

TROPICULTURA

2015 Vol. 33 N°4

Trimestriel (octobre- novembre- décembre)

Driemaandelijks (oktober- november- december)

Trimestral (octubre- noviembre- diciembre)

Quarterly (October- November- December)



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

Crédit: G. Mergeai

Editeur responsable / Verantwoordelijke uitgever: J. Bogaert
Avenue Louise 231
1050 Bruxelles/Brussel
Belgique/België

Avec le soutien de

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

Met de steun van

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



SOMMAIRE / INHOUD / SUMARIO

EDITORIAL/EDITORIAAL/EDITORIAL

Proficiat Jef

G. Mergeai

259

ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

Jozef Vercruysse's Love for Parasites: a 40 Years Carrier

L'amour de Jozef Vercruysse pour les parasites: une carrière de 40 ans

Liefde van Jozef Vercruysse voor parasieten: een 40-jarige carrière

El amor de Jozef Vercruysse para los parásitos: una carrera de 40 Años

P. Dorny, P. Geldhof & E. Claerebout

261

Diversité et variabilité inter-ethniques dans la consommation de champignons sauvages de la région de N'Dali au Bénin

Diversiteit en interetnische variabiliteit in de consumptie van wilde paddenstoelen uit de regio van N'Dali in Benin

La diversidad y la variabilidad inter-étnica en el consumo de hongos silvestres en la región N'Dali en Benin

S. Boni & N.S. Yorou

266

Effets de *Panicum maximum* Jacq. associé à *Euphorbia heterophylla* (L.) Klotz. & Garcke sur

la productivité des femelles durant le cycle de reproduction chez le cobaye (*Cavia porcellus* L.)

Effect van *Panicum maximum* Jacq. geassocieerd met *Euphorbia heterophylla* (L.) Klotz. & Garcke

op de productiviteit van wijfjes tijdens de voortplantingscyclus van de cavia (*Cavia porcellus* L.)

Efectos de *Panicum maximum* Jacq. asociado con *Euphorbia heterophylla* (L.) Klotz. & Garcke en

la productividad de las hembras durante el ciclo reproductivo de los cobayas (*Cavia porcellus* L.)

N'G. D.V. Kouakou, E. Thys, Y.M. Yapi, E.N. Assidjo, P.-G. Marnet & J.-F. Grongnet

277

The One-humped Camel in the Canary Islands: History and Present Status

Le dromadaire aux Îles Canaries: histoire et statut actuel

De dromedaris op de Canarische Eilanden: geschiedenis en huidige status

El dromedario en Canarias: Historia y Estado Actual

R.T. Wilson & C. Gutierrez

288

La réduction de la croissance végétative à forte densité de semis comme stratégie d'adaptation variétale aux semis tardifs en culture cotonnière pluviale au Bénin

Verminderde vegetatieve groei bij hoge plantdichtheid als variëteitsadaptatiestrategie bij laat zaaien in pluviale katoenteelt in Benin

El crecimiento vegetativo reducido en alta densidad de siembra como estrategia de adaptación varietal a la siembra tardía del algodón de secano en Benin

E. Sekloka, J. Lançon, M. Batamoussi & G. Thomas

299

Etude des possibilités de production de *Jatropha curcas* L. dans un couvert permanent de *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Schwartz en association avec le maïs (*Zea mays* L.) et le soja (*Glycine max* (L.) Merr.) dans les conditions du Plateau des Batéké à Kinshasa
Studie van de productiemogelijkheden van *Jatropha curcas* L. in een permanente beschutting van *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Schwartz geassocieerd met maïs (*Zea mays* L.) en soja (*Glycine max* (L.) Merr.) in de omstandigheden van het Bateke Plateau in Kinshasa
Estudio de las posibilidades de producción de *Jatropha curcas* L. en cubierta permanente de *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Schwartz en asociación con maíz (*Zea mays* L.) y soja (*Glycine max* (L.) Merr.) en las condiciones de la Meseta Batéké en Kinshasa
J.D. Minengu, P. Mobambo & G. Mergeai **309**

Scaling up the Benefits of Smallholder Forestry beyond Timber: Success story of Teak (*Tectona grandis* L.f.) Leaves Marketing in Southern Benin
Accroître les retombées de la foresterie paysanne au-delà du bois: Success story de la commercialisation des feuilles de teck (*Tectona grandis* L.f.) au Sud-Bénin
Verhoging van de voordelen van kleine bosbouw buiten het hout: Success story van de verkoop van teak bladeren (*Tectona grandis* L.f.) in Zuid-Benin
Aumentar el impacto de las fincas forestales más allá de la madera: Caso de éxito de la comercialización de hojas de teca (*Tectona grandis* L.f.) en el sur de Benin
A.K.N. Aoudji, P. Burny, A. Adégbidi, J.C. Ganglo & P. Lebailly **322**

Should *Limnothrissa miodon* be Eaten and *Lamprichthys tanganicanus* Thrown? Proximate Analysis-based Arguments for a Lake Kivu Fish Resource Marketability
Limnothrissa miodon devrait-il être mangé et *Lamprichthys tanganicanus* jeté? Des arguments basés sur l'analyse immédiate pour une commercialisation des ressources halieutiques du Lac Kivu
Moet *Limnothrissa miodon* gegeten en *Lamprichthys tanganicanus* weggegooid worden? Argumenten gebaseerd op de directe analyse voor een verkoopbaarheid van de visbestanden van het Kivu meer
¿Deberia *Limnothrissa miodon* ser comido y *Lamprichthys tanganicanus* arrojado? Los argumentos basados en el análisis inmediato para la comercialización de los recursos pesqueros del lago Kivu
J. Walumona Riziki, F. Amisi Muvundja, P. Mande, M. Isumbisho, M. Kaningini & P.M. Masilya **333**

Connaissance indigène des procédés de production du beurre de *Pentadesma butyracea* Sabine au Bénin
Inheemse kennis van de productiemethodes van boter van *Pentadesma butyracea* Sabine in Benin
Conocimiento indígena en los procesos de producción de mantequilla de *Pentadesma butyracea* Sabine en Benin
M.V. Aïssi, R.A. Sogbégnon, A.K. Natta & M.M. Soumanou **340**

IN MEMORIAM/ IN MEMORIAM / IN MEMORIAMA

Prof Dr. Ir. Jacques Hardouin (27.09.1929 - 18.10.2015)
E. Thys **351**

ANNONCES/ AANKONDIGINGEN/ ANUNCIOS **353**

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

Proficiat Jef

On 2 July 2015, emeritus celebrations were held in honour of Professor Jozef Vercruyssen at the University of Ghent. His special relationship with **Tropicultura**, together with the scope and quality of all that he has accomplished during his professional life in the field of parasitology, which plays a particularly important role in improving living conditions for populations in tropical regions, prompted us to devote an article to his career in this edition. This will enable everyone to appreciate the achievements of this very great scientist and teacher, whose reputation extends far beyond the borders of Belgium.

Jozef Vercruyssen took over from Professor Jozef Mortelmans as president of Agri-Overseas on 28 February 1990. He accepted this responsibility out of love for the tropics and the farmer populations that he worked alongside in a variety of countries. He began his career in Africa, before completing many different research projects in Africa and Asia, by forging links between the laboratory of parasitology at the University of Ghent, which he headed from 1983, and a wide range of research institutions in the southern hemisphere.

He also agreed to become president because he knew that **Tropicultura** was a useful means of sharing research findings, which would have useful outcomes for development, but were sometimes of a very applied nature. This made it difficult to publish them in scientific journals, which were still highly specialised, especially for young researchers in developing countries.

Throughout his long tenure, he allowed us to benefit from his foresight, peerless strategic and management skills, as well as his vast network of contacts in scientific, academic and other important circles, in order to promote our activities. He did this, like everything that he did, with a great deal of humility and generosity.

At this special time in his life, we would like to sincerely thank him for all that he has done. However, this stage in his career does not mark the end of our partnership. We know that we can continue to rely on him for many years to come and that his support will be highly invaluable to us, as we continue our work.

We would therefore like to congratulate him by saying "Proficiat Jef". Long may you continue to delight us with your altruism and friendship.

Guy Mergeai
Editor in Chief

Proficiat Jef

Le 2 juillet 2015 a été organisée à l'université de Gand, la célébration de l'éméritat du professeur Jozef Vercruyse. Les relations particulières qui le lient à **Tropicultura**, ainsi que l'ampleur et la qualité de ce qu'il a accompli au cours sa vie professionnelle dans le domaine de la parasitologie, domaine particulièrement important pour l'amélioration des conditions de vie des populations du Sud, nous ont amenés à consacrer un article de ce numéro à sa carrière afin que tous puissent apprécier les réalisations de ce très grand scientifique et pédagogue dont la renommée dépasse de très loin les frontières de la Belgique.

Jozef Vercruyse a succédé au professeur Jozef Mortelmans en tant que président d'Agri-Overseas le 28 février 1990. Il a accepté cette charge par amour des tropiques et des populations d'éleveurs qu'il avait côtoyées dans de nombreux pays d'outre-mer. Il avait débuté sa carrière en Afrique, puis réalisé de multiples projets de recherche en Afrique et en Asie en associant le laboratoire de parasitologie de l'université de Gand qu'il dirigeait depuis 1983 à un grand nombre d'institutions de recherche du Sud.

Il a également accepté de devenir président parce qu'il était conscient que **Tropicultura** constituait un outil intéressant pour diffuser les résultats de recherches aux retombées utiles pour le développement mais dont le caractère parfois très appliqué rendait la publication difficile dans des revues scientifiques toujours plus spécialisées, surtout pour de jeunes chercheurs des pays en développement.

Pendant sa longue présidence, il nous a fait profiter de sa clairvoyance, de ses aptitudes de stratège et de gestionnaire hors pair, ainsi que de son vaste réseau de relations, tant dans les milieux scientifiques et académiques que dans d'autres instances importantes pour promouvoir nos activités. Il l'a fait, comme tout ce qu'il entreprenait, avec beaucoup d'humilité et de générosité.

Pour tout cela, nous tenions à la remercier de tout cœur en ce moment particulier de sa vie. Cette étape ne marque cependant pas la fin de notre collaboration. Nous savons que nous pourrons encore compter sur lui dans les années qui viennent et que son soutien nous sera très précieux pour continuer notre action.

Nous lui disons donc «Proficiat Jef», puisses-tu continuer à nous gratifier encore très longtemps de ton altruisme et de ta convivialité.

Guy Mergeai
Rédacteur en chef

ARTICLES ORIGINAUX ORIGINAL ARTICLES

OORSPROKELIJKE ARTIKELS ARTICULOS ORIGINALES

Jozef Vercruyse's Love for Parasites: a 40 Years Carrier

P. Dorny^{1,2}, P. Geldhof¹ & E. Claerebout¹

Introduction

"Parasites are beautiful". This has been one of J. Vercruyse's most common expressions throughout his career, and it characterizes his infectious enthusiasm on these pathogens. His love for parasites already existed when he graduated as a veterinarian at Ghent University in 1974. Being the son of a veterinarian who worked in Africa, he was already surrounded by legendary parasitologists like Jos Mortelmans, Denis Thienpont and Oscar Vanparijs in his early career.

His situation was comparable to what happened to Obelix from the Asterix cartoons, whom phenomenal strength resulted from having fallen as a boy into a cauldron containing a magic potion. Living in an environment of parasite lovers had a profound effect on J. Vercruyse's life. In Obelix' case this early age exposure to the magic potion had a serious side effect, an insatiable hunger; did we see any side effect in J. Vercruyse's case?

But what inspired these researchers to become parasitologists? When it comes to disease outbreaks, bacteria and viruses receive all the press. But parasites pose an equally great health threat for humans and animals around the world, although often less visible. Parasites are even more subtle and challenging enemies and they are beautiful when you observe them under a microscope.

The Africa period (1975-83)

After graduation at Ghent University, J. Vercruyse did not waste his time. He followed the diploma course on Tropical Animal Health and Husbandry at the Institute of Tropical Medicine in Antwerp and he was trained in parasitology at Janssen Pharmaceutica.

In 1975 he was appointed as an "Associated Expert" by FAO. After a short training at the FAO headquarters in Rome he started his Africa period. His first destinations were Ghana and Togo. He was part of a team of Australian vets who among many other things taught him how to catch a cow with a lasso! While he learned a lot on Africa, livestock and diseases, he was a bit disappointed by the lack of possibilities for research in the project.

He pulled his courage, booked a ticket to FAO Rome and managed to be transferred to the Central African Empire^a, where from 1976 he had to organize vaccination campaigns for Contagious Bovine *Pleuropneumonia*. Livestock keepers were mainly Fulani^b, a nomadic population, with whom he built an excellent relationship (Photo 1).



Photo 1: Jozef Vercruyse and the Fulani's.

^aNow the Central African Republic.

^b"Peuls" in French.

¹Ghent University, Faculty of Veterinary Medicine, Laboratory of Parasitology, Merelbeke, Belgium.

²Institute of Tropical Medicine, Department of Biomedical Sciences, Antwerp, Belgium.

Living conditions were tough, remote, transport was difficult, mainly by foot, there was no running water and electricity, but J. Vercruyssen enjoyed every single day and soon realized that he was living in a paradise for parasites. He set up a basic parasitology lab and found out that the most interesting place to study parasites in the tropics is actually a slaughterhouse. During his career he has been visiting slaughterhouses in every corner of the planet, and he can write a book with anecdotes on the conditions in these folkloric places.

But he found the parasites he was looking for and soon started to describe and publish his findings. In the Central African Empire, he also met Florence! They married soon and she would follow him to all the exotic places where he worked.

Life in the jungle is fine but not for ever and in 1979 J. Vercruyssen moved to Senegal where he was appointed as the head of the Veterinary Parasitology and Mycology department at the "Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires (EISMV)" in Dakar. This event marked the start of J. Vercruyssen's academic career. Although his job description mainly involved teaching and student coaching, J. Vercruyssen actively invested in parasitology research (often with his own funds!) and engaged in studies on malaria, schistosomes etc.

Working in an international environment created opportunities for collaborations, mainly with French and British research groups. JV started to establish his network. One of his main research findings was the rediscovery of a "forgotten" *Schistosome* species, *Schistosoma curassoni*, a parasite of ruminants in West Africa. During his four years appointment at the EISMV J. Vercruyssen had a great impact on teaching and research at the Veterinary School for West Africa and he trained many young veterinary researchers who nowadays still remember him for his knowledge and enthusiasm. After more than 4 years in Dakar J. Vercruyssen decided to leave beautiful wild Africa and to return to his home country. He was appointed as a professor in Parasitology at the Veterinary Faculty of Ghent University in September 1983.

Casinoplein, Ghent University – The early years (1983-1990)

September 1983: imagine Vercruyssen's first visit to his new workplace: the entrance to the Parasitology department looks like an old messy warehouse, after a turn left, three small overloaded labs and an office, that's all, not to forget some dark old experimental animal facilities behind the lab! Five staff members: two senior researchers, a starting junior researcher, a lab technician/secretary and an animal care taker. Hard to believe that this small old place was the starting point of a very successful period of the parasitology lab in the next 32 years! JV admitted later that he seriously questioned his decision on his new appointment on that first day. Working conditions were indeed worse than in Dakar!

J. Vercruyssen decided to start a new research line, on gastrointestinal nematodes in Belgium. This meant beginning from scratch, but J. Vercruyssen taught his new colleagues to engage in international collaborations and he sent them to laboratories abroad for training.

Soon, the lab was transformed into a bustling place with benches packed with tubes, flasks and funnels. J. Vercruyssen also established contracts with pharmaceutical companies.

In that period a revolution in nematode control was going on with the introduction of prophylactic approaches and the launch of a new drug, ivermectin. The lab set up field trials for testing anthelmintics and parasite control methods. Jozef's private car became the project vehicle. Poor Florence saw her clean Mercedes turned into a smelly farmers' truck.

Gradually, J. Vercruyssen's lab got a good reputation among the students and other departments at the faculty, and a modest place on the parasitology map in Europe was acquired. To further improve the positive atmosphere, a laboratory cat, Sharou was adopted, that greeted the parasitologists in the morning and followed them during their activities, in the lab, in J. Vercruyssen's office and in the stables.

While starting up the Belgian research activities, J. Vercruyse hadn't forgotten his old love, the tropics. He kept his good contacts with his African, British and French colleagues on schistosomes and other parasites. While the tropics had always been far away from the Ghent University veterinary faculty, an opportunity emerged in Sri Lanka. Through the Belgian Cooperation, a project had started at the veterinary school of Peradenya. An ambulatory clinic had been set up, two young Belgian veterinarians had been hired to run the project, and several professors from Ghent University visited the project. Of course J. Vercruyse could not resist, and his first visit to Sri Lanka marked the start of a very intense and productive collaboration with many partners in Africa and Asia. Soon, he took over the coordination of the project. J. Vercruyse was surprised that the Belgian experts only set up and ran the ambulatory clinic but did not do any research, while the parasites were screaming for attention. He discovered the abattoir in Kandy, organised the parasitology lab where he established a snail colony, found beautiful schistosomes in the mesenteric veins and nose of cattle, identified a forgotten nematode in cattle and buffaloes (*Mecistocirrus digitatus*), and described one of the first cases of anthelmintic resistance in goat nematodes in Asia. The tropics moved a bit to Ghent too, a snail colony was established in the department's corridor, and J. Vercruyse himself took care of the delicate feeding and breeding. He dried lettuce in a small oven to feed his babies. In one of the labs he organised his tropical corner, with a locked cabinet from which sometimes a glimpse of the content was seen: pots, scoops, sieves, forceps, ... , that he cautiously prepared for every field trip to the tropics that he was undertaking. The project in Sri Lanka and the possibility to apply for "small" flexible projects in developing countries with the Flemish Interuniversity council (VLIR) inspired JV to start projects in Zambia, the Philippines, Malaysia, and later also in Mali, Senegal, Vietnam, and in many other countries (Photo 2). J. Vercruyse sent junior experts to each of these countries, resulting in a network of staff and activities in tropical parasitology research.



Photo 2: Staff in Vietnam.

J. Vercruyse was also a pioneer of the One Health concept. Long time before this topic became popular he worked on medical and veterinary problems and tried to approach them in a similar way. J. Vercruyse became a world authority, not only in veterinary but also in medical parasitology.

Consolidation of the Parasitology lab at Ghent University (1990 – 2000)

From 1990 onwards the parasitology lab started growing. New staff and PhD students were attracted to assist in the increasing number of field studies. Research on *Ostertagia* and *Cooperia* epidemiology and control was still the core activity but new research lines on immunology and vaccination for these gastrointestinal nematodes were created. Funds continued to come from the pharmaceutical industry, and also competitive research grants were obtained from national and international sponsors. Besides fieldwork, the department had become more experienced in experimental infections.

The laboratory moved to the new campus in Merelbeke. The new space created even more possibilities for research, with more specialised labs for "dirty" and "clean" work, a protein lab, a molecular lab, and besides attracting veterinarians for new positions or for PhD research, also biologists, biochemists and epidemiologists joined the team. An own experimental animal section was created, with donor animals for *Ostertagia* and *Cooperia*, separate labs for faecal cultures, washing of gastrointestinal tracts and perfusion of lungs, ...

