int. J. Contemp. Res.*, **2**, 2, 27-34.
10. Delgado C.L., Hopkins J., Kelly V.A., Hazell P., Mckenna A.A., Gruhn P., Hojjati B., Sil J. & Courbois C., 1998, *Agricultural growth linkages in*

- Sub-Saharan Africa*, Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
11. Eide E. & Showalter M.H., 1998, The Effect of School Quality on Student Performance: A Quantile Regression Approach, *Econ. Letters*, **58**, 345-50.
 12. Engel E., 1895, "Die Productions- und Consumptionsverhältnisse Des Königreichs Sachsen," International Statistical Institute Bulletin, 9, 1-74, original version: 1857, reprinted as specified.
 13. FAO 1994, *Rural households and sustainability: Rural households and sustainability: Integrating environmental and gender concerns into home economics curricula*. Working Paper. Economic and Social Development Department. Rome, Italy. www.fao.org/docrep/v5406e/v5406e02.html
 14. Fox J. & Monett, G., 1992, Generalized Collinearity Diagnostics, *J. Am. Stat. Assoc.*, **417**, 178-183.
 15. Frisbee W.R., 1985, Economic analysis of household clothing expenditures, *Can.Home Econ J.*, **35**, 4, 201-206.
 16. Hashimoto K. & Heath J.A., 1995, Income Elasticities of Educational Expenditure by Income Class: The case of Japanese Households, *Econ. of Educ. Rev.*, **14**, 1, 63-71.
 17. Haveman R., Wolfe B. & Spaulding J., 1991, Childhood Events and Circumstances Influencing High School Completion, *Demography*, **28**, 1, 133-157.
 18. Hazell P.B.R. & Haggblade S., 1991, Rural-urban growth linkages in India, *Indian J. Agric. Econ.*, **46**, 4, 515-529.
 19. Horton S.E. & Hafstrom J.L., 1985, Income elasticities for selected consumption categories: comparison of single female-headed and two-parent families, *Home Econ. Res. J.*, **13**, 3, 292-303.
 20. IITA (International Institute of Tropical Agriculture) (2012), Yam for livelihoods. www.iita.org/web/yiifswa
 21. Jolliffe D., Krushelnytskyy B. & Semykina A., 2000, *Censored Least Absolute Deviations Estimator: CLAD*. Stata Technical Bulletin, 58, 13-16.
 22. Koenker R. & Basset, G., 1978, Regressions quantiles, *Econometrica*, **46**, 33 - 50.
 23. Lino M., 1990, Factors affecting expenditures of single-parent households, *Home Econ. Res. J.*, **18**, 3, 191-201.
 24. Maddala G.S., 1992, *Introduction to Econometrics. Second Edition*. New York: Macmillan Publishing Company. 631.
 25. MFE (Ministry for the Environment), (2007), Household consumption. Environment New Zealand. www.mfe.govt.nz/publications/ser/enz07-dec07/chapter-3.pdf
 26. Mink S.D., 1993, *Poverty, Population and the Environment*. Washington, D.C., World Bank. World Bank Discussion Paper 189, 40.
 27. Montenegro C., 2001, *Wage Distribution in Chile: Does Gender Matter? A Quantile Regression Approach*. *The World Bank Development Research Group/ Poverty Reduction and Economic Management Network. Policy Research Report on Gender and Development*. Working Paper Series N°. 20
 28. Nunes P.M., Serrasqueiro Z.S. & Leitao J., 2010, Are there Nonlinear Relationships between the Profitability of Portuguese Service SME and its Specific Determinants? *The Serv. Ind. J.*, **8**, 1313-1341.
 29. O'Brien R.M., 2007, A Caution Regarding Rules of Thumb for Variance Inflation Factors. *Qual. & Quant.*, **41**, 5, 673- 690.
 30. Offutt S., 2002, The future of farm policy analysis: A household perspective. *American Journal of Agricultural Economics*, 84(5), 1229-37.
 31. Parzen M.I., Wei L. & Ying Z.A., 1994, Resampling Method Based on Pivotal Estimating Functions. *Biometrika*, **2**, 341-350.
 32. Sher A. & Abu Hassan A.B., 2011, Factors Affecting the Consumer's Decision on Purchasing Power, *J. Econ. Behav. Stud.*, **2**, 3, 108-116.
 33. StataCorp, 2013, *Stata Data Analysis and Statistical Software: Release 13*. StataCorp LP, College Station, TX 77845, USA.
 34. Tanse, A. & Bircan F., 2006, Demand for education in Turkey: A Tobit analysis of private tutoring expenditures, *Econ. Educ. Rev.*, **25**, 3, 303-313.
 35. United Nations, 2007, *The Wye Group Handbook, Rural Households' Livelihood and Well-Being: Statistics on Rural Development and Agriculture Household Income*, ISBN 978-92-1-116967-6. New York and Geneva.
 36. Variyam J., Blaylock J. & Smallwood D., 2002, Characterizing the Distribution of Macronutrient Intake Among U.S. Adults: A Quantile Regression Approach, *Am. J. Agr. Econ.*, **84**, 454-66.

37. Vogel S., 1994, Structural changes in agriculture: Production linkages and agricultural demand-led industrialization. *Oxford Economic Papers, New Series*, **46**, 1, 136-156.
38. Yin W., Devaney S. & Stahura J., 2005, Determinants of Household Expenditure on Computer Hardware and Software, *J. Consum. Affairs*, **39**, 2, 237-417.
-

D.B. Mignouna, Togolese, PhD, Regional economist, International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria.

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

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

V.M. Manyong, Congolese (DRC), PhD, Director R &D for Eastern Africa, International Institute of Tropical Agriculture, Dar es Salaam, Tanzania.

P.N. Dontsop, PhD, Cameroonian, Postdoctoral Fellow-Agricultural Economist, International Institute of Tropical Agriculture, Bukavu, DR Congo.

J.H. Ainembabazi, Ugandan, Postdoctoral Fellow-Agricultural Economic and Policy Expert, International Institute of Tropical Agriculture, Kampala, Uganda.

R. Asiedu, Ghanaian, PhD, Director R & D for West Africa, International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria.

Caractéristiques structurales et écologiques des populations d'espèces commerciales: une base pour la sylviculture dans les peuplements forestiers de Niaouli (Sud-Benin)

M.M. Agbangla¹, A.K.N. Aoudji^{1*}, G.S. Akouehou², J.A. Gbetoho¹, K. Sanon³, O. Ayina⁴, Ch. de Cannière⁵ & J.C. Ganglo¹

Keywords: Commercial species- Forest stand- Silviculture- Structural characterization- Niaouli- Southern Benin

Résumé

La présente étude a pour but de raisonner les interventions sylvicoles dans la forêt naturelle de Niaouli (6°43' - 6°44'N et 2°07' - 2°08'E) au Sud-Bénin, en fonction des essences commerciales. Vingt-trois placeaux de 0,25 ha (50 m x 50 m) ont été installés pour la caractérisation structurale et écologique. Trois placeaux de 100 m² (10 m x 10 m) ont été installés dans chaque placeau de 0,25 ha pour l'étude de la régénération. Un positionnement multidimensionnel effectué à l'aide du logiciel SPSS version 16.0 a permis d'identifier quatre types de peuplement forestiers sur la base de la présence-absence des espèces. La présence et l'abondance de ces espèces dans les peuplements est liée à un gradient d'humidité. L'analyse générale de la structure en diamètre et de la régénération ont révélé des menaces sur la viabilité de plusieurs espèces commerciales. Les interventions sylvicoles identifiées sont: l'enrichissement des peuplements en essences commerciales; le déliantage et le dégagement du sous-bois pour permettre aux potentiels séminaux édaphiques de se développer à l'ouverture des peuplements; la sécurisation de la forêt pour prévenir des coupes illicites pouvant perturber les populations d'essences commerciales.

Summary

Structural and Ecological Characteristics of Commercial Timber species' population: a Basis for Silviculture in Niaouli Forest Stands (Southern Benin)

This study was carried out to provide silvicultural guidance in the Niaouli forest (6°43'- 6°44'N and 2°07'- 2°08'E), Southern Benin, based on commercial species. Twenty-three 0.25 ha plots (50 m x 50 m) were set to characterize the structure and the ecology of these species' populations. Within each plot of 0.25 ha, three 100 m² sub-plots (10 m x 10 m) were set for the assessment of regeneration. A multidimensional scaling was performed with SPSS 16.0 on presence-absence data of species, and led to the identification of four forest stands. Overall, the number of species and their abundance in the stands were linked to the presence of water. Diameter structure and regeneration revealed that the populations of the studied species were not at equilibrium. The silvicultural interventions suggested to equilibrate them were as follows: enrichment of the forest stands with the studied species; removal of liana and clearing of the undergrowth to enable the germination of seeds and the growth of the seedlings of commercial species, and the protection of the forest from illegal logging by improving security.

¹Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire des Sciences Forestières, Calavi, Bénin.

²Centre d'Etudes, de Recherches et de Formation Forestières, Cotonou, Bénin.

³Laboratoire de Microbiologie INERA/DPF, Ouagadougou, Burkina Faso.

⁴Institut Universitaire de Technologie, Douala, Cameroun

⁵Université Libre de Bruxelles, Ecole Interfacultaire de Bioingénieurs, Service d'Ecologie du paysage et Systèmes de production végétale, Bruxelles, Belgique.

*Auteur correspondant: E-mail: augustin.aoudji@gmail.com

Introduction

L'exploitation forestière sélective et l'agriculture extensive entraînent une perte de biodiversité et un appauvrissement progressif des forêts en arbres de valeur commerciale (25). La notion d'espèce commerciale ou principale vient du fait que certaines espèces sont valorisables en bois d'œuvre tandis que d'autres, qualifiées d'espèces secondaires, ne le sont pas (11). Même si au cours des dernières décennies, les produits forestiers non ligneux font l'objet d'une grande attention, les ressources en bois continuent de jouer un grand rôle dans l'aménagement forestier. La gestion durable des forêts nécessite l'élaboration d'outils d'aide à la décision prenant en compte les espèces commerciales. Cela requiert la connaissance de la densité d'arbres de ces espèces, leur structure en diamètre et leur structure spatiale (1, 18).

La densité d'une espèce en un lieu donné dépend de sa stratégie de survie, de la convenance ou non de l'habitat à ses exigences écologiques, ou d'enrichissement intentionnel dans le passé (5).

La stratégie de survie fait, en partie, appel à la structure spatiale qui reflète comment les individus d'une même espèce vivent dans l'espace forestier. Compte tenu de leur mode de dissémination, les espèces ont une distribution spatiale potentielle qui peut être modifiée par des conditions écologiques favorables ou défavorables, une compétition intraspécifique exacerbée ou des perturbations d'origine humaine ou naturelle (5, 21).

La distribution spatiale s'analyse grâce à divers paramètres parmi lesquels le coefficient K de Ripley, la densité relative de voisinage Ω (6, 33). L'indice de Green constitue néanmoins un paramètre plus rapide et facile à calculer, et suffisamment précis pour évaluer les configurations spatiales adoptées par les espèces (23). En effet, son calcul ne nécessite que le nombre d'individus de l'espèce sur une surface déterminée. Il représente la moyenne des distances entre les individus comme la densité relative de voisinage décrite par Condit *et al.* (6). Par ailleurs, la densité et la distribution en diamètre permettent d'évaluer la quantité de ressources disponibles en un lieu donné. Le diamètre du tronc est communément utilisé pour représenter les

classes d'âge des peuplements, en se basant sur l'hypothèse que les gros arbres sont plus âgés que les petits. Les distributions en classe de diamètre ont généralement une allure en exponentielle négative, représentant des populations en équilibre (19). Les différences avec la structure d'équilibre peuvent s'expliquer par des perturbations d'origine naturelle et/ou anthropique, des irrégularités dans la régénération, les compétitions intra et/ou interspécifiques entre les arbres (18). Aussi, les structures en diamètre des peuplements globaux sont-elles généralement en exponentielle négative mais différent radicalement d'une espèce à l'autre (19). Pour cela, il est nécessaire d'avoir recours aux structures en diamètre de chacune des espèces ciblées par l'aménagement, pour cerner les contraintes auxquelles elles sont soumises (36). La gestion forestière peut être d'autant plus efficace qu'elle porte sur des unités homogènes; d'où l'intérêt de la notion de peuplement qui désigne «un ensemble d'arbres ayant une uniformité jugée suffisante quant à sa composition floristique, sa structure, son âge, sa répartition dans l'espace, sa condition sanitaire...», pour se distinguer des peuplements voisins et pouvant ainsi former une unité élémentaire sylvicole ou d'aménagement» (8). La phytosociologie a été souvent utilisée pour délimiter les unités de gestion homogènes suivant la composition floristique et les conditions écologiques (2, 14, 15, 20). Une autre approche, plus rapide, consiste à réaliser un inventaire par sondage de points, répartis sur l'ensemble de la forêt, suivi d'un positionnement multidimensionnel (3). Cette approche se base sur les principes de similarité et de dissimilarité (30), pour regrouper les points d'inventaire en unités homogènes (peuplements) selon la composition floristique (présence-absence des espèces).

L'objectif de la présente étude est d'identifier les besoins en aménagement de la forêt de Niaouli (Sud-Bénin), par l'évaluation des caractéristiques structurales et écologiques des essences commerciales, en fonction des peuplements.

Les espèces concernées dans cette forêt sont *Entandophragma angolense* (Welw.) C.DC., *Pycnanthus angolensis* (Welw.) Warb., *Triplochiton scleroxylon* K. Schum., *Antiaris toxicaria* var. *africana* Scott-Elliot ex A.Chev., *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., *Celtis mildbraedii* Engl. Elles figurent parmi les espèces de bois d'œuvre de la région guinéenne (11). Nous formulons les hypothèses suivantes: (i) la densité d'espèces commerciales varie en fonction des peuplements forestiers; (ii) la régénération n'est pas suffisante pour maintenir leurs populations en équilibre.

Matériel et Méthodes

Milieu d'étude

La forêt de Niaouli couvre une superficie de 120 ha. Elle est située dans le département de l'Atlantique, commune d'Allada, arrondissement d'Attogon (Figure 1), entre les latitudes 6°40' et 6°45' Nord, et les longitudes 2°05' et 2°10' Est. Au plan phytogéographique, cette région appartient à la zone de transition régionale guinéo-congoloso-soudanienne (35). La pluviosité moyenne sur la période de 1950 à 2009 est de 1144 mm. Le régime des pluies est bimodal; avec deux saisons de pluies dont une grande allant de mars à juillet, et une petite allant de septembre à octobre; et deux saisons sèches dont la grande va de novembre à février et la petite en août. La température moyenne annuelle est d'environ 28 °C. La forêt est développée sur une zone de plateau, avec des sols ferrallitiques. La région abrite également des sols hydromorphes.

Dispositif d'échantillonnage et collecte des données

Vingt-trois placeaux carrés de 50 m * 50 m (0,25 ha) ont été installés, suivant un échantillonnage systématique à mailles carrées de 100 m * 100 m. Le diamètre des arbres de *dbh* (diamètre à 1,3 m au dessus du sol) > 10 cm a été mesuré à l'aide du ruban Π. Trois quadrats diagonaux de 10 m * 10 m ont été installés dans chaque placeau de 0,25 ha pour évaluer la densité de régénération des espèces commerciales. Dans ces quadrats, les sujets de *dbh* <10 cm appartenant à ces espèces ont été comptés en considérant deux classes de régénération (11):

classe 1 ou semis (*dbh* <1 cm) et classe 2 ou jeunes arbres (1 cm ≤ *dbh* <10 cm).

Analyse des données

Identification des peuplements forestiers

Toutes les espèces recensées dans les 23 placeaux inventoriés ont été regroupées dans une matrice de données binaires (0= absence; 1= présence) avec en ligne les placeaux et en colonne les espèces. Cette matrice a été soumise au positionnement multidimensionnel avec le logiciel SPSS Version 16.0. Ceci permet de représenter les placeaux dans un espace euclidien où les distances les séparant sont construites à partir de leurs similarités en termes de co-présence ou co-absence d'espèces, de façon à ce que deux placeaux similaires soient proches et que deux placeaux différents soient éloignés (30). Ainsi, la procédure ALSCAL appliquée par Bonou *et al.* (3) a permis de construire une structure géométrique bidimensionnelle, s'ajustant au mieux aux similarités observées ou calculées. Des indicateurs appropriés (*f-stress* de type I, coefficient de détermination R^2 ou RSQ) ont été utilisés pour apprécier la qualité de la représentation obtenue dans un système de deux axes. Le *f-stress* est compris entre 0 et 1 et le coefficient de détermination est compris entre 0 et 100. Une bonne représentation est caractérisée par un *f-stress* faible et un R^2 élevé.

Détermination des paramètres structuraux

Les paramètres structuraux ont été calculés pour chaque peuplement selon les procédures décrites ci-après.

- La densité du peuplement (N , en arbres/ha) est la moyenne des densités d'arbres N_i des placeaux de ce peuplement. N_i est calculée par la formule I:

$$N_i = \frac{n_i}{s} \quad \text{I}$$

n_i étant le nombre total d'arbres du placeau i de superficie s en ha.

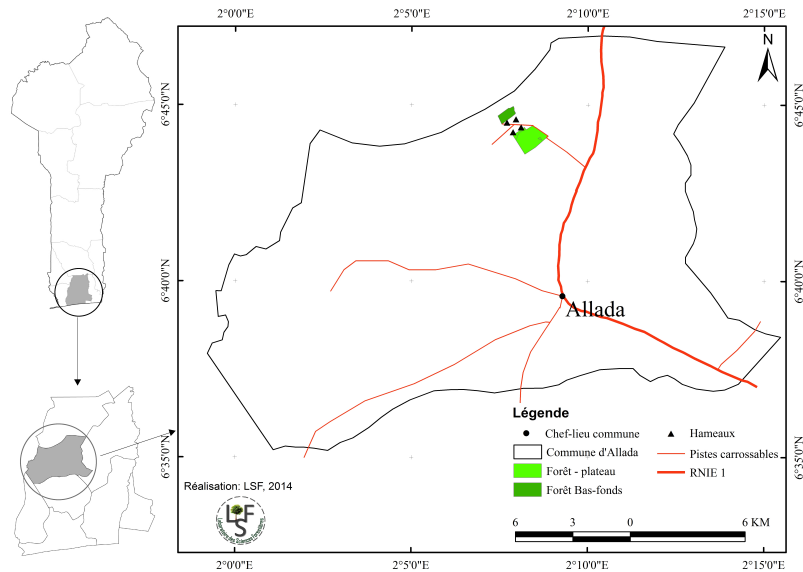


Figure 1: Carte de localisation de la zone d'étude.

- L'indice de Green (IG): Il permet d'apprécier la distribution des arbres d'une espèce donnée au sein d'un groupement végétal donné et est calculé par la formule II (23):
- Les densités de régénération (N_r , en tiges/ha), par classe de régénération, des espèces commerciales ont été calculées avec la formule IV :

$$IG = \frac{(IB-1)}{n-1} \quad \text{II}$$

avec n , le nombre moyen d'arbres dans les placeaux du peuplement et IB , l'indice de Blackman (23).

- L'indice de Blackman (IB) se calcule par la formule III:

$$IB = \frac{S_N^2}{N} \quad \text{III}$$

N et s_N^2 sont respectivement la moyenne et la variance de la densité de l'espèce dans le peuplement.

L'indice de Green varie de -1 à 1, et s'interprète comme suit: $IG < 0$ (répartition régulière), $IG = 0$ (répartition aléatoire) et $IG > 0$ (répartition agrégative).

- Les structures en diamètres : Elles ont été réalisées pour les populations d'espèces commerciales. Pour ce faire, les individus ont été regroupés par classes de diamètre d'amplitude 5 cm, et les densités d'arbres par classes de diamètre ont été calculées.

$$N_r = \frac{n_r}{s_q} \quad \text{IV}$$

avec n_r le nombre moyen de tiges de l'espèce commerciale dans le peuplement et s_q la surface en hectare du quadrat de régénération.

Résultats

Peuplements identifiés et description des axes du positionnement multidimensionnel

Quatre peuplements forestiers ont été identifiés (Figure 2: la forêt secondaire à *T. scleroxylon* et *E. angolense* (G1), la forêt secondaire à *A. toxicaria* et *T. scleroxylon* (G2), la forêt secondaire à *A. toxicaria* et *C. pentandra* (G3) et la forêt secondaire à *A. toxicaria* et *C. mildbraedii* (G4). Cette nomenclature tient compte de la fréquence d'apparition de chaque espèce. Les espèces ayant les plus fortes fréquences donnent leurs noms au peuplement.

La valeur finale du stress est de 0,189. Ce coefficient relativement faible montre que la représentation géométrique dans l'espace à 2 dimensions respecte bien les proximités entre les placeaux.

Le coefficient de détermination indique que 87,22 % de la variabilité des distances issues de la configuration euclidienne est expliquée par les disparités. Autrement dit, la distance euclidienne entre deux placeaux exprime principalement les différences/ressemblances entre les deux placeaux du point de vue de leur composition floristique.

Les placeaux situés plus à gauche de cette dimension ont été installés dans les zones de la forêt dégradée pour l'installation des champs d'expérimentations agricoles, tandis que ceux de la droite ont été installés dans les zones intactes.