J. Vercruysse became a manager, negotiating with companies, writing proposals, although he still loved to work in the lab. The work for the industry generated funds that could be used to further establishing the lab infrastructure, to buy a lab car, but especially to feed the innovative research. The expertise generated by these activities made the lab a strong and productive place and it became a leader in research on gastrointestinal nematodes in ruminants. This resulted in more successes in obtaining competitive grants and PhD scholarships.

The Parasitology lab in the 21st century

J. Vercruysse has always been ambitious, but his dreams came true thanks to hard work, leadership, attracting good collaborators, networking. EU grants were obtained, PARASOL, GLOWORM; Jozef became the president of the World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (WAAVP) and organised the 21st international conference of the WAAVP in Ghent in August 2007, which was a success, not only because of the excellent scientific quality and organisation, but also for the fantastic social programme. He also became the chairman of the department of Virology, Parasitology and Immunology and later also Director of the doctoral School of Life Sciences and Medicine of Ghent University. With more staff in the lab, research activities diverted from GI nematodes of cattle, to *Giardia* and *Cryptosporidium*, *Ascaris*, zoonotic helminths, mange. J. Vercruysse could also use his knowledge of veterinary parasitology in certain fields of medical parasitology, especially with regard to the use and efficacy assessment of anthelmintics. His lab became WHO collaborating centre for the efficacy of anthelmintics and through funding from the Gates foundation, he was able to further expand this research line, and to run multi-centre studies on drug efficacy studies on soil transmitted helminths.

A big concern of Vercruysse has always been to help his collaborators to find good and stable jobs. Pierre Dorny is a professor at the Institute for Tropical Medicine in Antwerp and visiting professor at Ghent University, Edwin Claerebout and Peter Geldhof have now become permanent staff in his department, and Bruno Levecke will probably follow.

They are major assets for the continuity of the research in his lab (Photo 3). He also helped former collaborators with their applications in other universities, institutes and companies. J. Vercruysse has always loved to pass his knowledge and experiences to the young generation. His lectures have always been inspiring and interesting and he very much liked to tell stories on situations that he experienced. Besides teaching parasitology and parasitic diseases at the veterinary faculty of Ghent University, he started with a Parasitology course in the faculty of Pharmaceutical Sciences of the UGent and contributed to parasitology courses at the Institute of Tropical Medicine, Antwerp, Pasteur Institute in Paris, the University of Naples Federico II, ... He has also always been a very much appreciate speaker at veterinarians and farmers association meetings.



Photo 3: Staff of the Laboratory of Parasitology,
Faculty of Veterinary Medicine,
Ghent University (2015).
N= 23(+4)): 4 tenured staff;
3 post-doc; 12 PhD students;
4(+4) administrative & technical staff;
7 nationalities.

Two important events marked 2015, J. Vercruyssen's last year at the faculty of Veterinary Medicine: he became Dr Sc. *honoris causa* at the McGill University, Montreal, Canada (Photo 4), and he was appointed as the President of the Ghent University Global Campus, in Songdo, South Korea. While J. Vercruyssen officially retired as Professor of Veterinary Parasitology at the UGent, he will remain active in this satellite campus of the University, at least for another year.

One of his colleagues at his retirement formulated J. Vercruyssen's merits as follows "With your hard work, combined with lots of fun, warmth and tremendous hospitality, you have shown us the way. Long may it continue!".



Photo 4: 2015, Dr *Honoris Causa* at McGill University, Montreal, Canada.

P. Dorny, Belgian, PhD, Professor, Ghent University, Faculty of Veterinary Medicine, Laboratory of Parasitology, Merelbeke, Belgium. Institute of Tropical Medicine, Department of Biomedical Sciences, Antwerp, Belgium. Scientific committee member of Agri-Overseas.

P. Geldhof, PhD, Professor, Ghent University, Faculty of Veterinary Medicine, Laboratory of Parasitology, Merelbeke, Belgium.

E. Claerebout, PhD, Professor, Ghent University, Faculty of Veterinary Medicine, Laboratory of Parasitology, Merelbeke, Belgium.

Diversité et variabilité inter-ethniques dans la consommation de champignons sauvages de la région de N´Dali au Bénin

S. Boni¹ & N.S. Yorou^{*1}

Keywords: Know-how- Exploitation- Ethnic groups- Wild mushrooms- Benin

Résumé

Les champignons sauvages constituent des ressources alimentaires d'appoint pour les populations locales africaines. Afin de mieux apprécier la variabilité des usages faits des champignons sauvages par les populations locales, un échantillonnage proportionnel à la taille de chacun des trois groupes ethniques majoritaires (Bariba, Gando, Yom) dans les villages d'étude (Commune de N´dali, Bénin) a été appliqué et nous a permis de choisir 96 personnes sur lesquelles les enquêtes ont été menées. La diversité des champignons comestibles a été appréciée en combinant les visites de forêts et les enquêtes. Les indices ethnomycologiques tels que la Valeur d'Usage Totale (VUT), l'indice de Diversité (ID), la Régularité de Pielou (IE) et le test K de Sorensen ont été ensuite calculés pour tester les différences d'usages des champignons. Un total de 38 espèces de champignons dont 35 comestibles et 3 non comestibles a été recensé dans la région d'étude. L'étude a révélé que le savoir-faire mycologique est déteu par une minorité d'enquêtés ($IE < 0,5$) au sein de chaque groupe, une certaine homogénéité du savoir-faire au sein de cette minorité ($ID < ID_{max}/2$), mais une grande variabilité d'usage des champignons entre les groupes ethniques comme l'indiquent le test K de Sorensen ($K < 50\%$ dans tous les cas) et les valeurs de VUT.

Summary

Diversity and Inter-ethnic Variability in Consumption of Wild Fungi from N´Dali Region in Benin

Wild Useful Fungi (WUF) represent important food resources for local people in Africa. To better appreciate the differences in the use of WUF by local inhabitants of Benin, we applied a proportional sampling technique to select a total of 96 respondents distributed among the main ethnic groups (Bariba, Gando, Yom) of target villages in N´Dali region (Benin, West Africa). The diversity of WUF was assessed through forest sampling and ethnomycological surveys. Ethnobotanical indexes such as the Total Use Value of the species (TUV), the Diversity Index (DI), Pielou Evenness (EI) as well as the K Sorensen test were calculated to analyze use differences between the three ethnic groups. A total of 38, composed of 35 edible and 3 non edible species were recorded. The study reveals that mycological know-how is hold by only a minority of respondents ($IE < 0,5$), a consistency of know-how within this minority group ($DI < DI_{max}/2$), but great variability in the use of WUF between ethnic groups as attested by the TUV and K Sorensen test ($K < 50\%$ in all cases).

¹ Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Département d'Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles, Parakou, Bénin.

*Auteur correspondant: Email. n.s.yorou@gmail.com ou n.s.yorou@bio.lmu.de

Introduction

En Afrique de l'Ouest, où l'agriculture itinérante sur brûlis et le braconnage constituent des problèmes inquiétants, la conservation des ressources naturelles se pose avec acuité. Les PFNLs (Produits Forestiers Non Ligneux) jouent un rôle socio-économique très important pour les populations locales. Pour la majorité des personnes qui vivent en milieu rural, la vie serait pratiquement impossible sans la disponibilité des feuilles, fruits, champignons comestibles, plantes médicinales, fibres naturelles, parties d'animaux sauvages, ... qui sont prélevés dans l'environnement (20, 21). Au Bénin, de nombreux travaux ont mis en évidence le rôle économique, culturel et nutritionnel des PFNLs pour les populations locales (12, 22, 24, 25, 28, 29) mais aussi les différences culturelles d'usages entre les différents peuples (1, 2, 18, 26).

Les champignons suscitent beaucoup d'intérêt en raison de leur diversité et de l'usage qui en est fait par les différentes populations africaines (7, 8, 9, 11, 13, 20, 29). Ainsi, on dénombre environ 300 espèces de champignons comestibles en Afrique au Sud du Sahara (23) dont une soixantaine d'espèces mentionnée pour la région Ouest-Africaine (29). Cependant, il a été démontré que la mycophagie varie d'une région à une autre d'un même territoire (17) et cela semble être aussi le cas pour des populations vivant conjointement dans les alentours immédiats d'une même forêt (25, 26, 29). Dans le même ordre d'idée, il a été démontré que le savoir-faire ethno-mycologique, la classification et la nomenclature populaire sont riches d'enseignements et défient parfois les critères taxonomiques modernes (17, 26). La plupart des écosystèmes Ouest-Africains riches en ressources forestières alimentaires sauvages abrite une multitude de groupes socio-linguistiques (21). Puisque ces différents groupes ethniques disposent des mêmes ressources forestières, il est important d'examiner le comportement de chacun afin d'en dégager un compromis en terme de maximisation de l'utilisation de ces ressources. Le présent travail vise une analyse de l'exploitation des champignons par les différents peuples de la région de N'Dali.

Plus précisément, il s'agira de:

- (i) apprécier l'importance alimentaire et socio-économique des champignons sauvages pour les populations locales, et
- (ii) appréhender la variabilité dans l'usage et l'exploitation des ressources fongiques en fonction des différents groupes socio-ethniques.

Matériel et méthodes

Milieu d'étude

L'étude s'est déroulée dans la région de N'Dali et plus précisément au sein de trois villages (Sonnoumon centre, Sonnoumon-Gando et à Tikankparou) localisés autour de la Forêt Classée de l'Ouémé Supérieur. Cette zone est située au Nord du Bénin dans le département du Borgou et est comprise entre 1°58' et 2°28' Est et entre 9°11' et 9°47' Nord (Figure 1).

Données climatiques et de végétation

Le climat de la région d'étude est de type soudanien et se caractérise par l'alternance d'une saison pluvieuse (mai à octobre) et d'une saison sèche (novembre à avril). Les précipitations moyennes annuelles sont d'environ 1.200 mm. La végétation de la forêt classée de l'Ouémé Supérieur est caractéristique de la zone soudanienne (10) avec une mosaïque de formations savaniques (savane arborée, savane boisée et savane arbustive) entrecoupée de formations forestières (forêts claires et galeries forestières) riches en espèces végétales (10). Ces formations (forêts claires et savanes boisées) sont fortement dominées par des essences forestières ectomycorrhizées telles que: *Isoberlinia doka* Craib & Stapf, *Isoberlinia tomentosa* (Harms) Craib & Stapf, *Uapaca togoensis* Paxet et *Burkea africana* Hook.

Populations

La population de la Commune de N'Dali était de 45 334 habitants en 1992. Elle est passée à 67.379 habitants en 2002 soit une densité moyenne de 18 habitants/km². Les projections donnaient un chiffre de 92.497 habitants soit 24 habitants/km² pour 2010. La commune de N'Dali abrite une mosaïque de groupes socioculturels tels que les Bariba (60%), les Fulbés (22,5%), les Otamari (5,6%), les Yom-Lokpa (3,8%) les Yoruba (2,8%), les Dendi (1,9%)

et d'autres ethnies minoritaires (Fon, Adja, Nagots). Ces différents groupes ethniques sont venus des pays voisins, et de ce fait, ne présentent réellement pas d'affiliation linguistique ou culturelle évidentes. Tandis que les Baribas sont originaires du Nigeria, les Dendis seraient venus de l'ex-empire Songhaï du Mali (3). Cependant, ces diverses ethnies vivent en lien très étroit avec le milieu naturel dont elles tirent traditionnellement toutes les ressources nécessaires à leur subsistance.

Sélection des formations végétales et inventaire des champignons

Avec l'aide d'une carte de végétation, les différentes formations végétales dominées par les arbres ectomycorrhizés cités ci-dessus ont été identifiées et sélectionnées. Une étude préliminaire a été faite en juillet 2013 pour confirmer le choix des formations végétales. De cette étude préliminaire, et tenant compte des travaux similaires entrepris dans les forêts classées voisines (9, 27, 28), les forêts claires et savanes boisées dominées par les *Caesalpinioideae* (*Isobertinia* spp. et *Burkea africana*), *Phyllantaceae* (*Uapaca togoensis*) et *Dipterocarpaceae* (*Monotes kerstingii*) ont été sélectionnées afin d'y réaliser un inventaire des champignons exploités par les populations. A l'intérieur de chaque formation (2 forêts claires et 2 savanes boisées à dominance de *Caesalpinioideae*) retenue, 2 à 3 transects ont été exécutés de façon aléatoire, avec l'aide de guides locaux. Tous les sporophores rencontrés pendant l'exécution du transect ont été récoltés (27). L'ensemble des spécimens a été transporté au village le plus proche afin d'y tenir des entretiens de groupe avec les populations. La phase de collecte des données sur le terrain s'est déroulée d'août à mi-octobre 2013.

Echantillonnage des populations interviewées

L'échantillonnage de la population a été fait en deux étapes. Dans un premier temps, un sondage préliminaire a été effectué sur un total de 100 personnes, tenant compte du sexe, de l'ethnie, de l'âge et de la disponibilité de l'enquêté. A chacune des personnes sélectionnées, la question suivante a été posée: «connaissez-vous et utilisez-vous les

champignons sauvages ?». Les résultats de cette enquête préliminaire sont consignés dans le tableau 1.

Dans une seconde phase, et en tenant compte de la proportion des gens ayant répondu par l'affirmative à cette question, un échantillonnage raisonné a été appliqué grâce à l'approximation normale de la loi binomiale (6) pour définir la taille de la population à considérer par groupe ethnique (formule I).

$$N = \frac{U^2_{(1-a/2)} \times P \times (1-P)}{d^2} \quad I$$

N = taille de l'échantillon; P : proportion de personnes qui connaissent et utilisent les champignons (d'après l'enquête préliminaire) soit $P = 0,93$ ou $1-P = 0,07$; $U^2_{1-a/2}$ est la valeur de la variable aléatoire de la probabilité normale à valeur de $1-a/2$ pour une valeur de probabilité de 0,975 (ou $a = 0,05$), $U_{1-a/2} \approx 1,96$; $d(1-a/2)$ est la marge d'erreur de l'estimation fixée au seuil de 5% soit $N = (1,96)^2 \times 0,93 \times 0,07 / (0,05)^2 = 100,035264 \approx 100$. La taille de notre échantillon devrait comprendre 100 personnes normalement. Toutefois, les groupes ethniques majoritaires (10) dans les trois villages de notre étude sont constitués de Bariba (63,28%), Gando (24,63%) et les Yom (8,11%). Seuls ces trois groupes majoritaires ont été considérés. La répartition proportionnelle des 100 personnes a permis de retenir un total de 96 personnes pour la réalisation des enquêtes (Tableau 2).

Evaluation des connaissances endogènes

Des entretiens semi-structurés, basés sur des guides d'entretien comportant les principaux thèmes à aborder avec l'enquêté ou le groupe enquêté, ont été réalisés afin de recenser les espèces utiles et leurs usages. Pour ce faire, les entretiens ont été réalisés par observation des spécimens frais de sporophores récoltés lors des visites en forêt mais aussi en se servant de guides d'identification (9, 13). Pour chacune des espèces énumérées par la population, un système d'appréciation de la fréquence d'exploitation suivant les catégories d'usage (alimentaire, médicinal, commercial) a été adopté.

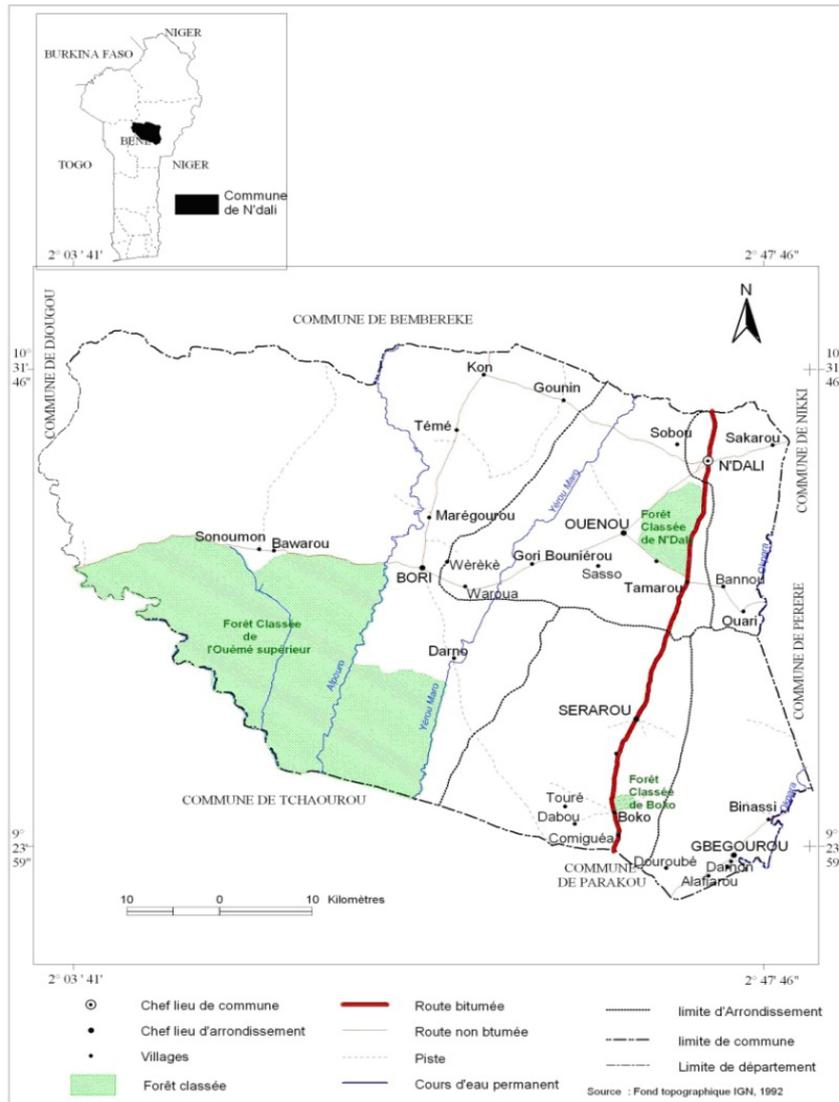


Figure 1: Carte de localisation de la région d'étude montrant les 3 villages échantonnés.

Tableau 1

Sondage préliminaire au sein de la population locale (en réponse à la question « connaissez-vous et utilisez-vous les champignons sauvages ? »).

	Masculin			Féminin		
	0 à 18 ans	18 à 35 ans	35 et plus	0 à 18 ans	18 à 35 ans	35 et plus
Oui	11	20	11	8	25	18
Non	4	2	-	1	-	-
Total	15	22	11	9	25	18

Tableau 2

Population échantonnée et répartition au sein des différents groupes ethniques.