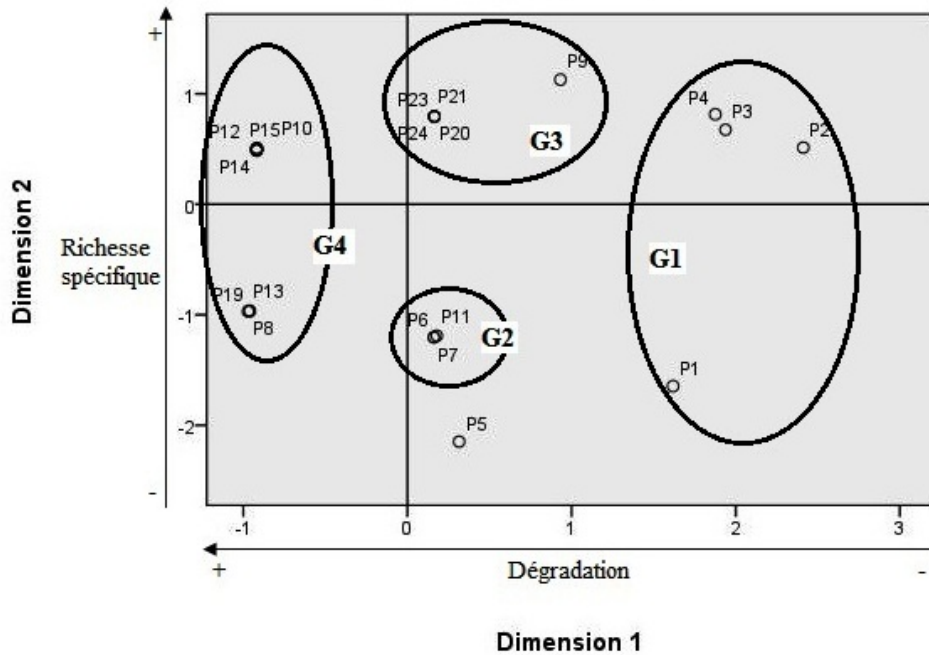


Figure 2: Projection des 23 placeaux de 50*50 m dans le système d'axe 1 et 2.

Tableau 1

Densité (arbres/ha) des espèces commerciales et indice de Green caractérisant leur répartition spatiale en fonction des peuplements de la forêt de Niaouli.

Peuplement Espèces	G1 (n*=4)		G2 (n=3)		G3 (n=5)		G4 (n=11)	
	N	IG	N	IG	N	IG	N	IG
Peuplement global**	71a	-	55b	-	51b	-	54b	-
<i>A. toxicaria</i>	3	4	36	0,2	18	0,15	34	0,01
<i>C. pentandra</i>	4	-0,1	0	-	6	-0,05	5	-0,05
<i>C. mildbraedii</i>	21	0,7	15	0,2	14	0,22	15	0,06
<i>E. angolense</i>	13	0,45	0	-	0	-	0	-
<i>P. angolensis</i>	4	0,9	0	-	0	-	0	-
<i>T. scleroxylon</i>	26	0,5	4	-0,5	13	0,41	0	-

N= densité moyenne, IG= indice de Green

* n représente le nombre de placeaux ayant permis de calculer chaque moyenne.

** : Les chiffres suivis de lettres différentes sont significativement différents (ANOVA, $p < 0,05$).

Ainsi, cet axe oppose le peuplement *G4* ouvert au peuplement *G1* fermé; les autres peuplements *G2* et *G3* ont des degrés d'ouverture intermédiaires. La dimension 2, quant à elle, discrimine les placeaux suivant leur composition spécifique. En effet, la richesse spécifique décroît du haut vers le bas de cette dimension. Autrement dit, les placeaux situés plus haut sont plus riches en espèces que ceux situés plus bas.

Caractérisation dendrométrique des peuplements et des espèces de valeur

Présence, abondance et répartition spatiale des espèces en fonction des peuplements

La densité globale des espèces commerciales varie de 51 à 71 arbres/ha (Tableau 1). Le peuplement *G1* est le plus riche en espèces commerciales en termes du nombre d'espèces (les 6 espèces étudiées) et de leur densité globale (71 arbres/ha). Dans ce peuplement, *T. scleroxylon* est l'espèce commerciale la plus abondante (26 arbres/ha) tandis que *P. angolensis* a la plus faible densité (4 arbres/ha). *E. angolense* et *P. angolensis* se retrouvent exclusivement dans ce peuplement tandis que *T. scleroxylon* s'y retrouve préférentiellement. Les espèces les plus communes à ces peuplements sont *A. toxicaria* et *C. mildbraedii* avec des densités comprises respectivement entre 3 et 36 arbres/ha, et 14 et 21 arbres/ha. La densité de *A. toxicaria* est plus élevée dans les peuplements *G2* et *G4* tandis que celle de *C. mildbraedii* est plus élevée dans *G1*.

L'indice de Green (tableau 1) montre que les arbres de ces espèces sont généralement répartis de façon agrégative ($IG > 0$), à l'exception de *C. pentandra* qui a une structure régulière ($IG < 0$).

Structures en diamètre et régénération naturelle des espèces commerciales dans les forêts

Les figures 3 à 6 présentent les structures en diamètre des espèces commerciales dans les peuplements identifiés. Ces espèces ont des structures très variables d'un peuplement à l'autre. La structure en diamètre de *A. toxicaria* présente plusieurs modes dans les peuplements *G2*, *G3* et *G4*.

Son allure généralement croissante, avec une rareté des arbres de $dbh < 40$ cm et une abondance des arbres de $dbh > 40$ cm, suggère un déclin qui peut être dû à un faible potentiel de recrutement. Le potentiel de recrutement ($1\text{cm} \leq dbh < 10$ cm) est compris entre 21 et 40 tiges/ha (Tableau 2). Dans le peuplement *G1*, l'espèce n'a que 3 arbres/ha qui se répartissent dans trois classes de diamètre (Figure 3). De plus, dans ce groupement, le potentiel de recrutement est estimé à 8 tiges/ha, malgré l'abondance des semis ($dbh < 1$ cm) estimés à 175 tiges/ha (Tableau 2). Les arbres de *C. pentandra* sont aussi en faible densité, 5-6 arbres/ha, et sa régénération est nulle sauf dans le peuplement *G4* où on retrouve 3 tiges (Tableau 2). Sa structure est alors irrégulière avec seulement quelques classes de diamètre.

Il faut aussi noter la présence des individus de $dbh \geq 40$ cm qui peuvent être les semenciers (Figures 3, 5 et 6).

Dans le peuplement *G1*, la structure de *T. scleroxylon* est en forme de cloche (Figure 3). Cette structure présente deux classes modales: celles des diamètres 25-30 cm et 40-45 cm. Les arbres de $dbh \geq 40$ cm peuvent être considérés comme des semenciers. Dans les peuplements *G2* et *G3*, les arbres de petit diamètre sont rares et quelques sujets de diamètre élevé sont présents. La régénération pour cette espèce est quasi-nulle, sauf dans le peuplement *G2* où 100 individus/ha ont été dénombrés (Tableau 2).

Les espèces *P. angolensis* et *E. angolense* présentes uniquement dans le peuplement *G1* sont caractérisées par des sujets de $dbh < 45$ cm. La structure de *P. angolensis* est irrégulière avec seulement trois classes de diamètre: 10-15 cm, 25-30 cm et 40-45 cm.

Quant à *E. angolense*, sa structure est relativement décroissante avec seulement des arbres de diamètre compris entre 10 cm et 35 cm ; les arbres de 15-20 cm sont les plus représentés.

Le potentiel de recrutement de ces deux espèces est relativement élevé, estimé respectivement à 34 tiges/ha et 140 tiges/ha pour *P. angolensis* et *E. angolense* (Tableau 2).

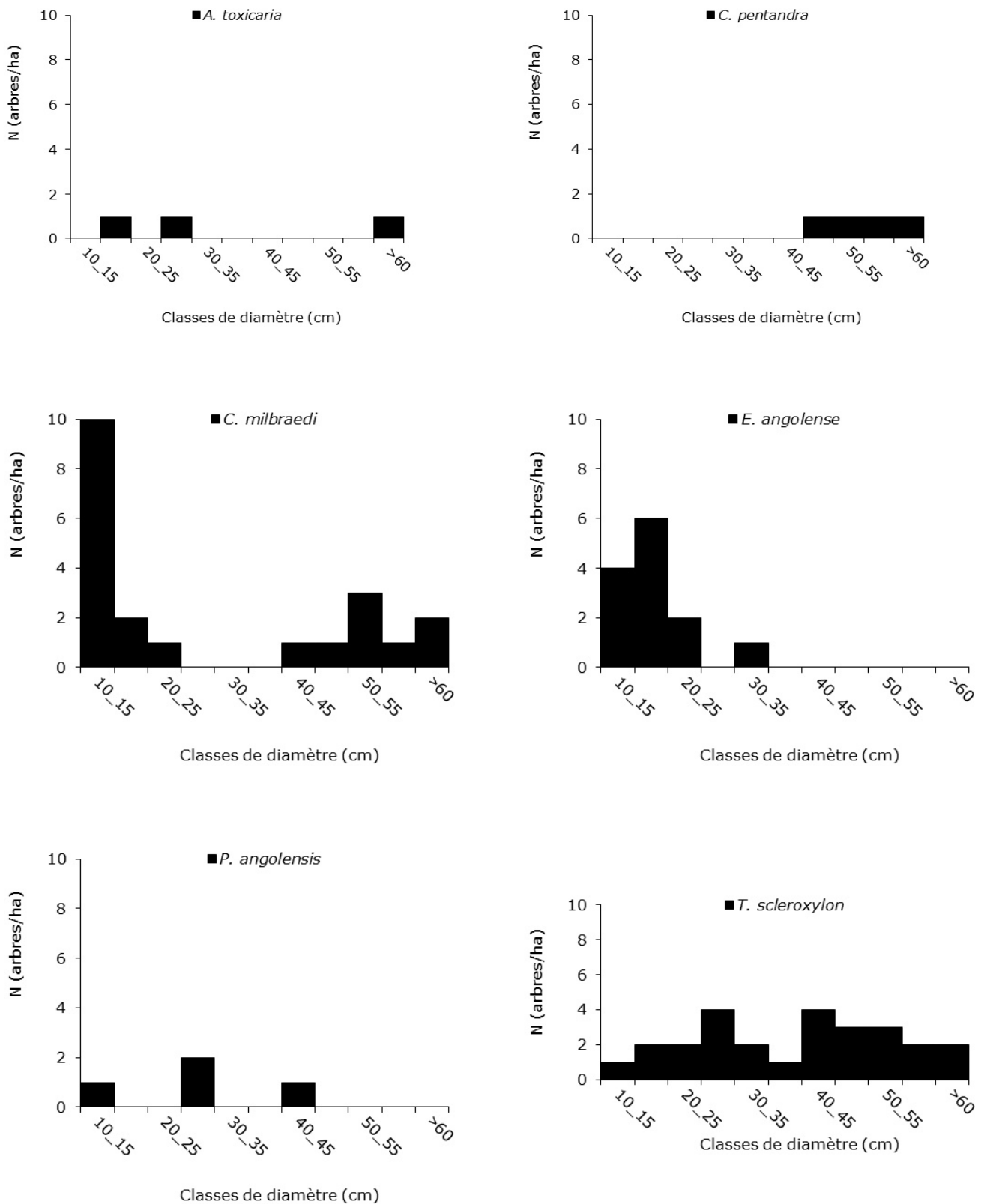


Figure 3: Structures en diamètre des espèces commerciales dans le peuplement G1.