Ethnies	Pourcentages (%)	Nombres d'enquêtés par ethnies	Nombres d'hommes	Nombres de femmes
Bariba	63,28	63	30	33
Gando	24,63	25	12	13
Yom	8,11	8	4	4
Autres ethnies	3,96	4	2	2
Total retenu pour les enquêtes		96	46	50

Les scores sont alors attribués suivant une échelle de 0 à 1,5 de la manière suivante:

- L'espèce n'est pas du tout utilisée par l'enquêté: 0
- L'espèce est rarement utilisée par l'enquêté: 0,5
- L'espèce est fréquemment utilisée par l'enquêté: 1,0
- L'espèce est très fréquemment utilisée par l'enquêté: 1,5

Afin d'évaluer les niveaux de connaissance et les fréquences d'usage des champignons par les populations, les scores d'appréciations ci-dessus ont permis le calcul de quelques indices ethnomycologiques à savoir:

- VUR*: Valeur d'Usage Rapportée (15) (formule II):

$$VUR_i = \sum_i^n Espèce_i \quad \text{II}$$

VUR désigne le nombre total d'usages rapportés pour une espèce par groupe sociolinguistique enquêté *i*.

- VUE_k*: Valeur d'Usage Ethnomycologique d'une espèce (*e*) pour une catégorie d'usage (*k*) (14) (formule III):

$$VUE_k = \frac{\sum_e VUE_{ek}}{N} \quad \text{III}$$

N est le nombre d'enquêtés.

- VUE_T*: Valeur d'Usage Ethnomycologique totale d'une espèce (*e*) (14): (formule IV).

$$VUE_T = \sum_k VUE_k \quad \text{IV}$$

- ID*: Valeur de diversité spécifique de l'enquêté (ID) (4): (formule V).

$$ID = \frac{1}{\sum P_i} \quad \text{V}$$

P_i est le nombre d'usages cités par l'enquêté '*E*' pour une espèce donnée divisé par le nombre total d'usages cités pour l'espèce (considérant tous les enquêtés). L'*ID* mesure combien d'enquêtés utilisent une espèce donnée. Sa valeur varie entre 0 et le nombre d'enquêtés utilisant l'espèce (*ID*max).

Dans la pratique, cette valeur traduit le niveau de connaissance et d'exploitation de la ressource par les enquêtés, et permet de faire une comparaison du niveau de connaissance et de savoir entre les groupes socio-ethniques.

- L'Indice d'Équitabilité de l'enquêté (IE) (4) (formule VI):

$$IE = ID / ID_{\max} \quad \text{VI}$$

C'est la valeur de l'indice de diversité (*ID*) divisée par la valeur maximale de l'indice de diversité (*ID*max). Il mesure le degré d'homogénéité des connaissances des enquêtés. Il est compris entre 0 et 1.

- Le test de similarité de Sorensen (formule VII):

$$K = 100 \times 2a / (2a + b + c) \quad \text{VII}$$

a a été utilisé pour tester si les groupes ethniques pris deux à deux exploitent les ressources fongiques de la même manière ou pas. Le nombre *a* est correspond aux espèces utilisées par les 2 groupes, *c* celui utilisé par le groupe 1 et *b* celui utilisé par le groupe 2.

Si *K* > 50%, les deux groupes exploitent les mêmes ressources fongiques.

Résultats

Diversité et exploitation des champignons sauvages

Le tableau 3 présente la liste complète des espèces énumérées par les enquêtés appartenant aux différentes populations de même que leur appartenance à différents groupes écologiques. La région de N'Dali abrite une grande diversité de champignons sauvages utiles: au total, 35 espèces de champignons comestibles ont été signalées par les populations (tous groupes confondus) sur un ensemble de 38 *taxa* recensés. Cependant, le nombre d'espèces reconnues comme comestibles varie beaucoup d'un groupe ethnique à un autre: les Gando citent 24 espèces comestibles, contre 21 pour les Bariba et 18 pour les Yom. Les espèces sont différemment appréciées par les populations.

Tableau 3

Liste des espèces consommées par les groupes ethniques.

N°	Espèces de champignons			Groupes biologiques	
	Noms scientifiques	Comestibilité selon l'éthnie			
		Bariba	Gando		Yom
1	<i>Agaricus volvatulus</i> Heinem. & Goos.-Font.	+	+	-	Saprotrophe-humo-terricole
2	<i>Amanita</i> aff. <i>craseoderma</i> Bas	-	-	+	Ectomycorrhizien
3	<i>Amanita masasiensis</i> Härk. & Saarim.	+	+	+	Ectomycorrhizien
4	<i>Amanita</i> cf. <i>rubescens</i> Pers.	+	+	-	Ectomycorrhizien
5	<i>Amanita strobilaceovolvata</i> Beeli	-	+	+	Ectomycorrhizien
6	<i>Amanita subviscosa</i> Beeli	-	+	-	Ectomycorrhizien
7	<i>Amanita</i> cf. <i>xanthogala</i> Bas	-	-	-	Ectomycorrhizien
8	<i>Auricularia cornea</i> Ehrenb.	+	-	-	Saprotrophe lignicole
9	<i>Cantharellus addaiensis</i> Henn.	-	-	+	Ectomycorrhizien
10	<i>Cantharellus congolensis</i> Beeli	+	-	+	Ectomycorrhizien
11	<i>Cantharellus platyphyllus</i> Heinem.	+	-	+	Ectomycorrhizien
12	<i>Chlorophyllum</i> aff. <i>molybdites</i> (G.-Mey.) Masee	+	+	+	Saprotrophe humo-terricole
13	<i>Lactarius baliophaeus</i> Pegler	-	+	-	Ectomycorrhizien
14	<i>Lactarius denigricans</i> Verbeken & Karhula	+	+	-	Ectomycorrhizien
15	<i>Lactarius densifolius</i> Verbeken & Karhula	-	+	-	Ectomycorrhizien
16	<i>Lactarius saponaceus</i> Verbeken	-	+	-	Ectomycorrhizien
17	<i>Lactarius tenellus</i> Verbeken & Wallen	+	+	+	Ectomycorrhizien
18	<i>Lactifluus edulis</i> (Verbeken & Buyck) Buyck	+	+	+	Ectomycorrhizien
19	<i>Lactifluus flammans</i> (Verbeken) Verbeken	+	+	+	Ectomycorrhizien
20	<i>Lactifluus gymnocarpoides</i> (Verbeken) Verbeken	+	+	-	Ectomycorrhizien
21	<i>Lactifluus luteopus</i> (Verbeken) Verbeken	-	+	-	Ectomycorrhizien
22	<i>Lentinus squarrosulus</i> Mont.	+	+	+	Saprotrophe-lignicole
23	<i>Lentinus tuber-regium</i> (Fr.) Fr.	-	+	-	Saprotrophe-humo-terricole
24	<i>Macrocybe lobayensis</i> (R.Heim) Pegler & Lodge	+	-	-	Saprotrophe-humo-terricole
25		-	-	+	Ectomycorrhizien
26	<i>Phlebopus sudanicus</i> (Har. & Pat.) Heinem.	-	+	+	Ectomycorrhizien
27	<i>Pleurotus abalones</i> Y.Han, K.M. Chen & S.Cheng	+	+	+	Saprotrophe- lignicole
28	<i>Psathyrella tuberculata</i> (Pat.) A.H. Sm.	+	+	+	Saprotrophe-lignicole
29	<i>Russula congoana</i> Pat.	+	-	+	Ectomycorrhizien
30	<i>Russula oleifera</i> Buyck	-	-	+	Ectomycorrhizien
31	<i>Termitomyces clypeatus</i> R.Heim	+	+	-	Symbiote-termites
32	<i>Termitomyces letestui</i> (Pat.) R. Heim	+	+	-	Symbiote-termites
33	<i>Termitomyces medius</i> R. Heim & Grassé	-	-	+	Symbiote- termites
34	<i>Termitomyces schimperi</i> (Pat.) R. Heim	+	+	-	Symbiote- termites
35	<i>Volvariella earlei</i> (Murril) Shaffer	+	+	-	Saprotrophe-humo-terricole
Total		21	24	18	

Légende: espèce consommée (+), espèce non consommée(-)

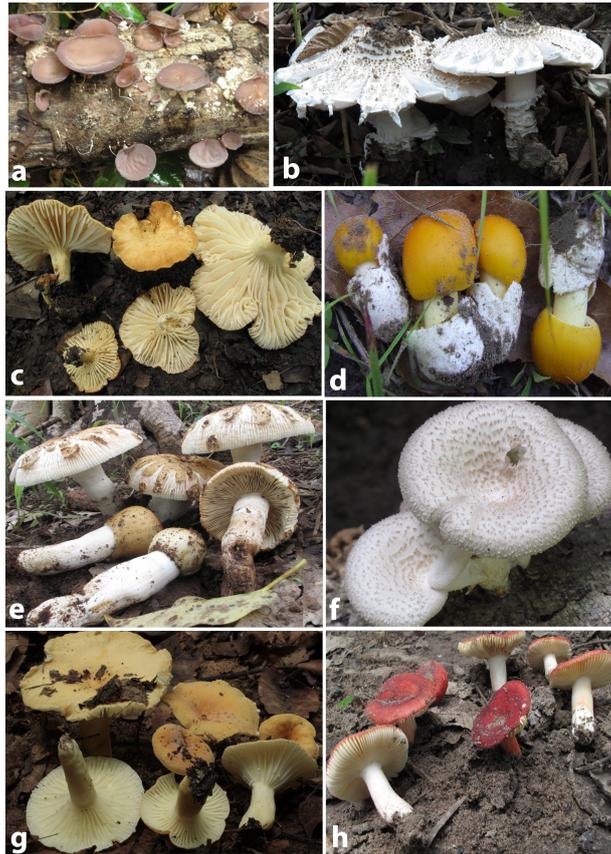


Photo 1: Quelques espèces de champignons comestibles dans le milieu d'étude.

a. *Auricularia cornea*, b. *Termitomyces schimperi*, c. *Lactifluus gymnocarpoides*,
d. *Amanita masasiensis*, e. *Russula oleifera*,
f. *Lentinus squarrosulus*, g. *Lactifluus flammans*, h. *Russula congoana*.

Les plus fortement appréciées par l'ensemble des ethnies sont *Lactifluus flammans*, *Pleurotus abalonus*, *Lentinus squarrosulus* et *Psathyrella tuberculata*. La photo 1 présente quelques espèces comestibles recensées dans le milieu d'étude.

Habitat et écologie des champignons comestibles de la région de N'Dali

Les champignons recensés sont symbiotiques (ectomycorrhiziens ou associés des termites) ou saprotrophes. Certaines espèces (*Cantharellus addaiensis*, *Boletus* cf. *loosii*, *Russula congoana* et *Lactifluus flammans*) sont récoltées au sol. D'autres, comme *Pleurotus abalonus* et *Lentinus squarrosulus*, poussent sur les troncs d'arbres ou sur du bois mort. Enfin, certaines espèces poussent sur des termitières (*Termitomyces schimperi* et *Termitomyces medius* par exemple).

La mycoflore comestible de la région d'étude est dominée à 61% d'ectomycorrhiziens, contre 24% de saprotrophes et 15% de *Termitomyces* vivant en symbiose avec des termites.

Variabilité inter-ethnique dans la reconnaissance et appréciation des champignons sauvages

Les résultats obtenus pour les différentes valeurs d'usage des espèces sont consignées en annexe 1. Trois catégories d'usage ont été mentionnées (alimentaire, médicinal et commercial).

Les champignons sauvages sont exploités majoritairement pour l'alimentation et le présent travail se focalise sur cet usage. Sur les 38 espèces utiles recensées, 22 espèces ont été citées par au moins deux des trois groupes ethniques.

Tableau 4

Test de similarité de Sorensen entre les différents groupes sociolinguistiques pris deux à deux.

	Bariba et Gando	Bariba et Yom	Gando et Yom
K(%)	41,55	36,06	32,25
Nombres d'espèces citées pas ethnie	a= 16, b= 21 (Bariba), c= 24 (Gando)	a= 11, b= 21 (Bariba), c= 18 (Yom)	a= 10, b= 24 (Gando), b= 18 (Yom)

Les trois espèces consommées les plus citées sont *Lactifluus flammans*, *Pleurotus abalonus* et *Lentinus squarrosulus* (*VUT* supérieur à 1 pour tous les groupes ethniques) avec, cependant, une appréciation plus grande chez les Bariba que chez les deux autres groupes.

Un total de 12 espèces, majoritairement des genres *Lactarius* et *Amanita*, sont moins appréciées comme l'atteste leur faible valeur d'usages totaux (*VUT*= 0 au niveau de deux groupes ethniques). Toutefois, de grandes variabilités existent en ce qui concerne l'exploitation et l'appréciation faites des champignons. *Auricularia cornea* et *Macrocybe lobayensis* sont exploités par les Bariba et sont utilisées dans l'alimentation, alors que ces espèces sont très peu citées par les autres ethnies. De la même manière, *Termitomyces robustus*, *Amanita subviscosa*, *Lactarius baliophaeus*, *Lactarius saponaceus*, *Lactifluus luteopus* et *Lactarius densifolius* sont citées dans l'alimentation des Gando, mais pas par les autres groupes.

Variabilité des connaissances ethnomycologiques

Les différentes valeurs calculées pour apprécier la variabilité du savoir endogène et le niveau d'exploitation au sein et entre les différents groupes sont consignées en annexe 2. En considérant les trois groupes ethniques (Bariba, Gando et Yom), l'*ID* calculé est toujours inférieur à la moitié de *ID* max ($ID < ID \text{ max}/2$) quelle que soit l'espèce considérée. On peut en déduire qu'il y a une homogénéité des connaissances mycologiques au sein des enquêtés de ces groupes sociolinguistiques. En d'autres termes, l'usage alimentaire pour une espèce quelconque varie très peu d'un enquêté à un autre au sein d'un même groupe sociolinguistique.

Cependant, cette homogénéité est plus marquée chez les Bariba que chez les autres groupes sociolinguistiques (*ID*=0,01 chez les Bariba contre 0,04 chez les Gando et 0,12 chez les Yom). Par ailleurs, les valeurs de *IE* sont toutes inférieures à 0,5; suggérant que les connaissances, bien que homogènes, sont détenues par un petit groupe d'enquêtés au sein de chaque groupe ethnique.

Différence inter-ethnique dans l'exploitation des ressources fongiques

Les résultats du test de similarité de Sorensen sont consignés dans le tableau 4.

On remarque que les différentes valeurs de *K* sont toutes inférieures à 50%, ce qui témoigne de l'usage différentiel des ressources fongiques entre les groupes ethniques.

Discussion

Diversité des champignons sauvages utiles et variabilité des savoir-faire locaux

L'étude rapporte un total de 38 espèces utiles dont 35 comestibles. Les champignons cités sont dominés par les espèces ectomycorrhiziennes. Cette diversité des champignons comestibles est en accord avec celle rapportée dans des régions similaires dominées par les écosystèmes riches en espèces d'arbres susceptibles d'être ectomycorrhizées. Un total de 33 espèces comestibles a été rapporté de la forêt classée de Wari-Marô (27, 28) tandis que le Bénin compte environ une cinquantaine d'espèces comestibles (9) dont 70% sont ectomycorrhiziennes. Pour toute la région Ouest-Africaine, il est fait mention de 70 espèces comestibles dominées majoritairement par les ectomycorrhiziens (29). Toutefois, la diversité des champignons comestibles connaît une assez

grande variabilité d'une région à une autre en fonction des écosystèmes dominants (29). Au Bénin, la diversité des champignons comestibles paraît plus faible dans le sud du pays où elle est dominée par des espèces saprotrophes.

Dans la région de Pobè, dominée par des forêts denses pauvres en arbres ectomycorrhiziens, seulement 12 espèces comestibles ont été recensées (5). À l'inverse, les écosystèmes soudanais riches en essences forestières ectomycorrhiziées sont beaucoup plus riches en espèces comestibles.

Par ailleurs, la présente étude a démontré de grandes différences dans la reconnaissance et l'exploitation des champignons sauvages par les différents groupes ethniques vivant près de la même forêt. Cette variabilité peut s'expliquer par la spécialisation des groupes ethniques dans certaines activités. Dans le milieu d'étude, les Gando sont de grands cultivateurs (10). Ils sont en contact permanent avec la forêt lors de leurs activités agricoles (culture itinérante sur brûlis). De ce fait, ils disposent d'une connaissance plus élevée sur la diversité des champignons sauvages et usages alimentaires que les Bariba et les Yom. D'autre part, les différences liées à l'histoire d'installation des différents peuples dans le milieu peuvent aussi expliquer la variabilité d'usage. Les peuples autochtones, qui ont connu une installation plus ancienne, maîtrisent mieux la forêt et ses ressources que les peuples installés récemment. La région de N'Dali, du fait de la disponibilité en terres cultivables (10), est une région d'accueil qui a vu s'installer plusieurs peuples. Dans ce contexte caractérisé par une multitude de groupes ethniques à histoire d'installation différente, il est fort probable qu'un comportement différentiel en rapport avec la connaissance et l'exploitation des ressources forestières se soit développé. Pour ce qui concerne les champignons, le savoir-faire des peuples africains remonte à des temps immémoriaux et est transmis d'une génération à une autre par voie orale principalement (8, 9, 13, 26). Des situations similaires liées à l'usage différentiel des champignons ont été rapportées d'autres régions béninoises (26).

Les Nagots (chefs de terre dans le milieu d'étude) connaissent mieux les champignons que leurs peuples frères Lokpa (qui se sont installés récemment) vivant pourtant dans les mêmes villages forestiers (26). Les mêmes tendances sont connues dans le sud du Bénin où les Hollis, Fon et Nagots exploitent différemment les ressources fongiques du milieu (5). L'alimentation étant avant tout une question culturelle, il est évident que les savoirs accumulés au cours du temps par un peuple seront transmis à la descendance au sein du même peuple, même s'ils s'érodent au fil du temps (17). Ceci justifie l'homogénéité des savoirs endogènes au sein d'un même groupe socio-linguistique et la variabilité inter-ethnique, telle que mise en évidence par notre étude.

Mode de préparation et de conservation des champignons

De notre étude, il ressort que les populations locales détiennent des techniques locales de transformation des champignons. Avant cuisson, certaines espèces, telles que *Lactifluus gymnocarpoides* sont lavées avec une solution potassique appelée "guème" chez les Bariba et "kaata" chez les Gando. En effet, *Lactifluus gymnocarpoides* est une espèce amère qui doit être nécessairement blanchie dans de l'eau potassée ou cendrée avant d'être consommée (9, 26). Certaines espèces sont séchées au soleil afin d'être conservées pour des utilisations ultérieures. De nombreux travaux entrepris ailleurs en Afrique tropicale ont démontré que la méthode de conservation la plus facile est le séchage au soleil (5, 13, 16). Cependant, la technique du séchage ou du fumage au feu a également été rapportée de certaines régions d'Afrique tropicale (13, 29).

Importance alimentaire et appréciation culinaire

Pour les peuples Bariba, Gando et Yom, les espèces comme *Lactifluus flammans*, *Pleurotus abalonus* et *Lentinus squarrosulus* sont les plus appréciées et constituent des aliments semblables à la viande, la volaille ou le poisson.

Par contre, et comme ailleurs en Afrique tropicale, les populations locales préfèrent les espèces du genre *Termitomyces* (9, 13, 19, 28, 29) et, dans une moindre mesure, les petites espèces comme *Psathyrella tuberculata* (25, 26). Au sud-Est du Bénin, les espèces les plus appréciées appartiennent aux genres *Volvariella*, notamment *V. volvacea* et *Collybia* (5).

Remerciements

Nous remercions tout particulièrement A. Bio (du village Sonnoumon-Centre) et I. Aouna (village Sonnoumon-Gando), nos guides de terrain pour leurs soutiens durant la collecte des données et les efforts de traduction lors des entretiens avec les populations locales. Toutes les informations contenues dans le présent article sont fournies par les populations locales Bariba, Gando et Yom, à qui nous adressons notre profonde gratitude.

Références bibliographique

1. Achigan-Dako E.G., N´Danikou S., Assogba-Komlan F., Ambrose-Oji B., Ahanchede A. & Pasquini M.W., 2011, Diversity, Geographical, and Consumption Patterns of Traditional Vegetables in Sociolinguistic Communities in Benin: Implications for Domestication and Utilization, *Econ. Bot.*, **65**, 129-145.
2. Assogbadjo A.E., Glèlè Kakaï R., Adjallala F.H., Akomian F.A. Azihou F., Vodouhê G.F., Kyndt T. & Codjia J.T.C., 2010, Ethnic differences in use value and use patterns of the threatened multipurpose scrambling shrub (*Caesalpinia bonduc* L.) in Bénin. *J. Med. Plants Res.*, **5**, 1549-1557.
3. Baco-Arifari N., 1989. *La question du peuplement Dendi en République Populaire du Bénin: Cas du Borgou*, UNB/Abomey-Calavi, 462.
4. Byg A. & Baslev H., 2001, Diversity and use of palms in Zahamena, eastern Madagascar, *Biodivers. Conserv.*, **10**, 951-970.
5. Codjia J.E.I., Yorou N.S. & Assogbadjo A.E., 2014, Ethnicity variability in the diversity, recognition and exploitation of Wild Useful Fungi in Pobè region (Benin, West Africa), *J. Appl. Biosci.* (review pending).
6. Dagnelie P., 1998, *Statistiques théoriques et appliquées*. Brussels: De Boeck et Larcier. 736.
7. Degreef J., Malaisse F., Rammeloo J. & Baudart E., 1997, Edible mushrooms of Zambezi woodland area: A nutritional and ecological approach, *Biotechnol. Agron. Soci. Environ.*, **1**, 221-231.
8. De Kesel A. & Malaisse F., 2010, *Edible wild food: Fungi*. In: F. Malaisse (ed.). *How to Live and Survive in Zambesian Open Forest (Miombo Ecoregion)*. Gembloux, Presses agronomiques: 422 + CD rom, 41-56.
9. De Kesel A., Codjia J.T.C. & Yorou S.N., 2002, *Guide des champignons comestibles du Bénin*. Jardin Botanique National de Belgique et CECODI. Cocomultimedia, Cotonou, 275.
10. Dossou-Koi B., 2012, *Pressions anthropiques et dynamique de la forêt classée de N'Dali*. Mémoire de Maitrise FLASH, UAC 92.
11. Ducouso M., Bâ A.M. & Thoen D., 2002, Les champignons ectomycorrhiziens des forêts naturelles et des plantations d'Afrique de l'Ouest: une source de champignons comestibles. *Bois For. Trop.*, **275**, 14.
12. Ekué M., Sinsin B., Eyog-Matig O. & Finkeldey R., 2010, Uses, traditional management, perception of variation and preferences in ackee (*Blighia sapida* K.D.Koenig) fruit traits in Benin: implications for domestication and conservation, *J. Ethnobiol. Ethnomed.*, **6**, 12.
13. Eyi-Ndong H., Degreef J. & De Kesel A., 2011, *Champignons comestibles des forêts denses d'Afrique centrale*, Taxonomie et identification, ABC Taxa, **10**. 262.
14. Fandohan B., Assogbadjo A.E., Glèlè Kakaï R., Kyndt T., De Caluwé E., Codjia J.T.C. & Sinsin B., 2010, Women's traditional Knowledge, use value, and the contribution of tamarind (*Tamarindus indica* L.) to rural households' cash income in Bénin, *Econ. Botany*, **64**, 248-259.

15. Gómez-Beloz A., Rucinski J.C., Balick M.J. & Tipton C., 2003, Double incision wound healing bioassay using *Hamelia patens* from El Salvador, *J. Ethnopharmacol.*, **88**, 169 – 173
16. Guissou K.M.L., Sankara P. & Guinko S., 2005, *Phlebopus sudanicus* ou la viande des Bobos, un champignon comestible dans le Département de Satiri au Burkina Faso, *Crypto. Mycol.*, **3**, 195–204.
17. Guissou K.M.L., Lykke A.M., Sankara P. & Guinko S., 2008. Declining wild mushrooms recognition and usage in Burkina Faso, *Econ. Bot.*, **62**, 530–539.
18. Houessou L.G., Lougbegnon T.O., Gbesso G.H.F., Anagonou L.E.S. & Sinsin B., 2012, Ethno-botanical study of the African star apple (*Chrysophyllum albidum* G. Don) in the Southern Benin (West Africa). *J. Ethnobiol. Ethnomed.*, 8-40
19. Koné A.N., Yeo K., Konaté S. & Linsenmaier K.E., 2013. Socio-economical aspects of the exploitation of *Termitomyces* fruit bodies in central and southern Côte d'Ivoire: Raising awareness for their sustainable use, *J. Appl. Biosci.*, **70**, 5580– 5590.
20. Malaisse F., 2004, Ressources alimentaires non conventionnelles, *Tropicultura*, SPE, 30-36
21. Malaisse F., 2010, *How to live and survive in Zambebian open Forest (Miombo Ecoregion)*. Gembloux, Presses agronomiques, 422.
22. N´Danikou S., Achigan-Dako E.G. & Wong L.G.J., 2011, Eliciting Local Values of Wild Edible Plants in Southern Bénin to Identify Priority Species for conservation, *Econ. Bota.*, **65**, 381-395.
23. Rammeloo J. & Walley R., 1993, The edible fungi of Africa south of the Sahara: a literature survey, *Scripta Bot. Belg.*, **5**, 1-62.
24. Vodouhè F.G., Coulibaly O., Greene C., Sinsin B., 2009, Estimating the Local Value of Non Timber Forest Products to Pendjari Biosphere Reserve Dwellers in Benin, *Econ. Bot.*, **63**, 397-412.
25. Yorou N.S., 2000, *Biodiversité, Écologie et Productivité des champignons sauvages dans diverses phytocénoses de la forêt classée de Wari-Marou au Bénin*. Mémoire d'Ingénieur Agronome, FSA/UNB, 125.
26. Yorou S.N. & De Kesel A., 2002, *Connaissances ethnomycologiques des peuples Nagot du centre du Bénin (Afrique de l'Ouest)*. Proceedings of XVI the AETFAT congress, Brussels 2000, Systematic and Geographic of Plants, **71**, 627-637.
27. Yorou S.N., De Kesel A., Sinsin B. & Codjia J.T.C., 2002, *Diversité et productivité des champignons comestibles de la forêt classée de Wari-Marou (Bénin, Afrique de l'Ouest)*. Proceedings of XVIth AETFAT Congress, Brussels 2000, Systematic Geographic Plants, **71**, 613-625.
28. Yorou S.N., De Kesel A., Codjia J.T.C. & Sinsin B., 2002, *Biodiversité des champignons comestibles du Bénin*. Proceedings of the Symposium-Workshop on Biodiversity in Benin. Abomey-Calavi (Benin) October 30th to November 18th 2002, 231-240.
29. Yorou S.N., Koné A.N., De Kesel A., Guissou M.L., Guelly A.K., Dao L.M., Ekue M.R. & De Kesel A., 2014, *Biodiversity and sustainable use of Wild Edible Fungi in the Sudanian Centre of Endemism: A plea for their valorisation*. In: Bâ AM, McGuire & Diédhiou AG (eds). *Ectomycorrhizal symbiosis in tropical and Neotropical Forests*, CRP Press, London, 241-269.

S. Boni, Béninois, Étudiant en Maîtrise, Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Département d'Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles, Parakou, Bénin.

N.S. Yorou, PhD, Béninois, Enseignant-Chercheur, Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Département d'Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles, Parakou, Bénin.

Effets de *Panicum maximum* Jacq. associé à *Euphorbia heterophylla* (L.) Klotz. & Garckesur la productivité des femelles durant le cycle de reproduction chez le cobaye (*Cavia porcellus* L.)

N'G. D.V. Kouakou^{1*}, E. Thys², Y.M. Yapi¹, E.N. Assidjo³, P.-G. Marnet⁴ & J.-F. Grongnet⁴

Keywords: Digestibility- *Panicum maximum*- *Euphorbia heterophylla*- Reproduction- Fecundity- Lactation- Guinea pig- Ivory Coast

Résumé

En Côte d'Ivoire, les cobayes (*Cavia porcellus* L.) sont alimentés principalement avec *Panicum maximum*. Son association avec *Euphorbia heterophylla* (L.) Klotz. & Garcke améliore la digestibilité du régime mixte en comparaison au *P. maximum* distribué seul chez le cobaye mâle en croissance. Dans le but de tester ce régime mixte durant la gestation et l'allaitement chez le cobaye femelle, trois régimes: *P. maximum* seul (PAN), *P. maximum* associé à *E. heterophylla* (PANEUPH) et *P. maximum* associé au granulé pour lapin (PANGRAN) ont été distribués ad libitum à des cobayes multipares (604,9±40,8 g). Les valeurs moyennes d'ingestion durant la gestation et l'allaitement ont été 59,8±11,2 et 53,2±8,5; 61,5±5,2 et 72,9±16,4; 83,1±12,9 et 111,3±13,9 g MS.j⁻¹ respectivement pour PAN, PANEUPH et PANGRAN. De même, les taux de fécondité ont été 111,1±0,9; 188,9±0,6; et 244,4±0,5%. Les poids à la naissance et les croissances journalières des jeunes cobayes au sevrage ont été 58,7±12,4; 75,6±16,2 et 102,5±12g et 2,4±0,6; 4,1±0,9 et 6,5±1,2 g.j⁻¹ respectivement pour PAN, PANEUPH et PANGRAN. En conclusion, *P. maximum* associé à *E. heterophylla* induit des performances significativement supérieures à *P. maximum* seul pour l'ingestion, la digestibilité, la fécondité, le poids de jeunes à la naissance et au sevrage chez le cobaye.

Summary

Effect of *Panicum maximum* Jacq. Associated with *Euphorbia heterophylla* (L.) Klotz. & Garcke on Productivity of Females (*Cavia porcellus* L.) During the Reproductive Cycle

In Ivory Coast, Guinea pigs reared for meat (*Cavia porcellus* L.) are mainly fed with *Panicum maximum*. The association of this forage with *Euphorbia heterophylla* (L.) Klotz. & Garcke improves the organic matter digestibility of the mixed diet compared to *P. maximum* distributed alone in growing male guinea pigs. In order to determine the effect of this diet during gestation and lactation in female guinea pigs, three diets: *P. maximum* (PAN) basic diet; *P. maximum* associated to *E. heterophylla* (PANEUPH) and *P. maximum* associated to pellets for rabbit (PANGRAN), were distributed ad libitum to multiparous guinea pigs (604.9 ± 40.8 g). The daily ingestion during gestation and lactation were 59.8±11.2 and 53.2±8.5; 61.5±5.2 and 72.9±16.4; 83.1±12.9 and 111.3±13.9 g DM.d⁻¹ respectively for PAN, PANEUPH and PANGRAN. Similarly, the rates of fecundity were 111.1±0.9; 188.9±0.6 and 244.4±0.5% respectively for PAN, PANEUPH and PANGRAN. The individual birth weight and weight gain during lactation of the piglets were 58.7±12.4, 75.6±16.2 and 102.5±12 g and 2.4±0.6; 4.1±0.9 and 6.5±1.2 g.d⁻¹ respectively for PAN, PANEUPH and PANGRAN. In conclusion, the association of *P. maximum* and *E. heterophylla* significantly improves ingestion, digestibility, fecundity, birth weight and weaning weight in guinea pigs in comparison to *Panicum maximum* used as a sole diet.

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

²Institut de Médecine Tropicale, Département des Sciences Biomédicales, Antwerpen, Belgique.

³Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, Département de Formation et de Recherche Génie Chimique Agro-Alimentaire, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire.

⁴AGROCAMPUS OUEST, UMR1348 PEGASE, Rennes, France.

*Auteur correspondant: E. Mail: kwayki@yahoo.fr

Introduction

En Côte d'Ivoire, la caviaculture est pratiquée à 78% par les populations jeunes de moins de 18 ans sans grande connaissance du régime alimentaire et des besoins nutritionnels des animaux (27). Aussi, l'alimentation des cobayes (*Cavia porcellus* L.), une des contraintes majeures pour le développement de cet élevage en Afrique subsaharienne, souffre-t-elle d'un déficit en matières azotées totales et est essentiellement constituée de fourrages telles que l'herbe de Guinée (*Panicum maximum*) et l'herbe à éléphant (*Pennisetum purpureum*) (24).

Parmi les régimes alimentaires recommandés aux éleveurs par Bindelle et al. (6) et par Kouakou et al. (27), figurent l'association de *P. maximum* et d'*Euphorbia heterophylla*. Si *P. maximum* permet à l'animal de satisfaire ses besoins en cellulose et en NDF, *E. heterophylla* est une plante adventice plutôt bien pourvue en protéines brutes (plus de 16%), et très appréciée par le cobaye, chez qui, la digestibilité de la matière organique est supérieure à 80% (6). Par ailleurs, la propriété fermentescible d'*E. heterophylla* chez le cobaye contribue significativement à la production d'énergie supplémentaire via la production d'acides gras volatils (7, 32). Ce faisant, son association avec *P. maximum* fournira à l'animal un aliment d'une bonne teneur en cellulose et en NDF, d'une bonne appétence (7) et d'une meilleure digestibilité de la matière organique (29).

Toutefois, la bonne digestibilité d'un régime alimentaire ne garantit pas sa capacité à satisfaire les besoins spécifiques des animaux, notamment durant la gestation et la lactation, périodes charnières de l'élevage des cobayes.

Afin de déterminer quels sont les effets de l'association d'*E. heterophylla* complément vert, à *P. maximum* durant la gestation et la lactation chez le cobaye (*C. porcellus* L.), une étude comparative a été entreprise. A cet effet, des femelles cobayes multipares ont été nourries *ad libitum* avec ce régime ou avec *P. maximum* associé ou non à du granulé pour lapin commercialisé en Côte d'Ivoire (SIPRA-IVOGRAIN), un complément énergétique et protéique de référence sur le marché ivoirien pour ce type de rongeur.

Matériel et méthodes

Situation du site expérimental

L'étude a été conduite d'avril à juillet 2010, à la ferme expérimentale de l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB) de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) (6,5°N.; 5,2°O.). Durant l'essai, la température moyenne et l'humidité relative de la région ont été respectivement de 27±1°C et de 79±1%. La pluviométrie moyenne mensuelle était de 1100 mm.

Dispositif expérimental et conduite de l'essai

Trente six cobayes nés à la ferme, dont 27 femelles multipares non gravides âgées de huit mois et d'un poids moyen de 604,9±40,8 g, ont été réparties aléatoirement par groupe de trois dans des loges grillagées de 15 dm². Neuf mâles âgés de 15 à 20 mois, ayant un poids moyen de 800±17,6 g et dont la fertilité avait été vérifiée antérieurement avec d'autres femelles, ont été installés en loge individuelle. Tous les animaux en bon état sanitaire, étaient du type «à poils ras & dessin», possédant une variété de robes dominées par trois couleurs (marron, blanc et noir). Les aliments expérimentaux étaient d'une part, (i) *P. maximum* au stade épiaison (PAN), (ii) *E. heterophylla* (EUPH) au stade floraison, tous deux récoltés dans le périmètre de l'INP-HB et distribués aux animaux quotidiennement sous forme de feuilles et de tiges fraîches et d'autre part, (iii) du granulé commercial pour lapin de 3 mm de diamètre, à base de graines et sous-produits de céréales, de produits et sous-produits de graines oléagineuses, de poissons, de minéraux, d'huile, de lysine et de méthionine (SIPRA-IVOGRAIN, Abidjan, Côte d'Ivoire). Trois régimes expérimentaux ont été constitués et distribués *ad libitum* chacun à trois groupes de trois femelles. C'étaient (i) *P. maximum* seul (PAN), (ii) *P. maximum* associé à *E. heterophylla* (PANEUPH) et (iii) *P. maximum* associé au granulé pour lapin (PANGRAIN). Les quantités d'*E. heterophylla* et de *P. maximum* distribuées étaient respectivement de 250 g et de 500 g de matières fraîches par animal. Quant au granulé pour lapin, les quantités distribuées étaient de 40 g de produit brut par animal. L'essai a duré 122 jours reparti en trois périodes.

Il a débuté par une période d'adaptation aux régimes expérimentaux de 14 jours, avant la mise au mâle.

La période d'accouplement et de gestation de 70 à 87 jours a débuté par l'introduction d'un mâle au sein de chaque groupe de femelles, durant 17 jours correspondant à un cycle œstral. A l'approche des mises bas, toutes les femelles ont été placées en cage individuelle de maternité de 40 dm³, jusqu'à la fin de la période de lactation de 21 jours. Au cours de la lactation, les femelles et leurs portées ont été alimentées ensemble. Les aliments et l'eau de boisson ont été distribués deux fois par jour. Les aliments distribués et les refus d'aliments ont été pesés régulièrement avant chaque nouvelle distribution. Les animaux ont reçu chaque semaine une orange récoltée dans le périmètre de l'INP-HB comme apport en vitamine C. Durant l'essai, les femelles à jeun, étaient pesées chaque semaine. Le nettoyage des cages et du bâtiment d'élevage a été quotidien. Durant la seconde moitié de la gestation, les fèces ont été prélevés pour la comparaison de la digestibilité des traitements sur une période de dix jours. Au cours de l'essai, des échantillons des trois aliments ont été prélevés pour déterminer leurs compositions chimiques (matière sèche, matière organique, matière azotée totale et fibre brute) telle que recommandé par l'A.O.A.C. (Tableau 1). Après les mises bas, les valeurs moyennes de l'ingestion volontaire journalière de la matière sèche (g) des aliments et régimes expérimentaux chez les femelles au cours de la gestation, les coefficients d'utilisation digestive apparente des nutriments, les poids vifs (g), les gains moyens quotidiens (g.j⁻¹) et les tailles de portée, les taux de fécondité et les poids moyens à la naissance (g) obtenus par traitement, ont été soumises à l'analyse de variance à un facteur en considérant la taille de la portée comme covariable. De même à la fin de l'essai, les valeurs moyennes de l'ingestion volontaire journalière de la matière sèche des aliments et régimes expérimentaux chez les femelles suivies au cours de l'allaitement, les poids vifs au sevrage (g), les gains moyens quotidiens (g.j⁻¹) des cobayes et de leurs mères de fécondité et poids moyen à la naissance (g) obtenus par traitement, ont été soumises à l'analyse de variance à un facteur en

considérant la taille de la portée comme covariable. Le taux de substitution ou la quantité de matière sèche de *Panicum maximum* ingérée volontairement en moins rapportée à la quantité de matière sèche du concentré (*E. heterophylla* et granulé pour lapin) ingérée en plus (18) a été déterminé par semaine durant la gestation et la lactation. Le coefficient d'utilisation digestive apparente de la matière sèche a été déterminé à partir de la formule I:

$$CUDa (MS) = ((MSI-MSF)/MSI) \times 100 \quad I$$

Avec:

MSI (matière sèche ingéré), MSF (matière sèche fécale)

La comparaison multiple des moyennes a été effectuée grâce au test de Student-Neumann-Keuls au seuil de signification de 5% à l'aide du logiciel STATISTICA 7.1.