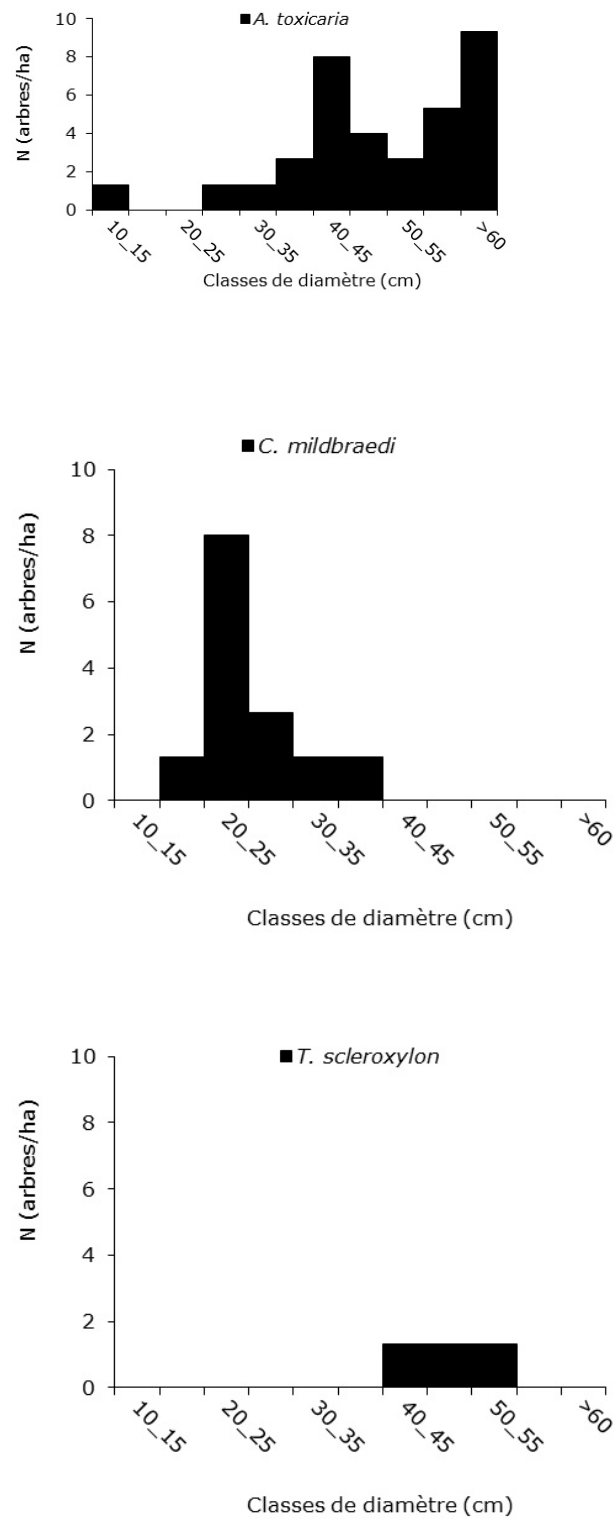


Figure 4: Structures en diamètre des espèces commerciales dans le peuplement G2.

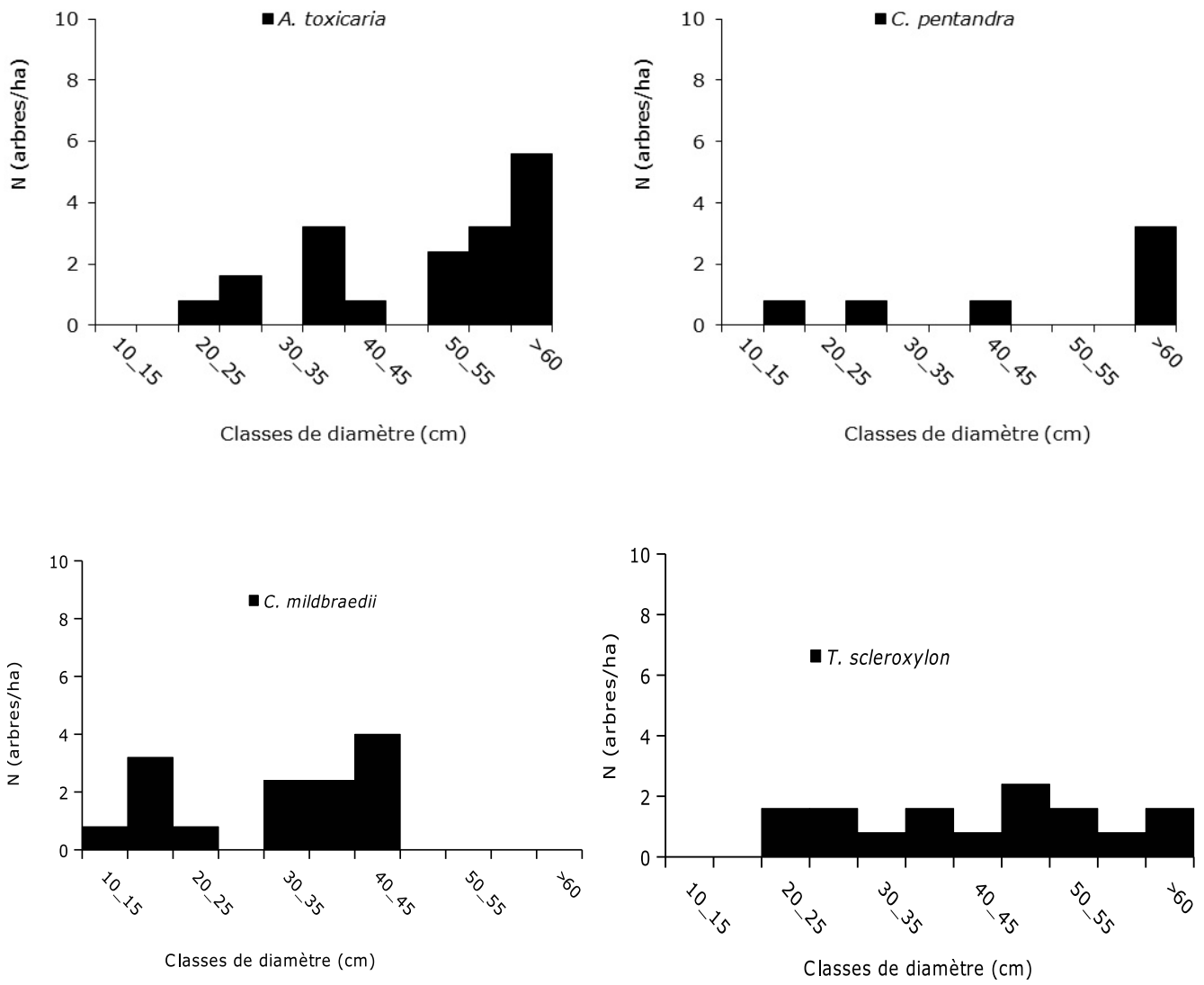


Figure 5: Structures en diamètre des espèces commerciales dans le peuplement G3.

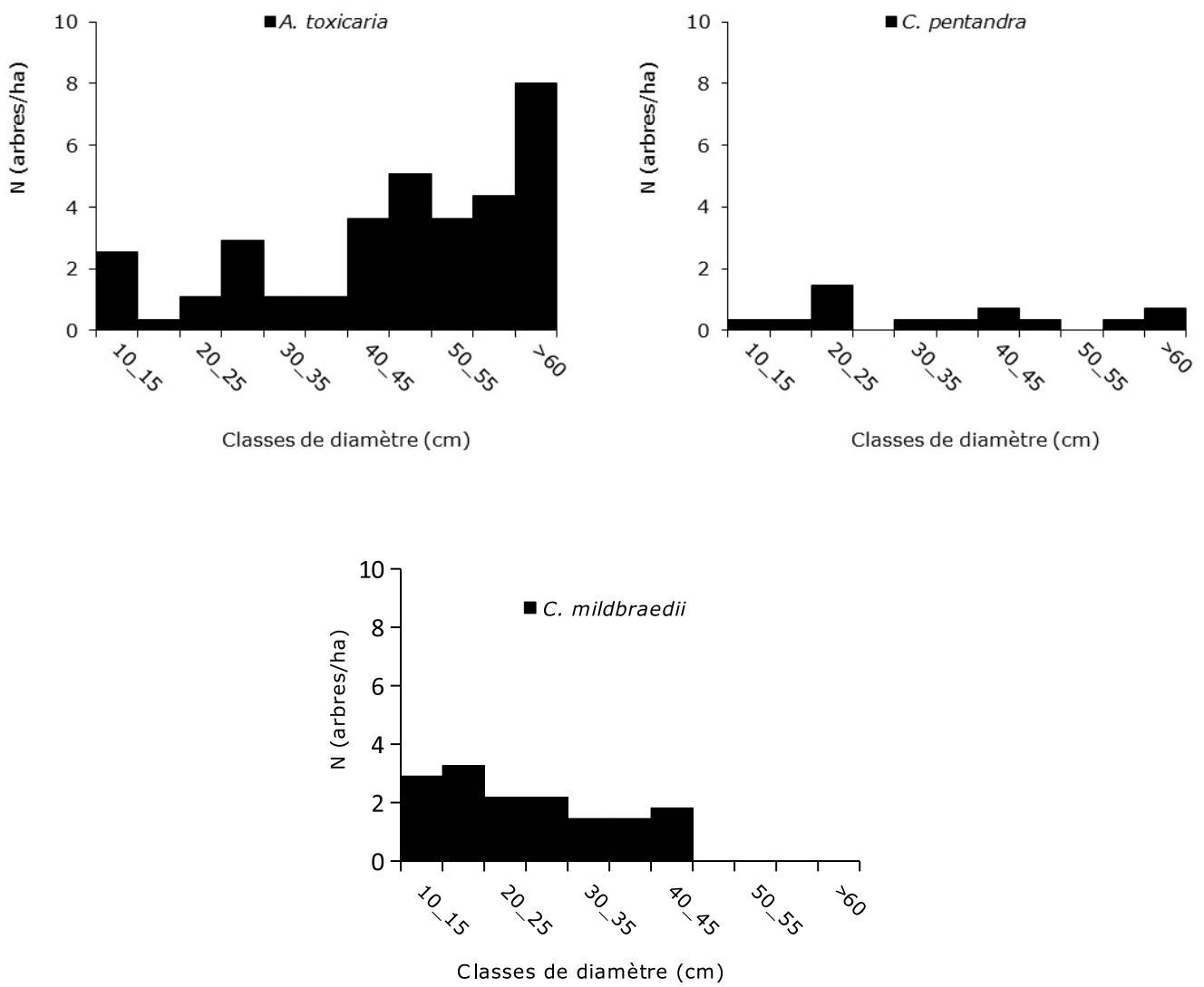


Figure 6: Structures en diamètre des espèces commerciales dans le peuplement G4.