Résultats

Période de gestation

L'analyse des valeurs moyennes de l'Ingestion Volontaire Journalière de la Matière Sèche des femelles (IVJMS) montre deux périodes distinctes. La première couvrait les cinq premières semaines de gestation avec un niveau d'ingestion moyen de 41,1±1,9 g MS.j⁻¹. Durant la seconde période, le niveau d'ingestion moyen a été de 55,3±2,9 g MS.j⁻¹. Les valeurs moyennes de l'ingestion journalière de la matière sèche des femelles soumises aux régimes PAN et PANGRAN ne différaient pas significativement durant la gestation. Celles des femelles soumises au traitement PANEUPH, ont été significativement inférieures à celles des deux autres régimes (Figure 1). L'analyse des niveaux d'ingestion des compléments alimentaires (*E. heterophylla* et granulés pour lapin) a relevé d'une part, qu'à partir de la deuxième semaine de la gestation jusqu'à la mise bas, aucune différence significative entre ces derniers n'a été constatée et d'autre part, que le niveau d'ingestion de chacun de ces compléments alimentaires n'a pas significativement différencié (Figure 1).

Tableau 1

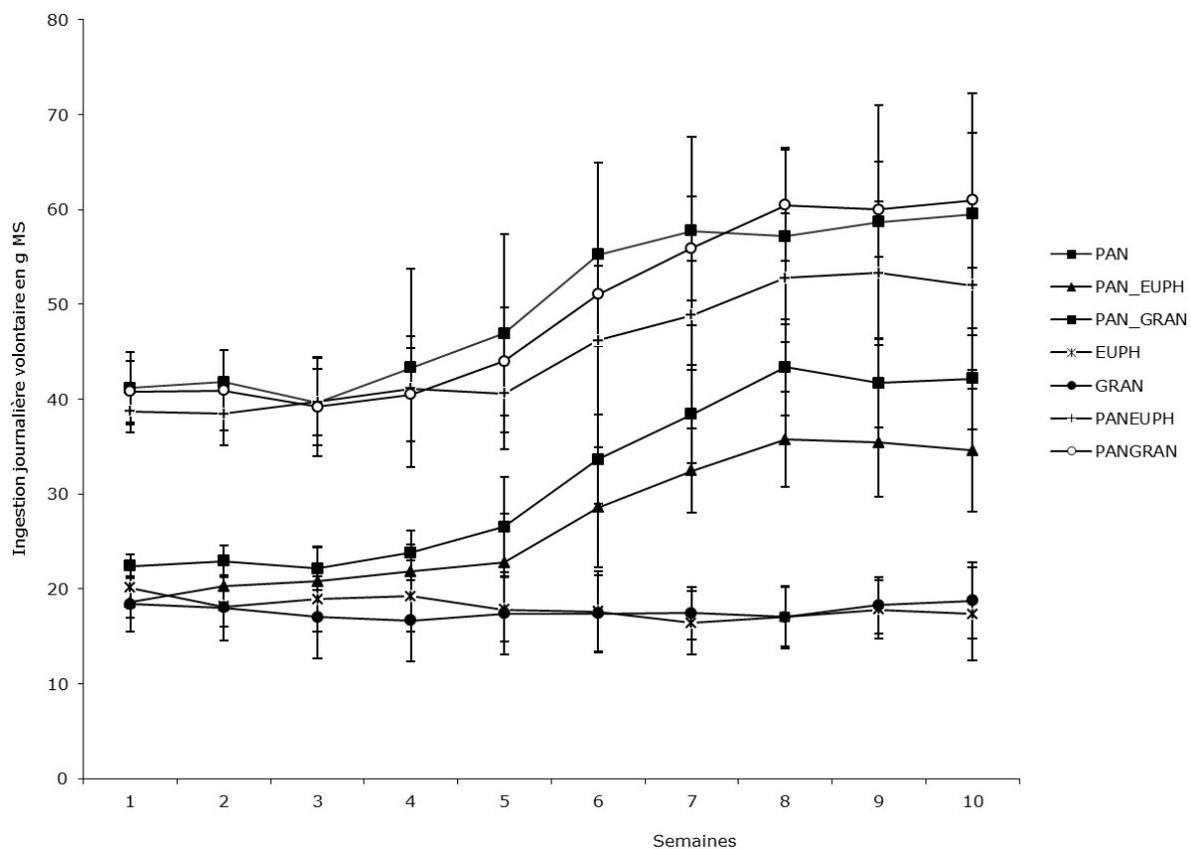
Compositions chimiques des aliments utilisés dans les régimes étudiés au cours de l'essai.

Composition chimique (% MS)	<i>Panicum maximum</i>	<i>Euphorbia heterophylla</i>	Granulé pour lapin
Matière sèche*	21,0±3,4	14,4±2,5	91,5±1,8
Matière organique	90,8±1,6	87,8±0,9	90,1±1,1
Fibres brutes	32,1±1,5	20,5±0,3	14,6±3,6
Matière azotée totale	9,6±0,9	16,5±1,2	13±0,5
Matière grasse	2,5±0,5	7,2±1,1	3,3±1,2
Energie métabolisable (Kcal.kg ⁻¹ MS)**	864,4	2027,1	2435,2

Matière sèche*= matière sèche en % de la matière fraîche

L'Energie Métabolisable (EM**) a été calculée selon la formule de Sibbald cité par Kenfack *et al.* (24): $EM = 3951 + 54,4 MG - 88,7 CB - 40,8$

MM où MG= matière grasse; CB= fibres; MM= matière minérale.

PAN: *P. maximum*PAN_EUPH: *P. maximum* dans le régime mixte PANEUPHPAN_GRAN: *P. maximum* dans le régime mixte PANGRANEUPH: *E. heterophylla* dans le régime mixte PANEUPH

GRAN: Granulé pour lapin dans le régime mixte PANGRAN

PANEUPH: *P. maximum* associé à *E. heterophylla*PANGRAN: *P. maximum* associé au granulé pour lapin**Figure 1:** Evolution de l'ingestion journalière volontaire des cobayes femelles au cours de la gestation.

Ainsi, l'augmentation de l'IVJMS des régimes mixtes expérimentaux (*PANEUPH* et *PANGRAN*), était due à une augmentation significative du niveau d'ingestion de *P. maximum* qui elle-même différait significativement selon le type de complément. En effet, les animaux soumis au régime *PANGRAN* ont ingéré significativement plus de *P. maximum* que ceux soumis au régime *PANEUPH* ($P < 0,05$). Les niveaux d'ingestion de *P. maximum* des régimes mixtes sont restés néanmoins significativement inférieurs à ceux de *PAN*. Les taux de substitution ont varié selon le type de complément et l'état de la gestation. En effet, d'une valeur de un au cours de la première moitié de la gestation, les taux de substitution divergeaient en fin de gestation. Durant la gestation, le taux de substitution de *P. maximum* par *E. heterophylla* variait de 1,2 à 1,5 quand celui *P. maximum* par les granulés pour lapin variait de 0,9 à 1,2. Les CUDa de la matière sèche, de la matière organique, de la matière azotée totale et des fibres brutes du régime *PANEUPH* étaient significativement supérieurs de celles des autres régimes dont les CUDa ne différaient pas significativement hormis au niveau des fibres brutes (Tableau 3). Au cours du premier mois de la gestation, l'énergie métabolisable ingérée induite par le régime *PANEUPH* avait couvert 1,2 fois le métabolisme basale d'une femelle non gestante de 0,6 kg contre 0,8 et 1,3 fois respectivement pour les régimes *PAN* et *PANGRAN*. Durant le dernier mois de la gestation, l'énergie métabolisable ingérée par le régime *PANEUPH* avait couvert 1,4 contre 1,7 pour le régime *PANGRAN* et 1,1 pour le régime *PAN* (Tableau 4).

Les poids vifs moyens des femelles soumises au régime *PANGRAN* étaient significativement supérieurs à ceux des deux autres régimes qui ne différaient pas significativement. Les gains moyens quotidiens obtenus durant la deuxième semaine de gestation ne différaient pas significativement entre les régimes ($P > 0,05$) (Tableau 5). C'est seulement en seconde moitié de gestation, que le GMQ des animaux soumis au régime *PANGRAN* a augmenté de façon très importante (plus de six fois) alors que celui des animaux soumis aux régimes *PAN* et *PANEUPH* ne différaient pas significativement (Tableau 5).

Hormis trois femelles sous le régime *PAN*, toutes les femelles ont mis bas. La taille moyenne de portée des femelles nourries aux régimes *PAN* et *PANGRAN* différait significativement contrairement à celle des femelles soumises au régime *PANEUPH*, qui, intermédiaires, ne différait pas significativement de chacune des deux autres tailles moyennes de portée. Les taux de fécondité des femelles nourries au régime *PAN* étaient significativement inférieurs à ceux des autres femelles, chez qui, l'effet des régimes (*PANGRAN* et *PANEUPH*), ne différait pas significativement ($P > 0,05$) (Tableau 5). Les poids moyens à la naissance ont été significativement différents selon les régimes (Tableau 5).

Période de lactation

Hormis des ingestions journalières de la matière sèche des femelles suitées, non différentes au cours de la première semaine entre les régimes complémentés *PANEUPH* et *PANGRAN*, les ingestions journalières différaient significativement selon les régimes aux semaines 2 et 3 (Tableau 2). Les IVJMS de *P. maximum* n'ont présenté aucune différence significative au cours des trois semaines, et cela, quel que soit le régime. Celles des granulés pour lapin ont augmenté significativement de la semaine 1 à la semaine 3 contrairement aux IVJMS d'*E. heterophylla* qui ont atteint un pic à la deuxième semaine avant de baisser légèrement à la troisième semaine (Tableau 2). Le taux de substitution de *P. maximum* par *E. heterophylla* a été pratiquement constant durant la lactation (0,6 à 0,7) contrairement à celui des granulés pour lapin qui n'a cessé de diminuer de la première à la dernière semaine de lactation (0,4 à 0,2). L'énergie métabolisable ingérée induite par le régime *PANEUPH* n'avait assuré qu'une couverture de 2,3 fois le métabolisme basale d'une femelle cobaye non gestante de 0,6 kg contre 3,0 et 1,3 fois respectivement pour les régimes *PANGRAN* et *PAN* (Tableau 4). Les poids moyens au sevrage, de même que les croissances journalières des jeunes cobayes ont significativement différencié les uns des autres selon les régimes.

Les croissances journalières des femelles reproductrices n'ont présenté aucune différence significative selon les régimes ($P > 0,05$) (Tableau 5).

Tableau 2

Consommation moyenne journalière des régimes étudiés (g MS) au cours de l'allaitement.

Périodes	Régimes				
	PAN	PANEUPH		PANGRAN	
0-7 j	70,3±12,5aA	80,5±14,6bA		82,4±10,0bA	
8-14 j	72,0±15,5aA	83,1±12,9bA		98,4±17,3cB	
15-21 j	72,9±16,4aA	81,5±14,8bA		111,3±13,9cC	
	PAN	PAN	EUPH	PAN	GRAN
0-7 j	70,3±12,5aA	53,6±10,2bA	26,9±6,4cA	62,6±8,3dA	19,8±6,2eA
8-14 j	72,0±15,5aA	51,7±9,5bA	31,4±7,4cB	64,0±11,1dA	34,4±10,8cB
15-21 j	72,9±16,4aA	52,8±12,6bA	28,7±6,4cAB	65,9±10,9dA	45,5±8,0eC

Les moyennes portant les mêmes lettres minuscules sur la même ligne sont statistiquement identiques.

Les moyennes portant les mêmes lettres majuscules sur la même colonne par type de période sont statistiquement identiques.

PAN: *P. maximum*

PANEUPH: *P. maximum* associé à *E. heterophylla*

PANGRAN: *P. maximum* associé au granulé pour lapin

EUPH: *E. heterophylla* dans le régime mixte PANEUPH

GRAN: Granulé pour lapin dans le régime mixte PANGRAN

Tableau 3

Coefficients d'utilisation digestive apparent (CUDa) des régimes étudiés au cours de l'essai.

CUDa (%)	Régimes		
	PAN	PANEUPH	PANGRAN
Matière sèche	63,6±10,3a	73,3±4,8b	61,1±6,8a
Matière organique	64,0±10,5a	72,9±4,8b	61,3±7,1a
Matière azotée totale	73,9±7,5a	84,6±2,7b	74,9±4,4a
Fibres brutes	62,2±12,0a	68,6±6,2b	51,1±10,5c

Les moyennes portant les mêmes lettres minuscules sur la même ligne sont statistiquement identiques.

PAN: *P. maximum*

PANEUPH: *P. maximum* associé à *E. heterophylla*

PANGRAN: *P. maximum* associé au granulé pour lapin

Tableau 4Energie métabolique maximale ingérée (Pic MEI en Kcal.j⁻¹) au pic d'ingestion des différents régimes au cours de l'essai.

Régimes	Gestation				Lactation	
	(Premier mois)		(Dernier mois)		Kcal.j ⁻¹	x BMR
	Kcal.j ⁻¹	x BMR	Kcal.j ⁻¹	x BMR		
PAN	35,9±5,3	0,8	50,4±9,6	1,1	62,3±9,9	1,3
PANEUPH	56,4±6,6	1,2	64,7±10,0	1,4	108,3±15,6	2,3
PANGRAN	62,4±9,6	1,3	79,4±9,2	1,7	139,0±15,5	3

BMR : Taux métabolique de base [68,56 x (poids vif)^{0,75}; (25)] pour une femelle cobaye de 0,6 kg.

PAN: *P. maximum*

PANEUPH: *P. maximum* associé à *E. heterophylla*

PANGRAN: *P. maximum* associé au granulé pour lapin

Tableau 5

Paramètres de la reproduction et de croissance moyenne journalière (GMQ) des animaux soumis aux régimes étudiés au cours de l'essai.

Périodes	Paramètres	Régimes		
		PAN	PANEUPH	PANGRAN
	Nombre de femelles mises en lutte	9	9	9
Gestation	GMQ (g.j ⁻¹) ⁽¹⁾	1,5±1,9aA	2,1±1,3aA	3,3±1,5aA
	GMQ (g.j ⁻¹) ⁽²⁾	0,9±1,7aA	0,8±0,7aB	5,9±2,7bB
	Taux de fécondité ⁽³⁾	111,1±0,9%a	188,9±0,6%b	244,4±0,5%b
	Taille des portées	1,7±0,5a	1,9±0,6ab	2,4±0,5b
	P.m.m.b. ⁽⁴⁾	587,9±44,2a	590,6±55,3a	771,7±36,5b
	P.m.n. des jeunes cobayes ⁽⁵⁾	58,7±12,4a	75,6±16,2b	102,5±12,0c
	P.m.s. des jeunes cobayes ⁽⁶⁾	109,8±7,0a	162,5±25,0b	238,3±32,7c
Lactation	P.m.r.s. ⁽⁷⁾	532,3±88,4a	533,5±53,2a	710,3±24,1b
	GMQ (g.j ⁻¹) ⁽⁸⁾	2,4±0,6a	4,1±0,9b	6,5±1,2c
	GMQ (g.j ⁻¹) ⁽⁹⁾	-2,6±1,4a	-2,8±1,7a	-3,3±0,8a

Les moyennes portant les mêmes lettres minuscules sur la même ligne sont statistiquement identiques.

Les moyennes portant les mêmes lettres majuscules sur la même colonne par type de période sont statistiquement identiques.

(1) Gain Moyen Quotidien GMQ (g.j⁻¹) durant la 2^e semaine de gestation

(2) Gain Moyen Quotidien GMQ (g.j⁻¹) durant la 9^e semaine de gestation

(3) Taux de fécondité : nombre de petits nés/Nombre de femelle mise en reproduction

(4) P.m.r.m.b.: poids moyen des reproductrices à la mise bas

(5) P.m.n.: poids moyen des cobayes à la naissance

(6) P.m.s.: poids moyen des jeunes cobayes au sevrage

(7) P.m.r.s.: poids moyen des reproductrices au sevrage

(8) Gain Moyen Quotidien GMQ (g.j⁻¹) = (Pms-Pmn)/Durée de la période (21 jours)

(9) Gain Moyen Quotidien GMQ (g.j⁻¹) = (Pmrs-Pmrmb)/Durée de la période (21 jours)

Discussion

Ingestion et digestibilité des aliments

Les observations faites sur l'ingestion et la digestibilité des aliments distribués lors de cet essai, sont comparables à celles obtenues par Kouakou *et al.* (26, 28, 29). Elle confirme la bonne palatabilité du *Panicum maximum* chez le cobaye malgré sa faible digestibilité de la matière sèche due à son taux élevé en fibres (31), à l'absence de facteur antinutritionnel dans ce fourrage et à la bonne digestibilité de ses protéines par le cobaye (6). Ces résultats confirment également la bonne palatabilité, la valeur protéique (16,48%), la faible valeur en fibre (22%) et la bonne digestibilité de la matière organique de *Euphorbia heterophylla*,

qui font de cette plante une des plus appréciées chez le cobaye (7, 29).

En effet, sa propriété fermentescible et le dégagement de gaz qui s'en suit pourrait contribuer significativement, à l'instar du granulé pour lapin, à la production d'énergie supplémentaire via la production d'acide gras volatils (23, 32). Aussi, les compléments alimentaires (*Euphorbia heterophylla* et granulé pour lapin) associés au *Panicum maximum* distribués *ad libitum* ont-ils induits une substitution partielle du *Panicum maximum* résultant notamment des phénomènes d'interactions digestives négatives (10, 28, 33). Ce phénomène courant dans l'alimentation des herbivores est du à la rapide fermentation ou

dégradation plus importante du complément entraînant ainsi une dépression de la dégradation des constituants pariétaux d'où la diminution de l'ingestion volontaire journalière de matière sèche de *Panicum maximum* (23).

En effet, des phénomènes de compétition entre les microorganismes du caecum pour un même substrat, et/ou, d'autre part, d'inhibition de certains types de microorganismes par certaines conditions physico-chimiques caecales (pH faible, carence en N...) seraient mis en cause (33). Des résultats similaires ont été indiqués par certains auteurs chez les lapins (2, 16), les bovins (12) et les ovins (4, 5). Il en résulte une variation des niveaux d'ingestion des aliments distribués, une amélioration de la digestibilité des aliments, une modification des produits de fermentation (Acides gras volatils,...) et une meilleure valorisation énergétique des aliments distribués en comparaison au régime non complétementé (13, 33).

Les différences observées au niveau des taux de substitution de *Panicum maximum* par les compléments découlerait d'une vitesse de dégradation plus faible de l'amidon du maïs-grain contenu dans le granulé pour lapin contrairement à *Euphorbia heterophylla*, plus riche en hémicelluloses qui représente une partie des fibres rapidement fermentescibles (7, 17, 21, 23). Il en résulte une meilleure digestibilité du régime *PANEUPH* contrairement du régime *PANGRAN* dont la faible digestibilité serait à mettre à l'actif de l'augmentation du niveau d'ingestion globale, en particulier celui du *Panicum maximum* du régime, qui induirait une diminution de la digestibilité des constituants pariétaux (NDF) notamment en raison d'une diminution du temps de séjour de *P. maximum* et de l'amidon du maïs-grain constituant principal du granulé pour lapin (14, 33).

L'apport de vitamine C en plus des aliments expérimentaux dans cet essai, résulte de l'incapacité des cobayes à synthétiser la vitamine C. En effet, le cochon d'Inde est une des rares espèces qui partage avec l'être humain l'incapacité de produire de la vitamine C. Aussi, les morceaux d'oranges qui leur ont été régulièrement distribués leur ont-ils permis de satisfaire leurs besoins en vitamine C de l'ordre de 50 à 60 mg/kg chez les

femelles en gestation ou en lactation (15).

Dans cette discussion, l'utilisation de références concernant les bovins pourrait paraître maladroite tant les différences morphologiques entre les espèces étudiées sont profondes. Cependant, malgré ses disproportions, il ressort qu'au regard du profil des produits de fermentation, le cobaye est plus proche des bovins, contrairement au lapin. En effet, contrairement aux autres herbivores monogastriques (cheval, cobaye) et aux ruminants en général, le profil des acides gras volatils (AGV) est caractérisé chez le lapin, par une proportion d'acide butyrique supérieure à celle de l'acide propionique (1, 8, 19, 20, 35). Tandis que celui du caecum des cobayes est identique aux proportions d'acides gras volatiles observées dans le rumen chez les bovins caractérisé par plus d'acide acétique, d'acide propionique et moins d'acide butyrique (36).

Valeur énergétique et protéique des aliments

L'estimation de la valeur énergétique du régime *PANEUPH* à partir de l'ingestion des aliments expérimentaux montre que ce dernier a présenté une densité énergétique réduite ne lui permettant pas de couvrir idéalement les besoins de la femelle gestante. En effet, comparativement aux résultats de Künkele (30) qui montrent qu'au pic d'ingestion durant la gestation et durant la lactation, l'énergie métabolique ingérée correspond respectivement à 2,4 et 3,7 fois le métabolisme de base, seul le régime *PANGRAN* semble répondre aux besoins en gestation et en lactation des cobayes. L'inefficacité des fourrages verts réside, entre autres, dans leur encombrement qui limite la quantité d'énergie retirée par l'animal (22) et dans leur déficience en acides aminés soufrés (3, 9). A cet effet, certains auteurs suggèrent d'une part, la nécessité d'augmenter la densité énergétique de ces régimes fourragers à partir un aliment d'une meilleure densité énergétique tel que le maïs-grains (7), et d'autre part, une complémentation au minimum de 2% de protéines d'origine animale afin d'obtenir une couverture adéquate en acides aminés (37) pour couvrir les besoins du cobaye en acide aminés (méthionine: 0,39% de la ration, cystine: 0,03%, tryptophane: 0,16 à 0,25%, arginine: 0,3%) selon Fuss (15).

Effets des régimes sur les paramètres de croissances et de reproduction

Les résultats obtenus sur la croissance des femelles soumises au régime *PANEUPH* confirment ceux de Künkele (30) qui indiquent qu'une partie importante de l'énergie ingérée par les femelles durant la phase d'anabolisme gravidique serait stockée sous forme de réserves lipidiques et serait mobilisée durant les deux dernières semaines de gestation pour le développement fœtal. Ainsi, après la parturition, les femelles conservent leur poids de mise à la reproduction.

En comparaison des performances des femelles nourries avec *P. maximum* seul, il convient d'indiquer que malgré le déficit de densité énergétique durant la seconde moitié de la gestation et durant l'allaitement, l'apport d'*E. heterophylla* en complément de *P. maximum* dans l'alimentation des cobayes entraîne une substitution de ce dernier pour permettre une meilleure fécondité, une augmentation significative du poids à la naissance des jeunes cobayes et favorise la croissance des jeunes au cours de la lactation de trois semaines, vu que leurs poids à la naissance ont doublé au sevrage (11).

L'impact d'*E. heterophylla* associé à *P. maximum* chez le cobaye est comparable à celui de la légumineuse *Desmodium intortum* qui permet une croissance journalière de 3,5 g.j⁻¹ lorsqu'elle supplémente *Pennisetum purpureum* durant la lactation (34).

Conclusion

P. maximum associé au granulé pour lapin est l'un des meilleurs régimes alimentaires pour le cobaye. Toutefois, le coût élevé de ce granulé amène les éleveurs de cobayes à se tourner vers des plantes fourragères. Parmi ces dernières, l'association de *P. maximum* et d'*E. heterophylla* en comparaison au *P. maximum* distribué seul, améliore la fécondité, augmente significativement le poids de jeunes à la naissance et induit une meilleure croissance sous les mères. Ces résultats ne doivent pas occulter que cette association présente quelques insuffisances du point de vue de sa densité énergétique et de son équilibre en acides aminés nécessaires pour permettre aux animaux d'extérioriser leur potentiel de croissance et de production de viande de boucherie. Aussi serait-il judicieux que d'autres travaux cherchent à parfaire ce régime mixte pour améliorer les performances des cochons d'Inde de boucherie en ajoutant une source énergétique tel que le maïs-grain et/ou une source de protéine animale comme la farine d'asticot ou la farine de poisson tout en réduisant les coûts de production.

Références bibliographiques

1. Adjiri D., Bouillier-Oudot M., Lebas F. & Caudau M., 1992, Simulation in vitro des fermentations caecales du lapin en fermenteur à flux semi-continu. 1. Rôle du prétraitement du substrat alimentaire, *Reprod. Nutr. Dev.*, **32**, 351-360.
2. Auvergne A., Bouyssou T., Pairet M., Bouillier-Oudot M., Ruckebusch Y. & Caudau M., 1987, Nature de l'aliment, finesse de mouture et données anatomo-fonctionnelles du tube digestif proximal du lapin, *Reprod. Nutr. Dev.*, **27**, 4, 755-768.
3. Berchiche M., Lebas F. & Ouhayoun J., 1995, Utilization of field beans by growing rabbits. 2-Effects of various plant supplementations, *World Rabbit Sci.*, **3**, 2, 63-67.
4. Berge P. & Dulphy J.P., 1985, Étude des interactions entre fourrage et aliment concentré chez le mouton. I. Facteurs de variation du taux de substitution, *Ann. Zootech.*, **34**, 313-334.
5. Berge P. & Dulphy J.P., 1991, Etudes des interactions entre fourrages et aliment concentré chez le mouton. II. Facteurs de variation de la digestibilité, *Ann. Zootech.*, **40**, 227-246.

6. Bindelle J., Ilunga Y., Delacollette M., Muland Kayij M., Umba di M'Balu J., Kindele E. & Buldgen A., 2007, Voluntary intake, chemical composition and in vitro digestibility of fresh forages fed to Guinea pigs in periurban rearing systems of Kinshasa (Democratic Republic of Congo), *Trop. Anim. Health Prod.*, **39**, 419-426.
7. Bindelle J., Kinsama A., Picron P., Umba di M'Balu J., Kindele E. & Buldgen A., 2009, Nutritive value of unconventional fibrous ingredients fed to guinea pigs in the Democratic Republic of Congo, *Trop. Anim. Health Prod.*, **41**, 1731-1740.
8. Bonnafous R., 1973, *Quelques aspects de la physiologie colique en relation avec la dualité de l'excrétion fécale chez le Lapin*. Université Toulouse III - Paul Sabatier, France. Doctorat Thèse d'État.
9. Bourdon D., Fevrier C., Perez J.M., Lebas F., Leclercq B., Lessire M. & Sauveur B. 1984, *Tables de composition des matières premières*. In: INRA - Département de l'Élevage des monogastriques, Paris, L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin et volailles. INRA, Paris, France, 164.
10. Chenost M. & Kayouli C., 1997, *Utilisation des fourrages grossiers en régions chaudes*. FAO, Document technique sur la production et santé animales, N°135, Rome, FAO, 226.
11. Cicogna M., 2000, *Guide technique d'élevage n°4 sur les cobayes*. Série d'information et de documentation (B E D I M), 8.
12. Coulon J.B., Faverdin P., Laurent F. & Cotto G., 1989, Influence de la nature de l'aliment concentré sur les performances des vaches laitières, *INRA Prod. Anim.*, **2**, 1, 47-53.
13. Dulphy J.P., Rouel J. & Bony J., 1989, Association de betteraves fourragères à de l'ensilage d'herbe pour des vaches laitières, *INRA Prod. Anim.*, **3**, 3, 195-200.
14. Evans E., 1981, An evaluation of the relationship between dietary parameters and rumen solid turnover rate, *J. Anim. Sci.*, **61**, 97-103.
15. Fuss S., 2002, *Physiologie et pathologie digestive chez le cobaye domestique (Cavia porcellus)*. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, France. Docteur Vétérinaire, Thèse d'Etat, 212.
16. Gidenne T., 1987, Effet de l'addition d'un «concentré» riche en fibres dans une ration à base de foin, distribuée à deux niveaux alimentaires chez la lapine adulte. 2. Mesures de digestibilité, *Reprod. Nutr. Dev.*, **27**, 4, 801-810.
17. Gidenne T. & Perez J.M., 2000, Replacement of digestible fibre by starch in the diet of the growing rabbit. I Effects on digestion, rate of passage and retention of nutrients, *Ann. Zootech.*, **49**, 357-368.
18. Guerin H. & Dulphy J.P., 1984, Influence de l'apport complémentaire de maïs, de pulpe de betterave ou de mélasse sur la valeur alimentaire d'un foin, *Ann. Zootech.*, **33**, 509-532.
19. Henning S.J. & Hird F.J.R., 1972, Diurnal variations in the concentrations of volatile fatty acids in the alimentary tracts of wild Rabbits, *Br. J. Nutr.*, **27**, 57-64.
20. Hoover W.H. & Heitmann R.N., 1972, Effects of dietary fiber levels on weight gain : cecal volume and volatile fatty acid production in Rabbits, *J. Nutr.*, **102**, 375-380.
21. Jacquier V., Combes S., Oswald I.P., Rogel-Gaillard D. & Gidenne T. 2013, *Incorporation de fibres rapidement fermentescibles dans un aliment périsevrage: impact sur la digestion, la croissance et l'état sanitaire du lapin*. 15^{ème} Journées de la Recherche Cunicole, 55-58.
22. Jarrige R. 1988, *Alimentation des bovins, ovins & caprins*. Editions INRA, Paris, 476.
23. Jarrige R., Grenet E., Demarquilly C. & Besle J.-M. 1995, *Les constituants de l'appareil végétatif des plantes fourragères*. In: Jarrige R, Ruckebusch Y, Demarquilly C, Farce M-H & Journet M, Nutrition des ruminants domestiques: Ingestion et Digestion, INRA, Paris, 25 - 81.
24. Kenfack A., Tchoumboué J., Kamtchouing P. & Ngoula F., 2006, Effets de la substitution par l'arachide fourragère (*Arachis glabrata*) de l'herbe à éléphant (*Pennisetum purpurum*) sur le nombre d'ovulations et les mortalités prénatales chez le cobaye (*Cavia porcellus* L.) adulte, *Tropicultura*, **24**, 3, 143-146.
25. Kleiber M., 1961, *The fire of life*, John, Wiley, New York.

26. Kouakou N.D.V., Grongnet J.F., Assidjo E.N., Thys E., Marnet P.-G., Catheline D., Legrand P. & Kouba M., 2013, Effect of a supplementation of *Euphorbia heterophylla* on nutritional meat quality of Guinea pig (*Cavia porcellus* L.), *Meat Sci.*, **93**, 4, 821-826.
27. Kouakou N.D.V., Speybroeck N., Assidjo E.N., Grongnet J.F. & Thys E., 2011, Typifying guinea pigs (*Cavia porcellus*) farmers in urban and peri-urban areas in central and southern Ivory Coast, *Outlook Agr.*, **40**, 4, 323-328.
28. Kouakou N.D.V., Thys E., Danho M., Assidjo E.N. & Grongnet J.F., 2012, Effet du *Panicum maximum* sur la productivité des femelles primipares durant le cycle de reproduction chez le cobaye (*Cavia porcellus* L.), *Tropicultura*, **30**, 1, 142-167.
29. Kouakou N.D.V., Thys E., Assidjo E.N. & Grongnet J.F., 2010, Ingestion et digestibilité *in vivo* du *Panicum maximum* associé à trois compléments: Tourteau de *Jatropha curcas*, tourteau de coton (*Gossypium hirsutum*) et *Euphorbia heterophylla* chez le cobaye (*Cavia porcellus* L.), *Tropicultura*, **28**, 3, 173-177.
30. Künkele J., 2000, Energetics of gestation relative to lactation in a precocial rodent, the guinea pig (*Cavia porcellus*), *J. Zool.*, **250**, 533-539.
31. Picron P., 2007, *Amélioration de l'alimentation du cobaye en province de Kinshasa : Méthodes de prédiction de la valeur alimentaire des aliments*. Mémoire présenté en vue du diplôme de Bio-Ingénieur. Université Catholique de Louvain, Belgique, 104.
32. Rémésy C., Demigné C. & Morand C., 1995, *Metabolism of short-chain fatty acids in the liver*. In: Cummings JH, Rombeau JL, Sakata T, Physiological and clinical aspects of short-chain fatty acids, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 171-190.
33. Sauvant D. & Giger-Reverdin S., 2009, *Modélisation des interactions digestives et de la production de méthane chez les ruminants*, *INRA Prod. Anim.*, **22**, 5, 375-384.
34. Tchoumboué J., Niba A.T. & Kenfack A., 2001, Comparative study on the influence of supplementation with two legumes (*Arachis glabrata* benth and *Desmodium intortum*) on the reproductive and growth performance of guinea pigs (*Cavia porcellus* L.), *Bull. Anim. Health Prod. Afr.*, **49**, 74-83.
35. Vernay M., Raynaud P. & Salse A., 1975, Répartition des acides gras volatils dans le tube digestif du lapin domestique. I. - lapins alimentés en luzerne et avoine, *Ann. Rech. Vet.*, 6, 4, 357-368.
36. Yu B., Chiou P. W. S. & Kuo C.-Y., 2000, Comparison of digestion function among rabbits, Guinea pigs, rats and hamsters. II. Digestive Enzymes and Hindgut Fermentation, *Asian-Aus J. Anim. Sci.*, **13**, 11, 1508-1512.
37. Zaldivar L.C., 1997, *Produccion de cuyes* (*Cavia porcellus*). FAO, Document technique sur la production et santé animales, N° 138, Rome, FAO, 77.

N'G. D. V. Kouakou, Ivoirien, PhD, Enseignant-Chercheur, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, Département Agriculture et Ressources Animales, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire.

E. Thys, Belge, PhD, Institut de Médecine Tropicale, Département des Sciences Biomédicales, Antwerpen, Belgique. Membre du Conseil d'Administration d'Agri-Overseas.

Y.M. Yapi, Ivoirien, PhD, Enseignant-Chercheur, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, Département Agriculture et Ressources Animales, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire.

E.N. Assidjo, Ivoirien, PhD, Professeur, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, Département, Génie Chimie Agro Alimentaire, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire.

P.G. Marnet, Français, PhD, Professeur, Chercheur associé à l'Institut National de Recherche Agronomique, Directeur Scientifique d'Agrocampus Ouest, Rennes, France.

J.F. Grongnet, Français, PhD, Professeur, Chercheur associé à l'Institut National de Recherche Agronomique (INRA), Agrocampus Ouest, Rennes, France.

The One-humped Camel in the Canary Islands: History and Present Status

R.T. Wilson & C. Gutierrez

Keywords: Introductions- Exports- Genetic resources- Livestock populations- Tourism- Canary Islands

Summary

The one-humped camel (Camelus dromedarius L.) is not indigenous to the Canary Islands but based on historical references was introduced at the very beginning of the fifteenth century. The camel thrived in the subtropical dry environment. A long period of isolation from other animals of the same species meant that the animals were virtually disease free. This made the Islands an ideal base for exporting camels to new areas such that camels from the Canaries went to Peru in the sixteenth century, to Brazil in the eighteenth century, Venezuela and Bolivia in the early part of the nineteenth century and Australia in 1840. Camels went to several Caribbean islands in the middle of the nineteenth century. More recently (late twentieth and early twenty-first centuries) some animals were exported from the islands to mainland Europe, notably France, Spain and the Netherlands, and to South America. Camels have been used in military operations, as transport and draught animals in support of agriculture and have found a role in the tourist industry. In early 2013 there were some 1,300 camels distributed over four of the larger islands of the archipelago in herds varying in size from a single animal to herds of as many as 150 head: a large group of about 400 heads kept in a Safari Park on the island of Fuerteventura is considered as the national conservation herd. The "Canary" camel has recently been shown to be genetically distinct from most other populations and it has been proposed that it should be designated as a distinct breed.

Résumé

Le dromadaire aux Îles Canaries: histoire et statut actuel

Le dromadaire (Camelus dromedarius L.) n'est pas autochtone aux îles Canaries, mais sur base des références historiques, il fut introduit au début du XV^e siècle et a prospéré dans ce milieu subtropical aride. Cette longue période d'isolement avec les autres animaux de la même espèce et l'insularité des Canaries ont fait que ces dromadaires se sont retrouvés quasi-exemptés de toutes maladies. C'est ainsi que l'archipel des Canaries est ainsi devenu un centre idéal pour l'exportation de dromadaires. C'est ainsi que des exportations eurent lieu vers le Pérou au XVI^e siècle, vers le Brésil au XVIII^e siècle, vers le Venezuela et la Bolivie au début du XIX^e siècle; et vers Australie en 1840. Les dromadaires ont colonisé plusieurs îles des Caraïbes au milieu du XIX^e siècle. Plus récemment (fin du XX^e et début du XXI^e siècles), certains animaux ont été exportés des îles vers le continent européen, notamment en France, en Espagne, aux Pays-Bas et en Amérique du Sud. Les dromadaires furent utilisés au cours d'opérations militaires pour le transport. Ils furent aussi utilisés comme animaux de trait en agriculture et participent aujourd'hui à l'essor de l'industrie touristique. Au début de 2013, on comptait environ 1.300 dromadaires répartis sur quatre des plus grandes îles de l'archipel. La taille des troupeaux varie d'un seul animal à des troupeaux privés pouvant atteindre 150 têtes. Le plus grand groupe, d'environ 400 têtes, se trouve dans un parc animalier sur l'île Fuerteventura et ce groupe est considéré comme le troupeau national de conservation. Il a été démontré que le dromadaire "Canarien" appartient à une population génétiquement distincte de la plupart des autres populations et il a été proposé qu'il soit désigné comme une race distincte.