Tableau 2
Densité de régénération (tiges/ha) dans les peuplements.

Peuplement Espèces	G1		G2		G3		G4	
	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 2
<i>A. toxicaria</i>	175	8	56	33	0	40	39	21
<i>C. pentandra</i>	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>C. mildbraedii</i>	33	0	0	100	13	73	12	63
<i>E. angolense</i>	53	140	0	0	0	0	0	0
<i>P. angolensis</i>	0	34	0	0	0	0	0	0
<i>T. scleroxylon</i>	0	0	100	0	0	7	0	0
Total	261	182	156	133	13	120	51	87

Classe 1 ou semis : dbh < 1cm ; Classe 2 ou jeunes arbres : 1 ≤ dbh < 10 cm

En ce qui concerne *C. mildbraedii*, sa structure est relativement décroissante dans la forêt G4, et irrégulière dans les autres peuplements (Figures 3 à 6). Dans les forêts G1 à G3, on observe une absence d'arbres dans certaines classes de diamètre si bien que les arbres de l'espèce se répartissent en deux sous-populations d'allures variables.

Ces résultats suggèrent des déficits périodiques de recrutement d'arbres dans les classes de diamètre, malgré l'abondance de la régénération (33 à 100 tiges/ha) dans les quatre peuplements.

Discussion

Les méthodes d'ordination permettent d'analyser les relations entre différents éléments.

Le positionnement multidimensionnel a été utilisé par Bonou *et al.* (3) pour classer les placeaux en groupes homogènes selon leur composition floristique. Dans la présente étude, les quatre groupes identifiés ont été considérés comme des peuplements, puisqu'ils répondent au critère d'homogénéité (23).

Gradient d'humidité et abondance des espèces

La densité en espèces commerciales varie en fonction des peuplements forestiers (ANOVA, $p < 0,05$); d'où la vérification de la première hypothèse.

La plus forte densité d'espèces commerciales a été observée dans le peuplement G1, alors que le peuplement G4 en présente la plus faible densité (Tableau 1). Ces densités sont inférieures à celles des forêts de Mopri (169 tiges/ha) et d'Irobo (106

tiges/ha) en Côte d'Ivoire (11). Hormis les effets des aménagements passés et de toutes actions anthropiques, cette différence traduit l'influence des conditions agro-écologiques sur la densité d'essences commerciales dans une forêt.

En effet, les forêts étudiées en Côte d'Ivoire sont développées sous un climat plus humide que celui de Niaouli qui est situé dans le couloir sec dahoméen. Ainsi, la richesse élevée en espèces de valeur du peuplement G1 par rapport aux autres peuplements, pourrait être due à ses conditions stationnelles particulières. Ce peuplement est présent dans une zone de dépression traversée par un ruisseau ; d'où un microclimat plus humide, favorable aux espèces guinéennes. Cela explique ainsi l'inféodation à ce peuplement de *E. angolense* et de *P. angolensis*, espèces des régions où la pluviométrie annuelle excède 1600 mm (26, 34). *T. scleroxylon*, espèce des forêts denses semi-décidues caractérisées par une pluviométrie de 1100-1800 mm (4), préfère aussi les conditions écologiques de G1, comme le montrent son abondance et sa structure en diamètre. La présence et la densité de *E. angolense*, *P. angolensis* et *T. scleroxylon* dans le peuplement G1 sont alors liés à un gradient d'humidité.

Les autres espèces, les plus communes au peuplement, sont des espèces à large amplitude écologique allant des zones de forêts humides aux zones de savanes (12, 28, 29).

Néanmoins, *E. angolense* et *P. angolensis* ne se trouvent pas à leur optimum écologique comme en témoignent leurs structures en diamètre. Bien que la faible densité de *P. angolensis* ne favorise pas une bonne analyse de sa structure en diamètre, ces résultats sont différents de ceux de Favrichon (13) qui a rapporté une structure exponentielle décroissante pour *E. angolense* et *P. angolensis*, avec la présence de gros arbres. Dans la présente étude, les jeunes arbres sont insuffisants pour les deux espèces, malgré l'abondance relative des tiges de 1 à 10 cm dans la régénération. Cette situation serait due à une mortalité excessive des sujets de 1 à 10 cm de dbh et des jeunes arbres de ces espèces, compte tenu des conditions du milieu (insuffisance d'eau). L'inexistence des arbres de plus grands diamètre (≥ 40 cm) pourrait être le fruit d'une exploitation forestière frauduleuse passée par des populations.

Régénération et viabilité des populations des espèces

Les structures varient d'une espèce à l'autre et montrent que chaque espèce a ses contraintes particulières.

L'allure en cloche de la structure en diamètre de *T. scleroxylon* dans le peuplement *G1* est caractéristique des espèces de lumière (31). L'inexistence des sujets de $dbh < 10$ cm témoigne d'un couvert fermé dans *G1* et de mauvaises conditions écologiques pour garantir la survie de la régénération dans les autres peuplements. La faible densité de *C. pentandra*, ne permettant pas d'avoir une structure comparable aux structures caractéristiques des espèces héliophiles décrites par Pascal (31), serait aussi due à l'insuffisance de la lumière dans le sous-bois ne permettant pas à l'espèce de se régénérer (12). Ces deux espèces pionnières sont dotées d'une bonne capacité de coloniser les trouées, où la lumière est suffisante, et de maintenir leurs populations. La densité élevée des semenciers favorise l'ensemencement des trouées pour permettre à ces espèces de se maintenir dans les peuplements.

Ainsi, l'abondance de la densité de régénération de *T. scleroxylon* dans le peuplement *G2* pourrait résulter du transport de ses graines par le vent, en provenance du peuplement *G1*.

La discussion ci-dessus suggère que le résultat de l'hypothèse 2 « la régénération n'est pas suffisante pour maintenir leurs populations en équilibre » diffère d'une espèce commerciale à l'autre.

Quant à *A. toxicaria*, espèce post-pionnière de lumière (11), son déclin, dans les peuplements *G2*, *G3* et *G4* témoigne d'une insuffisance de la régénération et d'un déficit de recrutement.

Les populations de *C. mildbraedii* connaissent aussi, de façon périodique, des déficits de recrutement dans les peuplements *G1*, *G2* et *G3*. Dans ces peuplements (milieux fermés), la régénération est sporadique, bien que l'espèce soit post-pionnière et tolère l'ombrage (17). En milieu ouvert (*G4*), la structure décroissante, avec une bonne représentation des jeunes sujets, capables d'assurer la pérennité de l'espèce montre que *C. mildbraedii* a besoin d'un minimum d'éclaircissement pour amorcer son plein développement.

Il faut ouvrir les peuplements comme Geldenhuys (16) l'a recommandé, aux dépens des espèces secondaires, afin de permettre à la lumière d'atteindre le sous-bois, et de favoriser la régénération plus précisément la germination et le développement des semis des espèces commerciales. Aussi, doit-on procéder à un délianage et au dégagement du sous-bois pour permettre aux potentiels séminaux édaphiques de se développer à l'ouverture des peuplements (31). Il serait opportun de procéder à un enrichissement des peuplements en essences commerciales, afin d'augmenter leurs valeurs commerciales.

Répartition spatiale des essences commerciales dans les peuplements

La dissémination des diaspores de *P. angolensis* est assurée par des mammifères capables de parcourir de grandes distances (10). Cette espèce n'est retrouvée que dans le peuplement *G1* où ses individus ont une répartition grégaire. La même répartition a été observée dans ce même peuplement pour *E. angolense* qui est une espèce ptérochore obéissant à l'anémochorie (10).

Le peuplement *G1* auquel ces deux espèces sont inféodées leur offre des conditions écologiques favorables à leurs survie et croissance. C'est ce qui explique leur répartition agrégative dans ce peuplement.

Ces résultats confirment ceux de Pascal (31) qui avait démontré que la répartition spatiale peut traduire les préférences écologiques des espèces, en particulier les préférences édaphiques. De plus, *T. scleroxylon* a une répartition régulière dans le peuplement G2 alors que dans les autres peuplements, il est grégaire. On pourra remarquer la faible densité de *T. scleroxylon* dans ce peuplement (4 pieds/ha) avec des individus de diamètre élevé. Ceci pose surtout le problème de l'influence du nombre d'arbres sur les résultats de l'analyse de la structure spatiale. En effet, lorsque le nombre d'individus est faible, la distribution spatiale obtenue est généralement proche de la distribution aléatoire (24). *A. toxicaria* est une espèce ornithochore et *C. mildbraedii* est une espèce dont la dispersion est assurée par les mammifères (27). Ces deux espèces obéissent alors à la zoochorie, et ont une répartition spatiale agrégative. Ce faible rayon d'action semble suffire au maintien des espèces dans l'environnement, là où les conditions microclimatiques permettent leur établissement (7, 22). Ces résultats sont identiques à ceux obtenus par Yehouenou Tessi (36); Rimek (32); Hounkpèvi et al. (20). Il ressort des analyses ci-dessus que le mode de dispersion, le type de diaspore et les conditions stationnelles influencent la répartition spatiale des essences commerciales dans les peuplements de Niaouli.

Conclusions

L'objectif de la présente étude est d'identifier les besoins en aménagement de la forêt de Niaouli (Sud-Bénin), par l'évaluation des caractéristiques structurales et écologiques des essences commerciales, en fonction des peuplements forestiers. Quatre peuplements forestiers ont été identifiés sur la base de la présence-absence des essences commerciales.