¹Bartridge Partners, Bartridge House, Umberleigh, Devon EX37 9AS, UK.

²University of Las Palmas de Gran Canaria, Veterinary Faculty, Arucas, Las Palmas, Spain.

* Corresponding author: E-mail: trevorbart@aol.com

Received on 22.09.14 and accepted for publication on 9.01.15

Introduction

“El camello es extremadamente frugal y sobrio. Susténtase con los pastos más despreciables de los campos y bebe de una vez para algunos días. Es a propósito para nuestros arenales y terrenos pedregosos. Camina muchas millas sin fatigarse y viene a ser como un carruaje viviente para transportar grandes cargas, pues lo menos que puede soportar son seiscientas libras, y algunos más de mil.”

José de Viera y Clavijo. Diccionario de Historia Natural de las Islas Canarias¹

The Canary Islands are the remnant cones of extinct volcanoes and are the westward extension of the Atlas Mountains of Morocco. The archipelago is centred on 28°1' N, 15°24' W, some 100 km off the northwestern coast of Africa opposite the (former) boundary between Morocco and Western Sahara (Figure 1). The seven larger and six smaller islands have a subtropical climate that is slightly hotter in the east and drier in the north. The highest point of 3,718 metres is the “Pico del Teide” on Tenerife. Known to the ancient Romans as the Fortunate Islands, “Canary” is said to derive from the large dogs (canes) that once lived on the islands. Phoenicians, Turks and Arabs attempted to subjugate and colonize the islands but it was not until 1496 that they were fully incorporated into the Kingdom of Castille. The aboriginal Guanche people have gradually been subsumed into the broader Spanish population. The total population in 2010, in a politically autonomous Spanish Region comprising the two Provinces of Santa Cruz de Tenerife and Las Palmas, was about 2.1 million, occupying a small part of (in spite of vast open areas) the land area at a high density. Following the Spanish conquest the economy was first based on sugar cane, then on grapes and subsequently on bananas. In the modern Canaries, agriculture is a relatively minor economic activity. The Islands derive the greater part of their income from tourism and the one-

humped camel – introduced about 600 years ago – is a cornerstone of the industry and has become one of the most important livestock species in the Region².

Introductions of camels to the islands

Early fifteenth century

The one-humped camel (*Camelus dromedarius*) is not indigenous to the Canaries and there is no evidence of a pre-Hispanic presence among the Guanche. Its introduction to the archipelago dates to raids by the Moors and the beginnings of European colonization. Camels almost certainly arrived on the islands from Africa possibly about 1405 although the historical record is not clear so the exact date is not known. Diego Garcia is credited with the first introduction and Juan de Bethencourt with the second (14). The suitability of camels to the islands led to their expansion throughout the archipelago but numbers were greatest in the south of Gran Canaria and Tenerife and throughout Fuerteventura and Lanzarote (18). Such was the affinity of the camel to these arid lands that only two centuries after its first introduction there were thousands of animals in the islands.

Late twentieth and early twenty-first centuries

For a period of several hundred years no or very few camels were imported to the Canary Islands. It was this long period of relative isolation that (in a time when export/import rules and regulations were in any case less stringent – if they existed at all – than they were later to become) that resulted in camels being exported from the Canaries to new lands (see next Section). It is estimated that in the middle of the nineteenth century there were as many as 10 000 camels on the Canary Islands. They then suffered a progressive decline as a consequence of the introduction of modern agricultural machinery and mechanized transport. By the 1990s the Canary camel was almost extinct but the upsurge in tourism

¹“The camel is extremely frugal and rustic. It survives on the most meagre pastures and drinks only once in several days. It is an ideal animal for our sandy soils and stony lands. The camel walks many miles without tiring, and is highly suitable for carrying heavy loads of at least six hundred and sometimes even more than a thousand pounds.”

²The 350 000 goats on the Islands produce raw milk valued at 45 million Euros which can be multiplied 4- to 6-fold when converted to cheese (18).



Figure 1: Detailed and localization map of the Canary Islands (figures in black are locations and numbers of camels).

in the 1990s and 1990s and the popularity of the “exotic experience” of camel rides resulted in a recovery of numbers. During the 1990s small numbers of camels were imported from the Western Sahara by a prominent Canarian breeder in order to increase the biodiversity of his own stock as well as of that of the islands in general. An outbreak of Foot and Mouth Disease in the Western Sahara in the late 1990s brought an end to this trade and there have been no more recent imports.

The Canary Islands as a source of camels for other countries

From first introduction to the twentieth century

The almost 600 years of isolation (or 430 or so at the time) led to the belief that Canary camels had been in effective quarantine for that period and were thus free from disease or at least disease that could cause problems for importing countries³. The Canaries were thus a favoured source of camels whence they could be introduced into new lands (22).

South America was possibly the earliest destination for camels exported from the Canary Islands. An attempt to use camels in Peru in the middle of the sixteenth century was frustrated by complaints from slave traders that they would compete with these

poor unfortunates as a means of transport (6). It was to be another 200 years before further attempts to use camels in South America were made when some arrived in Brazil in 1793 (11). Camels were introduced to Venezuela from the Canary Islands early in the nineteenth century with the intention of using them for carrying sugar cane but the attempt failed because several animals died from snakebite (2). Bolivia imported 30 animals in 1845 and these had multiplied to about 100 head by the mid 1860s but their subsequent fate is not known (11).

Other exports of camels from the Canaries to the New World probably took place in the first half of the seventeenth century. These went to Barbados certainly before 1650 as a map of the island shows a pictogram of a camel (Figure 2) and there are several mentions of camels in the text which indicates they were used in transporting sugar (12). Camels also went to Jamaica from Lanzarote, probably some time later, where they were similarly used for transporting cane and rum (7, 13). The Jamaican camels survived at least 50 years but eventually succumbed to the effects of the jigger flea (11). There were about 70 camels in Cuba in 1841 that were then used for carrying copper ore but were later used for transporting sugar cane (2).

³Recent studie (3, 9, 21) have shown that this premise was not entirely true.



Figure 2: Seventeenth century map of Barbados with pictogram of camel (top centre).

The Canary Islands were the origin of the first introduction of camels to Australia (16). Nine camels were bought in Tenerife by three brothers named Phillips and four or six of these were loaded aboard the SS Apolline which had been chartered by the brothers in London. The Apolline docked at Port Adelaide in South Australia on 12 October 1840 and the sole surviving beast (named Harry) became the first camel in Australia and was bought by an early explorer, James Ainsworth Horrocks. Horrocks found the animal to be bad tempered and it often bit the men and goats (taken by the expedition for use as food) although it would carry loads of 160 kg for two days without water. Horrocks died from wounds he received from his own gun when his camel lurched into him as he was about to shoot a bird. Before this sad event, however, he ordered the camel be put down in order to avoid further accidents. Shortly after the arrival of Harry on the Australian mainland a male and a female camel were imported from Tenerife to Hobart in Tasmania in December 1840 but it is not known what happened to them (16).

The USA Government imported camels to Texas from Egypt and Tunisia for testing for army use in 1856 and 1857. Two private imports of camels followed the government experiment. A Mrs M.J. Watson reported to the Galveston (Texas) port authorities on 16 October 1858 that her ship had 89

camels aboard, claiming she wanted to test them for use as transport animals. Port officials felt, however, that the camels were being used to mask the odour typically associated with a slave ship and refused permission to unload the cargo (although slavery was not banned in the USA until the 1860s imports had been prohibited in 1808). Mrs Watson eventually dumped the camels overboard where they wandered about Galveston and died from neglect and slaughter around the coastal sand dunes.

A second civilian shipment of a dozen camels arrived at Port Lavaca (Texas, USA) in 1859 where it met a similar fate (4, 5). There is anecdotal evidence that these camels were from the Canary Islands.

South West Africa [SWA, now Namibia] became a German colony in 1884 (8).

The initial defence force (Schutztruppe, literally "protection troops") of six to ten men was augmented in 1889 by an additional eight regular soldiers and 13 reservists. The latter travelled from Germany under the command of Lieutenant Hugo von François on the British ship "Clan Gordon" which stopped at Tenerife. The troop was here joined by Captain Curt von François, the brother of Hugo, who arrived from the other German colonies of Cameroon and Togo. Captain von François was the first to realise the possibilities for camels in the

deserts of SWA. He gave names to the animals he bought in the Canaries and then sailed for the German colony where 10 camels arrived – the number that left the Islands is not known – at Walvis Bay on 23 July 1891 [Zondach, personal notes 1991 quoted by Nolte (15)]. In Namibian Herero tradition the year 1889 is still known and referred to at the present time as The Year of the Camel (8).

Late twentieth and early twentyfirst centuries

During the 1990s and into the early 2000s the Canary Islands have “exported” camels to mainland Spain as well as to other countries in Europe. As a legal part of the European Union (EU) the islands have a comparative advantage over non-EU states from where it is more difficult to get import permits. These exports have not, however, been without problems as they have resulted in the occurrence of trypanosomosis due to *Trypanosoma evansi* being recorded in mainland Europe for the first time. The disease, which was recorded for the first time in the Canary Islands in 1997 (whither it probably came with camel imports from Western Sahara sometime earlier), was found in camels in both mainland Spain and France. Both outbreaks were eventually controlled through massive treatments and monthly serological, parasitological and molecular (PCR) evaluations carried out by the Valencia Regional Animal Health laboratory in Spain and by CIRAD at Montpellier in France (3, 9, 21).

A Dutch farmer obtained three pregnant females in the Canaries in 2006 and brought them to Den Bosch in the Netherlands. In spite of the Canaries being a region of Spain he had problems with the administration who declared that camels were not on an approved EU list of farm animals⁴ (10).

In spite of the difficulties, however, he had built a herd of 40 head by 2010 and was exporting unpasteurized (another problem!) camel milk and milk products to Belgium, Germany and Great Britain as well as selling to a mainly Islamic clientele in the Netherlands (10).

Genetic resources

The “camello canario” is listed, clearly wrongly, as a Bactrian camel in the DAD-IS database (1). It has recently been added to the list of native Spanish livestock by the Ministry of Agriculture, Food and Environment as the “camello canario” with a local name of Castellano and is rated as a native breed in danger of extinction

(https://aplicaciones.magrama.es/arca-webapp/flujo.html?_flowId=razaOtrasEspecies-flow&_flowExecutionKey=e4s1,

The Canary Islands camel population was relatively isolated from other groups for more than 500 years. This isolation allowed this camel to differentiate itself from the geographically close African camel population through evolution and genetic drift. Morphological and behavioural differences between African and Canaries camels have been identified. Analysis of 11 microsatellite markers has shown that the level of inbreeding, measured by the statistic FIS, is almost three times higher in the African camel (3.2 versus 8.7) than in the Canary Island one. The genetic markers used showed significant differences between the two populations (FST=3.1 per cent) and have sufficient discrimination (> 99 per cent) to be able to identify individuals and paternity relationships.

⁴The animal health [and thus movement] requirements for intra-Union trade in 'other' live animals are laid down in Council Directive 92/65/EEC of 13 July 1992 as subsequently amended: 'other' live animals include some ruminants, Camelids (e.g. llamas, alpacas) [note no mention of camels], cats and dogs (for commercial imports only), bees, apes, rabbits and hares, exotic birds, ferrets, mink, foxes, zoo animals and other exotic species. More stringent quarantine and testing regimes are applied to imports from non-EU countries [note that intra-Union movements are referred to as “trade” whereas movements into the EU from third party countries are classed as “imports”.

Table 1

Location, ownership, numbers and use of camels in the Canary Islands.

Location	Owner\^a	Number\^b	Notes
Lanzarote			
Uga (Parque nacional de Timanfaya)	34 owners	500	Tourism in National Park
Puerto del Carmen	Lanzarote a Camello	10	Tourism
Playa Tegui	Los Aljibes Restaurant	1	Retired
Fuerteventura			
La Lajita	Oasis Adventure Park	400	Tourism; Conservation herd
Caleta de Fuste	Hotel Castillo de San Jorge	3	Tourism
Lajares	Camel Safari	2	Tourism; Sentiment
La Oliva-Corralejo	5 owners	12	Sentiment
Tenerife			
Arona	Camel Park	13	Tourism
Oasis del Valle (La Orotava)	Camello Center	2	Exhibition
El Tanque	Camello Center	45	Tourism
Adeje	Camello Center	8	Tourism
Gran Canaria			
Maspalomas	Camello Fataga (2 farms)	150	Tourism; breeding for export
Ruta de Fataga	Camel Park (La Baranda)	65	Tourism
Ruta de Fataga	Camel Park (Manolo Safari Park)	45	Tourism

Notes: a) in addition each island has 3-6 owners with 1-3 camels kept for sentimental reasons (total number ~35)

b) numbers for Uga and La Lajita are approximate



Figure 3: Camels in traditional agricultural roles in the early twentieth century.

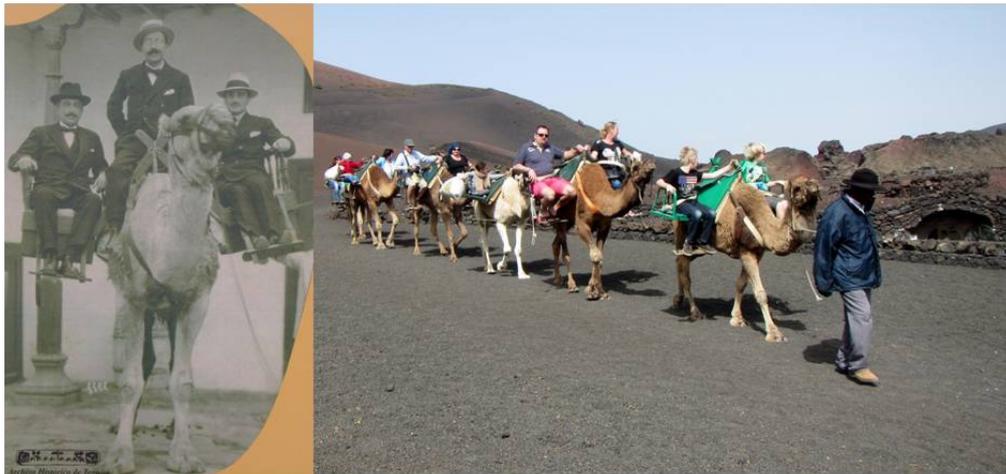


Figure 4: Canary camel tourism then (early 1900s) and now (early 2000s).



Figure 5: "English" tourist saddles at Camel Park, Tenerife.



Figure 6: A breeding group with calf near Timanfaya National Park on Lanzarote.



Figure 7: Pied camels in the conservation herd at Oasis Park near La Fajita on Fuerteventura.

This evidence provides a strong argument for considering Canary Island camels a distinct breed to be known as the Majorero with its closest relation being camels from Tindouf in Algeria (19, 20).

Use

Historically camels in the Canary Islands have been used over an eclectic range of activities.

When Sir Francis Drake's attack on the Canaries was repulsed in 1596 camels were used to carry cake and wine to refresh the defending troops. Three years later in 1599 the Islands were attacked by a Dutch contingent under van der Does lands and Las Palmas de Gran Canaria was captured. The local authorities retreated to the interior with camels carrying the court archives and personal items but at one stage the camels were diverted to haul artillery pieces that were proving too heavy for human endeavour alone (1). On other occasions camels were used as mobile cover by the islands militias. In October 1740, for example, English pirates attacked Fuerteventura but the Majoreros (inhabitants of Fuerteventura) using 40 camels as a mobile cover sowed panic among the invaders who retreated forthwith (17).

For much of the nineteenth century and during the early part of the twentieth camels were used mainly as transport and draught animals in support of the Islands' agriculture (Figure 3) although in the latter period the beginnings of tourism were evident. The main use of camels in the early twentyfirst century is in tourism although the style of this is at considerable odds with that of a century earlier (Figure 4). The saddle employed in the Canaries appears to be unique. Known as the 'silla de brazo' or chair saddle it originally comprised a standard type saddle placed over the hump but had two outward extensions which served for loading boxes of harvested grapes, casks and sacks. This has developed into the "English" saddle which is currently used for carrying tourists (Figure 5). At the present time it can thus be seen that the main economic use of the Canary camel is in tourism. It is not slaughtered for meat. Plans for the development of a dairy industry have not materialised due to the problems of importing camels from the African mainland and the

difficulties of "exporting" milk and milk products to the European mainland ((Gutiérrez, personal observations and discussions with producers).

The Canary Islands camel population in 2013

In January 2013 the total population of camels on the four islands was just under 1,300 (Table 1). The current distribution reflects the historical situation with most animals being in the south of Gran Canaria and Tenerife and spread more widely over Lanzarote and Fuerteventura where overall numbers are greater than in the two more westerly islands (Figure 1). There is little exchange of animals among the islands.

The greatest number of camels is to be found on Lanzarote. Some 500 head are owned by up to 32 proprietors in the southwest of the island close to Timanfaya National Park. These animals, which constitute a good breeding population (Figure 6), are used in rotation to carry tourists for very short excursions close to the park boundaries. There is one other small group of camels on Lanzarote and one lone animal near Playa Teguisse on the eastern side of the island.

The 400 or so camels at the Oasis Safari Park at Fajita on Fuerteventura see limited use for tourism. This group essentially constitutes, however, the islands' (and Spain's) conservation herd. Although most of the animals here are typically sandy to brown in colour a number of pied animals (Figure 7) indicate the considerable amount of diversity within the group. Other small groups of camels are used for tourism and kept for sentimental reasons ("because my grandfather used them for farm work") complete the camel resource on this island. The use of camels for tourism is more highly developed on Gran Canaria than on the other islands. Three relatively large scale operators own a total of about 460 camels. These are based at Maspalomas on the southeastern coastal dunes and to the northwest on the Fagata road on higher and rockier ground. The major operator here has other camel operations in and strong links with Western Sahara and was the main exporter of stock to mainland Europe before these animals were found to be infected with trypanosomes.

Tenerife has the least number of camels of the four islands there being less than 70 head here. With the exception of two animals in the north three smallish herds are kept on the southern part of the island.

Identification and traceability

There are differing standards of identification and traceability among the islands almost certainly due to the "other" animal status of camels (Gutiérrez, personal knowledge). Thus on Tenerife all camels are required to have individually numbered tags. On Fuerteventura animals are identified by means of ruminal boluses. On the other islands camels are in the process of being tagged and are given an individual number and registered if they are visited and treated for disease by a state veterinary officer. Several owners on one or other of the Islands are interested in identification by microchip but this method is not yet in operation

Animals that die on Tenerife have to be placed in deep pits and covered in quicklime before the hole is refilled with earth: the police have to be informed of the death. On Gran Canaria dead camel carcasses were refrigerated before being shipped to the mainland for incineration (there being no facilities on the island for this operation) but the cost of this operation proved prohibitive and it is now in abeyance.