La densité d'espèces commerciales varie d'un peuplement à l'autre; mais, d'une façon générale, les peuplements ont une plus faible densité en essences commerciales. Les structures en diamètre varient d'une espèce à l'autre et traduisent l'existence de contraintes spécifiques par espèce. D'une manière globale, les structures en diamètre et les densités de régénération ont révélé des menaces sur la viabilité de plusieurs espèces commerciales. Les structures spatiales révèlent plusieurs modes de dissémination des diaspores, en fonction des espèces. Le mode de dispersion, le type de diaspore et les conditions stationnelles influencent la répartition spatiale des essences commerciales dans les peuplements de Niaouli. Les interventions sylvicoles identifiées sont: l'enrichissement des peuplements en essences commerciales, afin d'augmenter leurs valeurs commerciales; le délianage et le dégagement du sous-bois pour permettre aux potentiels séminaux édaphiques de se développer à l'ouverture des peuplements; la sécurisation de la forêt pour prévenir des coupes illicites pouvant perturber les populations d'essences commerciales.

Références bibliographiques

1. Álvarez-Buylla E.R., García-Barrios R., Lara-Moreno C. & Martínez-Ramos M., 1996, Demographic and genetic models in conservation biology: applications and perspectives for tropical rain forest species, *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, **27**, 387-421.
2. Awokou K.S., Ganglo C.J., Azontondé H.A., Adjakidjè V. & De Foucault B., 2009, Caractéristiques structurales et écologiques des phytocénoses forestières de la forêt classée d'Itchède (Département du Plateau, Sud-est Bénin), *Sci. Nat.*, **6**, 125-138.
3. Bonou W., Glèlè Kakai R., Assogbadjo A.E., Fonton H.N. & Sinsin B., 2009, Characterisation of *Azelia africana* Sm. habitat in the Lama forest reserve of Benin, *Forest Ecol. Manag.*, **258**, 1084-1092.
4. Bosu P.P. & Krampah E., 2005, *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. Louppe, D. Oteng-Amoako & AA. Brink M. (eds), *Plant Resources of Tropical Africa*. PROTA, Wageningen, Pays Bas.

5. Comita L.S., Aguilar S., Pérez R., Lao S. & Hubbell S.P., 2007, Patterns of woody plant species abundance and diversity in the seedling layer of a tropical forest, *J. Veg. Sci.*, **18**, 163-174.
6. Condit R., Ashton P.S., Baker P., Bunyavejchewin S., Gunatilleke S., Gunatilleke N., Hubbell S. P., Foster R. B., Itoh A., LaFrankie J. V., Lee H. S., Losos E., Manokaran N., Sukumar R. & Yamakura T., 2000, Spatial Patterns in the Distribution of Tropical Tree Species, *Sci.*, **288**, 1414-1417.
7. Connell JH., 1971, *On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees*. In: P.J. den Boer, P.R. Gradwell Eds. Dynamics of populations, Wageningen, PUDOC, 298-312.
8. Dallaire S., 2004, *Bases écologiques pour l'aménagement de l'habitat hivernal du caribou de la Gaspésie : le cas d'une sapinière boréale inéquienne*, Mémoire de maîtrise, 112.
9. Danquah J.A., Appiah M., Damnyag L. & Pappinen A., 2011, Population Structure of African Mahoganies in Four Forest Reserves: Implications for conservation and Management in Ghana, *J. Basic. Appl. Sci. Res.*, **1**, 539-547.
10. Doucet J.L., 2003, *L'alliance délicate de la gestion forestière et de la biodiversité dans les forêts du centre du Gabon*. Thèse de doctorat, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux (Belgique), 323.
11. Dupuy B., 1998, Bases pour une sylviculture en forêt dense tropicale humide, 328.
12. Duvall C.S., 2009, *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. In: Brink M, Achigan-Dako EG (eds). *Plant Resources of Tropical Africa*. PROTA, Wageningen, Pays Bas.
13. Favrichon V., 1991, *Sur quelques relations entre la croissance des arbres et la structure du peuplement en forêt semi-décidue* (République Centrafricaine). D.E.A., Paris VI, France, 40.
14. Ganglo J.C., 2005, Groupements de sous-bois, identification et caractérisation des stations forestières : cas d'un bois au Bénin, *Bois Forêts Trop.*, **285**,35-46.
15. Ganglo J.C. & de Foucault B., 2006, Plant communities, forest site identification and classification in Toffo reserve, South-Benin, *Bois Forêts Trop.*, **288**, 25-38.
16. Geldenhuys C.J., 2010, Managing forest complexity through application of disturbance-recovery knowledge in development of silvicultural systems and ecological rehabilitation in natural forest systems in Africa, *J. For. Res.*, **15**, 3-13.
17. Hawthorne WD., 1993, *Forest regeneration after logging*. England, O.D.A, Forestry Series, 3, 52.
18. Herrero-Jauregui C., Sist P. & Casado MA., 2012, Population structure of two low-density neotropical tree species under different management systems, *Forest Ecol. Manag.*, **280**, 31-39.
19. Hitimana J., Kiyiapa J.L. & Njunge J.T., 2004, Forest structure characteristics in disturbed and undisturbed sites of Mt. Elgon Moist Lower Montane Forest, western Kenya, *Forest Ecol. Manag.*, **194**, 269-291.
20. Hounkpèvi A., Yévidé A.S.I., Ganglo J.C., Devineau J-L., Azontonde A.H., Adjakidje V., Agbossou E.K. & De Foucault B., 2011, Structure et écologie de la forêt à *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A.DC. et à *Dialium guineense* Willd. de la réserve de Massi (La Lama), Bénin, *Bois Forêts Trop.*, **308**, 33-46.
21. Hutchings M.J., 1997, *The structure of plant populations*. In: Crawley, M.J. (Ed.), *Plant Ecology*, Blackwell Science, Oxford, 325-358.
22. Janzen D.J., 1970, Herbivores and the number of tree species in tropical forests, *Am. Nat.*, **104**, 501-528.
23. Jayaraman K., 1999, *Manuel de statistique pour la recherche forestière*. FAO.
24. Linares-Palomino R., 2005, Spatial distribution patterns of trees in a seasonally dry forest in the Cerros de Amotape National Park, northwestern Peru, *Rev. Peru. Biol.*, **12**, 317-326
25. Makana J.R. & Thomas S.C., 2006, Impacts of selective logging and agricultural clearing on forest structure, floristic composition and diversity, and timber tree regeneration in the Ituri Forest, Democratic Republic of Congo, *Biodivers. Conserv.*, **15**, 1375-1397
26. Mapongmetsem P.M., 2007, *Pycnanthus angolensis* (Welw.) Warb. In: van der Vossen, HAM, Mkamilo GS. (eds). *Plant Resources of Tropical Africa*. PROTA, Wageningen, Pays Bas.
27. Martin P.J.A., 2008, *Influence de la fragmentation forestière sur la régénération des espèces arborées dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire*. Thèse de doctorat Univ. Genève, 2008, no. Sc. 3989.

28. Orwa C.A., Mutua A., Kindt R., Jamnadass R., Anthony S., 2009, *Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0* (http://www.worldagroforestry.org/sites/treedbs/tree_databases.asp).
29. Oyen L.P.A., 2012, *Celtis mildbraedii* Engl. [Internet] Fiche de PROTA4U. Lemmens R.H.M.J., Louppe D. & Oteng-Amoako A.A. (Editeurs). *PROTA (Plant Resources of Tropical Africa/Ressources végétales de l'Afrique tropicale)*, Wageningen, Pays Bas. <http://www.prota4u.org/search.asp>.
30. Palm R., 2003, *Notes de statistique et d'informatique : Le Positionnement multidimensionnel: Principes et application*, 33.
31. Pascal J.P., 2003, Notions sur les structures et dynamique des forêts tropicales humides, *Rev. For. Fr. LV.*, 118-130.
32. Rimek F., 1993, *Cartographie des espèces principales dans le périmètre expérimental d'étude de la forêt naturelle en zone de forêt dense humide semi-décidue. Forêt de Mopri. Abidjan, Côte d'Ivoire, C.I.R.A.D./IDFOR*, 66.
33. Ripley B.D., 1977, *Modelling spatial patterns*, Appl. Stat.-J. Roy St B., **39**, 172-212.
34. Tchinda A.T., 2008, *Entandrophragma angolense (Welw.) C.DC.* In: Louppe, D., Oteng-Amoako, A.A. & Brink, M. (Eds). *Plant Resources of Tropical Africa. PROTA*, Wageningen, Pays Bas.
35. White F., 1986, *La végétation de l'Afrique*. Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique. UNESCO /AEFTAT / UNSO-ORSTOM. 384.
36. Yehouenou Tessi R.D., Akouehou S.G. & Ganglo C.J., 2012, Caractéristiques structurales et écologiques des populations de *Antiaris toxicaria* (Pers.) Lesch et de *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn dans les forêts reliques du Sud-Benin, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **6**, 5056-5067.

M.M. Agbangla, Béninois, Doctorant, Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire des Sciences Forestières, Abomey-Calavi, Bénin.

A.K.N. Aoudj, Béninois, Doctorat, Enseignant-chercheur, Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Département d'Economie de Socio-Anthropologie et de Communication pour le développement rural, Laboratoire des Sciences Forestières, Abomey-Calavi, Bénin.

G.S. Akouehou, Béninois, Doctorat, Enseignant-chercheur, Centre d'Etudes, de Recherches et de Formation Forestières, Cotonou, Bénin.

J.A. Gbetoho, Béninois, DEA, Doctorant, Doctorant, Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire des Sciences Forestières, Abomey-Calavi, Bénin.

K. Sanon, Burkinabé, Doctorat, Chercheur, Laboratoire de Microbiologie INERA/DPF, Ouagadougou, Burkina Faso.

O. Ayina, Camerounais, Doctorat, Enseignant-chercheur, Institut Universitaire de Technologie, Douala, Cameroun.

Ch. de Cannière, Belge, Doctorat, Professeur, Université Libre de Bruxelles, Ecole Interfacultaire de Bioingénieurs, Service d'Ecologie du paysage et Systèmes de production végétale, Bruxelles, Belgique.

J.C. Ganglo, Béninois, Doctorat, Enseignant-chercheur, Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire des Sciences Forestières, Abomey-Calavi, Bénin.

Annonces
annoncements
Aankondigingen
Anuncios

Koninklijke Academie
 voor
 Overzeese Wetenschappen



Academie Royale
 des
 Sciences d'Outre-Mer

JAARLIJKSE WEDSTRIJDEN

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

a) Opstellen van de vragen en indiening van de werken

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

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

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

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

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

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

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

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

Art. 7. De voor de wedstrijd ingediende werken moeten in vijf exemplaren op het secretariaat van de Academie toekomen vóór 1 maart van het tweede kalenderjaar dat op de publicatie van de vragen volgt.

b) Beoordeling van de ingediende werken

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

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

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

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

CONCOURS ANNUELS

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

a) Rédaction des questions et introduction des travaux

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

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

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

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

Art. 4. Le travail soumis au concours annuel de l'Académie doit être un manuscrit scientifique, original et récent (max. trois ans): une thèse de doctorat ou un travail de niveau au moins équivalent. Le travail ne peut avoir été publié avant la diffusion de la question. L'introduction d'un travail au concours annuel implique de la part du lauréat potentiel qu'il souscrive aux conditions liées à l'acceptation du prix.

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

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

Art. 7. Les travaux présentés au concours doivent parvenir au secrétariat de l'Académie en cinq exemplaires avant le premier mars de la deuxième année civile qui suit celle de la diffusion des questions.

b) Appréciation des travaux introduits

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

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

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

Art. 4. Après attribution des prix, les travaux restent au secrétariat de l'Académie à la disposition des membres.

Yearly Competitions

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

a) Writing the questions and submitting the works

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

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

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

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

4. The work submitted to the Academy's yearly competition should be an original and recent (max. three years old) scientific manuscript: a PhD thesis or a work of at least the same level. The work may not have been published before the announcement of the question.

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

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

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

7. The works submitted to the competition should reach the Academy's secretariat by 1 March of the year following that of the announcement of questions. Five copies are required.

b) Assessment of the works submitted

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

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

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

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

Concursos anuales

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

a) Formulación de las cuestiones y presentación de las obras

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

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

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

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

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

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

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

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

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

7. Las obras sometidas al concurso deben llegar a la secretaría de la Academia antes del primero de marzo del año siguiente de la difusión de las cuestiones. Se requieren cinco ejemplares.

b) Evaluación de las obras presentadas

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

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

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

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

Koninklijke Academie
voor
Overzeese Wetenschappen



Academie Royale
des
Sciences d'Outre-Mer

Questions du concours 2016

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

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

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

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

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

Tél.- en Belgique 02.538.02.11

Tél.- de l'étranger +32.2.538.02.11

Fax - en Belgique 02.539.23.53

- de l'étranger +32.2.539.23.53

E-mail: kaowarsom@skynet.be

Web: <http://www.kaowarsom.be>

Vragen voor de wedstrijd 2016

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

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

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

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

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

Tel- in België 02.538.02.11

Tel - vanuit het buitenland +32.2.538.02.11

Fax - in België 02.539.23.53

- vanuit het buitenland +32.2.539.23.53

E-mail: kaowarsom@skynet.be

Web: <http://www.kaowarsom.be>



Questions du concours 2017

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

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

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

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

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

Tél.- en Belgique 02.538.02.11

Tél.- de l'étranger +32.2.538.02.11

Fax - en Belgique 02.539.23.53

- de l'étranger +32.2.539.23.53

E-mail: kaowarsom@skynet.be

Web: <http://www.kaowarsom.be>

Vragen voor de wedstrijd 2017

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

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

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

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

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

Tel- in België 02.538.02.11

Tel - vanuit het buitenland +32.2.538.02.11

Fax - in België 02.539.23.53

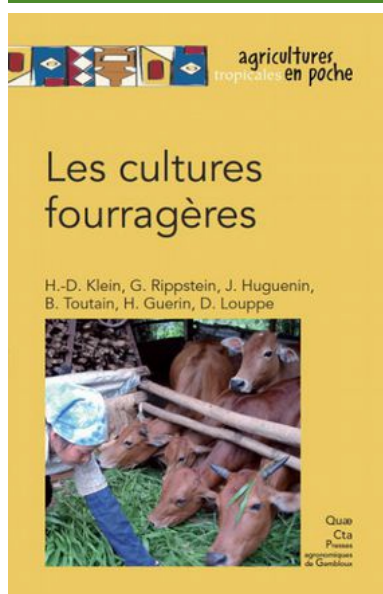
- vanuit het buitenland +32.2.539.23.53

E-mail: kaowarsom@skynet.be

Web: <http://www.kaowarsom.be>

BIBLIOGRAPHIE BIBLIOGRAPHY

BOEKBESPREKING BIBLIOGRAFIA



Auteurs: Klein H.D., Rippstein G., Huguenin J., Toutain B., Guerin H. & Louppe D.

2014, 262 p., 33 fig., 35 photos, 19 tabl. + CD ROM
ISBN 978-2-87016-131-9

BEL: 25 € / ETR: 25 € + frais de port

Presses agronomiques de Gembloux

Passage des Déportés, 2, 5030 Gembloux,
Belgique.

Commandes

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

Résumé

Les terres consacrées à l'élevage couvrent près de 4 millions d'hectares dans le monde, soit 80 % des surfaces agricoles et la demande en produits animaux est en hausse constante, notamment dans les pays tropicaux. D'une importance capitale dans le développement durable des régions chaudes, la production fourragère est le principal levier de la productivité des systèmes d'élevage. Elle joue également un rôle essentiel pour les systèmes qui allient productions végétales et animales et de nombreux systèmes agroécologiques intègrent des plantes fourragères. La première partie de cet ouvrage est destinée à guider le choix de plantes fourragères et de leurs cultures (diversités des plantes, des usages, des milieux et des types d'élevage). La seconde partie est consacrée aux techniques de culture, à la gestion des fourrages, à la valorisation des ligneux, à la production de semences et à l'économie de ces productions.

L'ouvrage est accompagné d'un cédérom qui comprend des études de cas originales, des textes et des photos complémentaires, une bibliographie. Cet ouvrage de synthèse s'adresse aux éleveurs, agronomes, techniciens, professionnels des productions animales et fourragères.

Auteurs

H.-D. Klein, botaniste et agroécologue, est spécialiste des ressources fourragères tropicales. G. Rippstein, agronome et agropastoraliste, a travaillé sur les cultures fourragères en Afrique et en Amérique du Sud.

J. Huguenin, chercheur au CIRAD, est agroécologue des écosystèmes pâturés et zootechnicien des systèmes d'élevages herbivores, tropicaux et méditerranéens.

B. Toutain, agronome spécialisé dans les pâturages et les parcours tropicaux, a forgé son expérience en Afrique et en Nouvelle-Calédonie.

H. Guerin, agronome et zootechnicien, a conduit des recherches sur les systèmes alimentaires du bétail, en particulier en Afrique de l'Ouest.

D. Louppe, ingénieur forestier au CIRAD, s'investit depuis plus de 25 ans en sylviculture et en agroforesterie dans les pays du Sud.



Auteurs: Meunier Quentin, Moubogou Carl, Doucet Jean-Louis
 2015, 340 p., photos couleur
 ISBN 978-2-87016-134-0
 35,00 € + frais de port
 Presses agronomiques de Gembloux
 Passage des Déportés, 2, 5030 Gembloux, Belgique.

Commandes

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

Résumé

La forêt gabonaise comprend plusieurs centaines d'espèces d'arbres. Une poignée est très connue, beaucoup le sont nettement moins, et certaines sont encore anonymes.

Ce guide vous emmène à la découverte de 37 familles botaniques et de 225 espèces, dont plus de 140 sont illustrées. Il vous permet de les identifier et de mieux les connaître à l'aide de schémas simples et de près de 1000 photographies de détails botaniques en couleur.

Pour les plus expérimentés, de nouvelles données concernant l'écologie permettront de consolider leurs connaissances.

L'objectif de cet ouvrage est le partage et la vulgarisation des connaissances, afin que les agents des administrations en charge des forêts, tout comme les exploitants forestiers ou encore les populations locales, puissent mieux comprendre et gérer ces essences utiles. Il pourra aussi se glisser dans la poche des randonneurs et des naturalistes, qui seront en mesure de reconnaître et de nommer plus facilement ces arbres précieux de la forêt gabonaise.

Les auteurs

Meunier Quentin, Nature+. Engagé sur les problématiques de conservation et de gestion des forêts tropicales, il travaille depuis plus de dix ans sur ces thématiques en Afrique de l'Ouest, de l'Est et du Centre. En 2010, il rejoint la Faculté de Gembloux Agro-Bio Tech puis Nature+ pour coordonner le projet DACEFI-2.

Moubogou Carl, WWF-Gabon. Diplômé de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts du Gabon, il travaille depuis cinq ans dans la gestion forestière décentralisée au sein du WWF-Gabon. Il s'est particulièrement investi dans la mise en œuvre du projet DACEFI-2 en tant qu'ingénieur aménagiste.

Doucet Jean-Louis, Gembloux Agro-Bio Tech (ULg). Investi dans l'écologie forestière et la gestion durable des forêts d'Afrique centrale depuis une vingtaine d'années, il est professeur à la Faculté de Gembloux Agro-Bio Tech où il enseigne diverses matières, dont la botanique tropicale appliquée.

ORGANISATIE

Aard van de organisatie verantwoordelijk voor de publicatie en doel van het tijdschrift TROPICULTURA

De v.z.w. Agri-Overseas is een vereniging die gesticht werd met als doel beroepsbanden op te bouwen tussen alle krachten die voor overzeese plattelandsontwikkeling ijveren. Zij publiceert het wetenschappelijke en informatief tijdschrift "TROPICULTURA" dat gewijd is aan de plattelandsontwikkeling in ontwikkelingslanden. Dit tijdschrift wordt driemaandelijks uitgegeven met de financiële steun van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en van de vrijwillige bijdrage van instellingen of leden. Ze geniet van de wetenschappelijke bescherming van de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen (KAOW) en van het "Brussels Hoofdstedelijk Gewest".

De v.z.w. Agri-Overseas is samengesteld uit individuele leden en uit de volgende Belgische instellingen: de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen (KAOW), de vier faculteiten Landbouwwetenschappen (Liège/Gembloux, Gent, Leuven en Louvain-La-Neuve), de twee faculteiten Diergeneeskunde (Gent en Liège), het Departement Biomedische wetenschappen van het Instituut voor Tropische Geneeskunde te Antwerpen, de Interfacultaire Afdeling Landbouw van de Université Libre de Bruxelles, de Facultés Universitaires Notre Dame de la Paix (Namur), het Departement van Wetenschappen en Beheer van het Leefmilieu van de Université de Liège.

Raad van Beheer

De raad van beheer van de vzw Agri-Overseas is samengesteld uit Professor Dr Ir J. Bogaert, Voorzitter; Professor Dr Ir G. Mergeai, Afgevaardigde Beheerder; Dr E. Thys, Secretaris; Professor Dr B. Losson, schatbewaarder; Ere-Professor Dr S. Geerts, vertegenwoordiger van de KAOW, Professor Dr J. Vercruyse, lid en Ere-Professor Dr Ir J. Hardouin, lid.

Wetenschappelijk comité

Voorzitter: Prof. Dr. J. Vercruyse (UGent).

Leden: Prof. Dr. Ir. P. Bertin (UCL), Prof. Dr. Ir. E. Tollens (KULeuven), Prof. Dr. Ir. Ch. De Cannière (ULB), Prof. Dr. B. Losson (ULg), Prof. Dr. Ir. G. Mergeai (GxABT), 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), Dr. S. Geerts (KAOW - ARSOM), Dr. G. Akoda (EISMV), Dr. Ir. A. Dieng (ENSA), Prof. Dr. Ir. P. Mobambo (UNIKIN), Dr. C. Ly (ILRI).

Redactiecomité

Het Redactiecomité van Tropicultura is samengesteld uit Professor Dr Ir G. Mergeai, Hoofdredacteur en Gedelegeerde Redacteurs: Professor Dr Ch. De Cannière, Bosbouw, Ecologie en het landschap, en de systemen van plantaardige productie, Professor Dr J.-P. Dehoux, Dierenproductie en Fauna, Dr De Lame, Sociologie, Ere-Professor Dr Ir F. Malaisse, Bosbouw en Ecologie, Emeritus Professor Dr J.-C. Micha, Visvangst en Visteelt, Emeritus Professor Dr Ir E. Tollens, Landbouweconomie, Professor Dr Ir P. Van Damme, Landbouwkunde, Professor Dr E. Van Ranst, Bodemkunde, Professor Dr P. Dorny, Dierengezondheid, en Ir F. Maes, wetenschappelijke collaborateur. Andere onderwerpen, zoals bv. Economie, Sociologie, ... worden rechtstreeks door het Secretariaat behandeld.

Redactiesecretariaat

Louizalaan 231, B-1050 Brussel – België
Telefoon : +32.(0)2.540 88 60/61
Email: ghare.tropicultura@belgacom.net / clouvet.tropicultura@belgacom.net /
Website: <http://www.tropicultura.org>

RICHTLIJNEN VOOR AUTEURS

Inhoud van het manuscript

De thema's van de artikels die in Tropicultura gepubliceerd worden hebben betrekking tot alle onderwerpen die te maken hebben met plattelandsontwikkeling en duurzaam milieubeheer in de warme streken van de planeet. Voorrang wordt gegeven aan artikels die een origineel onderwerp uitmaken en een zo breed mogelijk reikwijdte hebben, met andere woorden waarvan de inhoud vooral betrekking heeft tot methodologische aspecten die in een zo breed mogelijke waaier milieus of regio's van de wereld over te brengen zijn. Een bijzonder accent wordt eveneens gelegd op de betrouwbaarheid van de gepubliceerde informatie, meer bepaald, wanneer het over experimentele resultaten gaat, op het aantal herhalingen in tijd en ruimte van de proeven die aan de basis liggen van de bekomen gegevens.

De manuscripten moeten origineel zijn en mogen niet gelijktijdig voorgelegd worden voor publicatie. Ze mogen in één van de vier volgende talen geschreven worden: Engels, Spaans, Frans en Nederlands.

Insturen van het manuscript

De manuscripten worden in drie papieren exemplaren naar de hoofdredacteur verzonden of rechtstreeks onder elektronische vorm als attachment naar het e-mail adres van het secretariaat.

In de mate van het mogelijke zal de auteur, na aanvaarding van het artikel, een laatste, herlezen en verbeterde versie insturen in elektronisch formaat. De software Word is aanbevolen maar een ASCII of RTF formaat van het artikel wordt aanvaard.

Style

Slecht een kant van het blad wordt gedrukt met dubbele lijnspace (27 lijnen van 60 tekens per DIN A4 formaat blad) met een marge van minimum 2,5 cm aan elke kant van het blad. Het lettertype is Times New Roman 11 (27 lijnen van 60 karakters per blad). De manuscripten houden maximum 20 tekstbladen in (voorblad niet inbegrepen).

Het voorblad houdt de titel in, de verkorte titel (maximaal 55 drukletters), de complete namen en voornamen van de auteurs, het diploma, de functie, de nationaliteit, het beroepsadres van alle auteurs en desgevallend de dankbetuiging. De naam van de contactauteur zal met een * gemerkt zijn en zijn adres aangevuld met zijn telefoonnummer.

De volgende pagina's houden volgende elementen in:

- (i) de samenvattingen (max. 200 woorden) in de taal van het manuscript en in het Engels, voorafgegaan door de vertaling van de titel en gevolgd door maximum 6 sleutelwoorden in beide talen;
- (ii) de hoofdinhoud van de tekst;
- (iii) de literatuurlijst;
- (iv) de tabellen genummerd met Arabische cijfers;
- (v) de figuren die op de achterzijde ondubbelzinnig genummerd moeten zijn als ze niet elektronisch gestuurd zijn;
- (vi) de legendes van de tabellen en de figuren.

Alle bladzijden van de bijdrage worden doorlopend genummerd.

De tekst wordt ingedeeld in hoofdstukken (in het algemeen: Inleiding, Materiaal en methodes, Resultaten, Discussie, Conclusies). De indeling van de tekst zal niet verder gaan dan twee niveaus (maximum een niveau onder de titels van de hoofdstukken). De titels van hoofdstukken en de ondertitels dienen beknopt te zijn en zullen nooit onderlijnd worden.

De referenties worden in de tekst door nummers tussen haakjes vermeld. In geval van citatie van verschillende referenties zullen de nummers in groeiende volgorde vermeld worden.

De figuren zullen op professionele wijze getekend zijn. Foto's dienen contrastrijk te zijn, niet gemonteerd en op glanzend papier. De foto's in jpg formaat dienen van goede kwaliteit te zijn met een minimum van 300 pixels per inch (dpi).

De Excel bestanden met de gegevens van de tabellen en de figuren moeten ook toegevoegd worden op het moment van indienen van het manuscript.

De literatuurlijst wordt alfabetisch gerangschikt op basis van de namen van de auteurs en chronologisch voor dezelfde auteur. De referenties zullen doorlopend genummerd worden beginnend met het cijfer 1.

Artikels uit tijdschriften worden in de literatuurlijst als volgt gerefereerd: namen van auteur(s) gevolgd door de initialen van de voornamen, het jaar van publicatie, de volledige titel van het artikel in de oorspronkelijke taal, de naam van het tijdschrift, het nummer van het volume (onderlijnd), de nummers van eerste en laatste bladzijde door een streepje verbonden.

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

Bij boeken dienen plaats en naam van uitgever vermeld te worden. Bij referenties naar hoofdstukken in boeken: (in volgorde) de auteurs van het hoofdstuk, jaartal, titel van het hoofdstuk, het woordje 'In:', de editorsnamen gevolgd door '(editors)'. Titel van het boek (cursief), volume of uitgave (indien meerdere), naam en locatie van de uitgeverij, begin- en eindpagina's van het hoofdstuk. Bij boeken zijn volgende elementen van belang: de namen van auteurs gevolgd door de initialen van de voornamen, het jaar van publicatie, de volledige titel van het boek, de naam en locatie van de uitgeverij, begin- en eindpagina's van het geciteerde hoofdstuk, het totaal aantal bladzijden van het boek. Verslagen van conferenties dienen op dezelfde wijze vermeld te worden, mits toevoeging als het mogelijk is van de plaats, de datum de conferentie en de namen van de wetenschappelijke editors.

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

Kopijrecht

Met het oog zich te verzekeren van de originaliteit van het manuscript en van de toelating tot publicatie gegeven door de overheidsinstanties van de auteurs, wordt aan de hoofdauteur gevraagd het attest in te vullen.

Publicatierechten

In geval van aanvaarding zal de redactie van elk van de verschillende auteurs van het artikel de verbintenis vragen hun publicatierecht af te staan aan Tropicultura.

Deelname aan de onkosten van publicatie

De deelname van de auteurs in de publicatie kosten van het artikel bedraagt 200 euro. Voordat het artikel wordt verwerkt, moet de contactauteur het attest ondertekenen en terugsturen.

Internationale referee

Bij het indienen van artikels, moeten de auteurs drie internationaal gerenommeerde referees voorstellen die hun manuscripten kunnen beoordelen.

Redactiecomité

Het redactiecomité behoudt zich het recht artikels, die niet aan de voorafgaande instructies beantwoorden af te wijzen. De artikels zullen aan één of meer door de redactie gekozen referees voorgelegd worden. Deze referees blijven onbekend voor de auteurs.

TROPICULTURA

2015 Vol. 33 N°3

Four issues a year ((July- August- September)

EDITORIAL

Agriculture and Climate Change: Challenges and Solutions (*in English and French*)

G. Mergeai

161

ORIGINAL ARTICLES

Dynamic and Impact of Major Insect Pests on *Jatropha curcas* L. in two Cropping Systems with Contrasting Characteristics in the Province of Kinshasa (DRC) (*in English*)

J.D. Minengu, F. Verheggen & G. Mergeai

163

Effect of Tillage and the Position of Cuttings on Cassava Root and Leaf Yields in the Savanna and Forest Fallow Zones of the Democratic Republic of Congo (*in French*)

N.M. Mahungu, M.A. Ndonda, N.A. Frangoie & M.A. Moango

176

Growth and exploitation parameters of the Sompat grunt *Pomadasys jubelini* (Cuvier, 1830) in Grand-Lahou, Ebrié and Aby lagoons complex (Ivory Coast, West Africa) (*in French*)

M. Bodji Iridjé, J. Konan Kouadio, I. Ouattara Nahoua & C. Atsé Boua

186

Some age and growth aspects of *Engraulis encrasicolus* (Pisces, Engraulidae) along the coast of Ivory Coast (*in French*)

S. Ouattara, Y. Bamba, M. Karamoko & A. Fantodji

199

Impact of deforestation on ecological categories of earthworms in the "Domaine et Réserve de Chasse" of Bombo-Lumene (Kinshasa) (*in French*)

F. Milau Empwal, C. Kachaka Sudi, J. Aloni Komanda, N. Mvumbi Madidila & F. Francis

209

Study of Germination Conditions of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Seeds obtained by Genetic Selection (*in French*)

K.D. Adjata, L. Tchaniley, E. Banla, K.K. Tchansi & Y.M.D. Gumedzoe

218

A Microeconomic Analysis of Household Consumption Expenditure Determinants in Yam-growing Areas of Nigeria and Ghana (*in English*)

D.B. Mignouna, T. Abdoulaye, A. Alene, V.M. Manyong, P.N. Dontsop, J.H. Ainembabazi & R. Asiedu

226

Structural and Ecological Characteristics of Commercial Timber species' population: a Basis for Silviculture in Niaouli Forest Stands (Southern Benin) (*in French*)

M.M. Agbangla, A.K.N. Aoudji, G.S. Akouehou, J.A. Gbetoho, K. Sanon, O. Ayina, Ch. de Cannière & J.C. Ganglo

238

ANNOUCEMENTS

253

BIBLIOGRAPHY

237