Acknowledgements

We wish to thank camel owners on all the Canary Islands for their help and for providing detailed information on their stock. Without their cooperation this study would not have been possible.

Literature

1. DAD-IS, 2014, *Domestic Animal Diversity Information System* (DAD-IS). Rome, Food and Agriculture Organization. <http://www.fao.org/dadis/>.
2. Dareste A., 1857, *Rapport sur l'introduction projetée du dromadaire au Brésil*. Bulletin de la Société Impériale Zoologique d'Acclimatation, 4, 190-215.
3. Desquesnes M., Bossard G., Patrel D., Herder S., Patout O., Lepetitcolin E., Thevenon S., Berthier D., Pavlovic D., Brugidou R., Jacquet P., Schelcher F., Faye B., Touratier L. & Cuny G., 2008, First outbreak of *Trypanosoma evansi* in camels in metropolitan France, *Vet. Rec.*, **162**, 23, 750-752.
4. Emmett C., 1932, *Texas camel tales*. San Antonio (Texas), Naylor.
5. Faulk O.B., 1976, *The U.S. Camel Corps: An army experiment*. New York, Oxford University Press.
6. Fernández F. & Morales-Padrón F. 1988, *Canarias y América*. Madrid, Espasa-Calpe.
7. Gras G., 1767, *The History of the Discovery and Conquest of the Canary Islands: translated from a Spanish manuscript, lately found in the Island of Palma. With an enquiry into the origin of the ancient inhabitants. To which is added A Description of the Canary Islands including the Modern History of the Inhabitants and an account of their manners, customs, trade &c.*, London, R. and J. Dodsley and T. Durham.
8. Grunow W., 1961, Entstehung und Einsatz des Kamelreiterkorps der Kaiserl. Schutztruppe für Deutsch-Südwest Afrika (Origins and deployment of the Kaiser's Camelcorps Defence Force in German Southwest Africa), *Mitteilungsblatt Traditionsverbandes ehemaliger Schutz- und Überseetruppen*, **61**, 44-49.
9. Gutierrez C., Desquesnes M., Touratier L. & Büscher P. 2010, *Trypanosoma evansi* recent outbreaks in Europe, *Vet. Parasitol.*, **174**, 26-29.
10. Heingartner D., 2009, *The camel as cow, a cautionary tale*. Cromvoirt Journal 15 September 2009.
11. Legge C.M., 1936, The Arabian and the Bactrian camel, *J. Manchester Geogr. Soc.*, **46**, 21-48.
12. Ligon R., 1657, *A true and exact history of the Island of Barbados*, London.
13. Long E., 1774, *The History of Jamaica*, London, T. Lowndes.
14. Morera M., 1991, *La tradición del camello en Canarias* (Estudios Atlánticos Nº 37). Las Palmas (Spain), Patronato de la Casa de Colón, 167-204.

-
15. Nolte M., 2003, *The genetic characterisation of Camelus dromedarius in southern Africa (MSc Dissertation)*. Pretoria (Republic of South Africa), Faculty of Sciences, Rand Afrikaans University.
 16. Phillipson N.E., 1899,. Camels in Australia, *Proc. Royal Geogr. Soc. Australia*, **3**, 83-92.
 17. Rumeau de Armas A., 1947, *The Canaries and the Atlantic*, Piracy and Naval Attacks.
 18. Schulz U., 2008, *El Camello en Lanzarote*. Lanzarote (Spain), ADERLAN.
 19. Schulz U., Mínguez Y., Checa M.L., García-Atance P., Dunner S., García D. & Cañón J. 2005, The Majorero camel (*Camelus dromedarius*) breed, *Anim. Genet. Res. Info.*, **36**, 61-71.
 20. Schulz U., Tupac-Yupanqui I., Martínez A., Méndez S., Delgado J.V., Gómez M., Dunner S. & Cañón J. 2010, The Canarian camel: A traditional dromedary population, *Diversity*, **2**, 561-571. doi: 10.3390/d2040561.
 21. Tamarit A., Gutierrez C., Arroyo R., Jimenez V., Zagalá G., Bosch I., Sirvent J., Alberola J., Alonso I. & Caballero C. 2010, *Trypanosoma evansi* infection in mainland Spain, *Vet. Parasitol.*, **167**, 74-76.
 22. Wilson R.T., 1984, *The camel*, London, Longman.
-

R.T. Wilson, British, PhD, Independent Consultant in Agriculture and the Environment, Bartridge Partners, United Kingdom.

C. Gutierrez, Spanish, PhD, Professor, University of Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas, Spain.

La réduction de la croissance végétative à forte densité de semis comme stratégie d'adaptation variétale aux semis tardifs en culture cotonnière pluviale au Bénin

E. Sekloka^{1*}, J. Lançon², M. Batamoussi¹ & G. Thomas³

Keywords: Cotton- Sowing date- Density- Variety- Interaction- Yield- Benin

Résumé

Afin d'étudier les effets des facteurs date et densité de semis sur la croissance végétative et le rendement du cotonnier en culture pluviale, quatre essais ont été conduits sur deux sites au Bénin en 2002 et 2003. Un dispositif expérimental en split-split plot avec trois répétitions a été utilisé pour comparer 10 variétés différentes, à trois densités de culture (42.000, 125.000, 167.000 plants.ha⁻¹) et deux dates de semis (juin, juillet/août). La hauteur des plants, le nombre de nœuds par tige, la longueur des branches et le rendement au champ ont été évalués. La date de semis a affecté la morphologie uniquement dans les conditions hydriques limitantes (plants plus courts en semis retardé). Le semis retardé a réduit les rendements de 12% pour la variété précoce et compacte Mar 88-214; contre plus de 30% pour les variétés à fort développement végétatif. Aux fortes densités, tous les génotypes étaient plus courts avec des branches également plus courtes. En semis retardé et à forte densité, Mar 88-214 et Guazuncho 2 ont produit au moins 100 kg.ha⁻¹ de plus que les variétés végétatives; les variétés précoces et compactes semées aux fortes densités conviennent mieux lorsque les conditions hydriques sont limitantes. La densité de semis influence plus nettement la croissance végétative et le rendement du cotonnier que la date de semis.

Summary

Reduced Vegetative Growth at High Planting Density as Varietal Adaptation Strategy for Late Sowing in Rainfed Cotton Cultivation in Benin

To study the effects of the factors sowing date and density on vegetative growth and yield of cotton in rainfed area, four trials were conducted at two sites in Benin in 2002 and 2003. A split-split plot design with three replications was performed to compare 10 different varieties, at three densities (42,000; 125,000; 167,000 plants.ha⁻¹) and, two planting dates (June, July/August). Plant height, number of nodes per stem, branch length and field performance were evaluated. Planting date affected the morphology in limiting water conditions (shorter plants in late sowing). Delayed sowing reduced yields by 12% for early and compact variety Mar 88-214 against more than 30% for varieties with high vegetative development. At high densities, all genotypes were shorter with shorter branches. In delayed planting and high densities, Mar 88-214 and Guazuncho 2 produced at least 100 kg.ha⁻¹ more than the vegetative varieties. Early and compact varieties sown at high densities are more suitable when the water conditions are limiting. Sowing density affects more clearly vegetative growth and yield of cotton than sowing date.

¹Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Département de Production Végétale, Parakou, Bénin.

²Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Afrique orientale et australe, Nairobi, Kenya

³AGROCAMPUS OUEST, Rennes, France

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

Reçu le 3.12.14 et accepté pour publication le 4.02.15.

Introduction

La culture cotonnière est essentiellement pluviale en Afrique de l'ouest et du centre. Les variétés cultivées ont été sélectionnées dans des itinéraires techniques basés sur des dates de semis, des densités et des opérations culturales définies en fonction d'une saison des pluies régulière. Adaptées à ces conditions environnementales et techniques de culture (9, 14), ces variétés ont une forte capacité de floraison, des branches végétatives développées, des entrenœuds longs et des cycles relativement longs de 150 à 170 jours. Lorsqu'elles sont semées dès les premières pluies (de mi-mai à fin juin selon les régions), elles donnent de très bons rendements, si bien que l'amélioration de la productivité de la culture cotonnière à l'échelle de quelques décennies n'est pas contestée (16). Mais depuis une vingtaine d'années, les perturbations climatiques sont devenues plus fréquentes (5). Elles induisent un étalement des dates de semis au-delà des périodes généralement recommandées (19), ce qui joue sur le calendrier cultural. Or, en condition pluviale, tout retard au semis risque de réduire le temps de fonctionnement de la culture et de creuser le décalage entre le pic de minéralisation de la matière organique du sol et les phases critiques de développement du cotonnier. Tous les éléments de l'itinéraire technique, notamment la protection phytosanitaire et surtout les fumures minérales, s'en trouvent modifiés. Les agronomes ont développé de nouveaux itinéraires techniques adaptés aux semis tardifs et caractérisés notamment par une plus forte densité de semis (3, 15). Or, les résultats des études portant sur les effets d'un semis tardif ou de fortes densités sur la croissance végétative des cotonniers ne sont pas toujours concordants (19). Ils varient suivant les conditions climatiques et ne prennent pas suffisamment en compte le facteur variétal (12, 13). Ainsi, on connaît mal le comportement des variétés végétatives africaines dans d'autres itinéraires techniques, si bien qu'on peut se demander si ces types variétaux sont bien adaptés aux itinéraires techniques proposés pour faire face aux changements climatiques.

Ce travail se propose donc d'étudier, dans les conditions pluviales du Bénin, les effets d'une réduction du temps de fonctionnement (semis retardé) et de la forte densité de culture sur la croissance végétative et le rendement de différentes variétés de cotonnier *Gossypium hirsutum* L.

Matériel et méthodes

Les essais ont été conduits au Bénin en 2002 et 2003, sur deux sites d'expérimentation du Centre de Recherche Agricole Coton et Fibres du Bénin (CRA-CF): à Okpara (2°41'E, 9°18'N, 320 m d'altitude) au centre de la zone cotonnière et à Cana (2°5'E, 7°6' N, 89 m d'altitude) au sud. Les sols, pauvres en matières organiques étaient de type ferralitique à Cana (très peu fertile) et ferrugineux tropicaux (fertilité meilleure) à Okpara (Tableau 1). Dans chacun des lieux, les pluviométries et les températures journalières ont été relevées quotidiennement. Pour chaque date de semis, la quantité de pluie utile a été calculée comme le cumul de pluie tombée depuis 10 jours avant la date de semis jusqu'à la fin de la saison (Tableau 2).

Le dispositif expérimental a été un split-split plot à trois répétitions croisant trois facteurs: deux dates de semis en grande parcelle, trois densités de culture en moyenne parcelle, et dix variétés en petites parcelles.

La première date de semis, correspondant aux premières pluies, a pu être réalisée fin juin. La date «retardée», s'est située entre 3 et 5 semaines après la première.

Les trois densités de culture ont été de 42 000 plantes par ha (écartement 0,8 x 0,3 m), 125 000 plantes par ha (0,4 x 0,2 m), 167 000 plantes par ha (0,4 x 0,15 m).

Les dix variétés cultivées ont une morphologie et une longueur de cycle très contrastées. La variété réputée la plus précoce est Mar 88-214 et la plus tardive est Irma A1042. La morphologie est très différente entre la variété Oultan, à port cluster, à entrenœuds et branches fructifères très courts, et les types conventionnels cultivés en Afrique, comme Stam 18 A et Irma A 1042, dont le développement végétatif est beaucoup plus vigoureux (Tableau 3).

Tableau 1

Caractéristiques moyennes des sols de Cana et Okpara pour l'horizon 0-20 cm (année 2002).

Site	pH	Argiles et limons (%)	C total (%)	N total (%)	C/N
Cana	6,2	23,50%	0,94	0,078	12,05
Okpara	-	22,40%	1,43	0,167	8,56

Azontondé et al. (1)

Tableau 2

Date de semis et pluie utile pour les essais conduits à Cana et Okpara.

Site	Saison	Date de semis	Pluviométrie utile (mm) ⁱ
Okpara	2002	26-juin	826
		17-juil.	755
	2003	20-juin	858
		18-juil.	701
Cana	2002	28-juin	499
		2-août	356
	2003	24-juin	406
		24-juil.	461

ⁱQuantité de pluie tombée de 10 jours avant le semis jusqu'à la première récolte.**Tableau 3**

Origine et morphologie des variétés testées.

Variété	Origine	Zone de culture	Précocité	Port
Chaco 520	Argentine	Argentine	Moyenne	Compact
Guazuncho 2	Argentine	Argentine	Moyenne	Compact
H 279-1	Togo – Bénin	Bénin	Tardif	Elancé-arborescent
Irma 772	Cameroun	Sénégal	Tardif	Elancé- branches courtes
Irma A 1042	Cameroun	Cameroun	Tardif	Elancé-arborescent
Mar 88-214	USA	USA	Précoce	Compact-branches courtes
Oultan	Ouzbékistan	Iran	Précoce	Cluster
Rockett	USA	USA	Moyenne	Compact-branches courtes
S 188	Nicaragua	Nicaragua	Tardive	Feuille Okra –arborescent
Stam 18 A	Togo – Bénin	Bénin	Tardive	Elancé-arborescent

Les parcelles élémentaires sont constituées de 3 ou 6 lignes de 6 m, selon les densités, de manière à conserver une surface constante de 14,4 m². Elles sont démarquées à 1 plant par poquet. La fertilisation a été appliquée suivant les recommandations de la vulgarisation: 200 kg/ha d'engrais complet de formule 14-23-14 au semis, et 50 kg/ha d'urée (46% N) à la floraison seulement pour le semis précoce. La protection phytosanitaire a été renforcée pour limiter les chutes d'organes fructifères liées aux attaques d'insectes. Au total, 10 traitements insecticides hebdomadaires ont été réalisés de l'apparition des premières fleurs jusqu'aux premières récoltes. Les deux premiers traitements étaient à base d'endosulfan (2 l/ha), les quatre suivant à l'aide d'un binaire acaricide (cyperméthrine associé à chlorpyrifos-éthyl, 1 l/ha) et les quatre derniers à base d'un binaire aphicide (cyperméthrine associé au diméthoate, 1 l/ha). Les observations ont été réalisées sur les lignes centrales des parcelles élémentaires (2^{ème} ligne pour les parcelles de 3 lignes, 3^{ème} et 4^{ème} lignes pour les parcelles de 6).

La croissance végétative et la productivité des variétés ont été caractérisées par la taille des cotonniers, la longueur des branches et le rendement en coton graine.

La taille des cotonniers a été appréciée par la hauteur de la tige principale (HT) mesurée à partir des nœuds cotylédonaire jusqu'au sommet de la plante ; et le nombre de nœuds (NN) en considérant le nœud cotylédonaire comme étant le niveau zéro. L'occupation de l'espace a été appréciée en mesurant les longueurs des branches les plus longues; il s'agit souvent des 2^{ème} branches pour les branches végétatives (LBV) et des troisièmes pour les branches fructifères (LBF) (8). Les analyses de variance ont été réalisées en utilisant la procédure Mixed du logiciel SAS® (18). Comme les interactions entre facteurs étaient nombreuses, nous avons interprété préférentiellement les effets dont les valeurs de F étaient les plus significatives. Les moyennes ont été comparées à l'aide du test de Tukey-Kramer (21).

Résultats

Effet de la date de semis sur la croissance végétative et le rendement

En retardant le semis d'un mois environ par rapport à la date de semis recommandée, on observe trois fois sur quatre une perte de pluie utile de 70 à 150 mm environ (Tableau 2). Dans ces conditions, toutes les variétés subissent une réduction de taille, un raccourcissement des branches végétatives et une baisse de productivité, les variétés les plus charpentées étant les plus fortement affectées. Les semis retardés ont provoqué une réduction de la taille et du nombre de nœuds de la tige principale pour toutes les variétés plantées à Cana, où les pluies ont été peu abondantes (Tableau 2) et les sols moins fertiles (Tableau 1). A Okprara, ils n'ont significativement affecté que les variétés les plus végétatives, H 279-1, Stam 18 A, Irma A 1042 et S 188 (Figure 1 et Tableau 4).

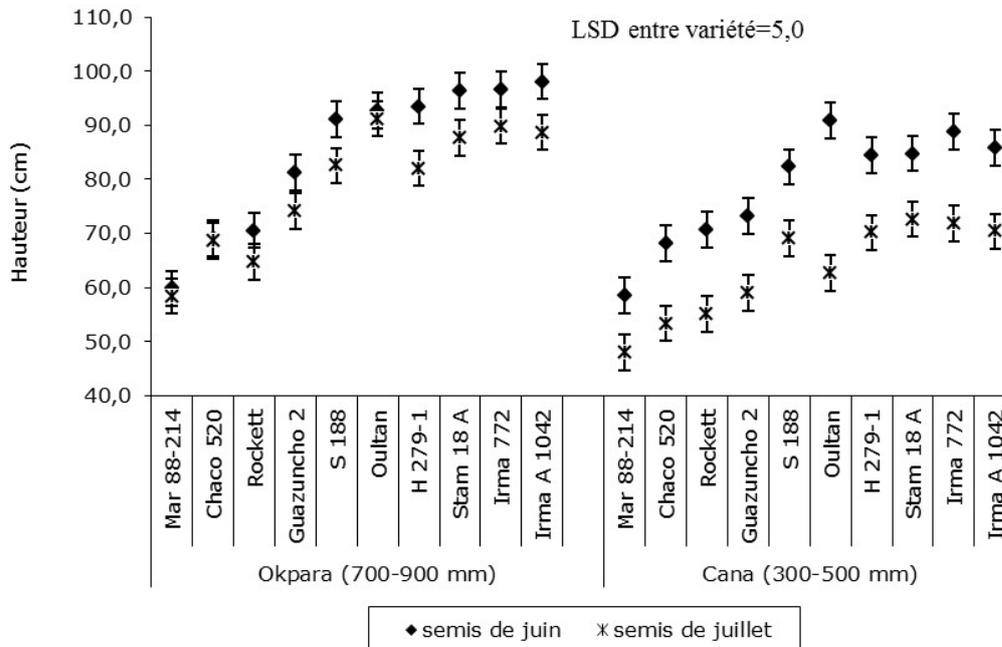
A la plus faible densité, les semis retardés provoquent un raccourcissement des branches végétatives. Les cotonniers semés en juillet ont émis des branches végétatives significativement plus courtes que ceux semés en juin dans les parcelles semées à 42000 plantes par ha, mais pas dans les parcelles semées à 125000 ou 167000 plantes par ha (Figure 2): l'interaction date de semis x densité a été significative ($p=0,04$). La date de semis n'influe pas significativement sur la longueur des branches fructifères ($p=0,12$). Les cotonniers semés en juillet ont eu en moyenne la même longueur de branche fructifère (21,1 cm) que ceux semés en juin (21,8 cm) (LSD=0,9). Les semis retardés réduisent les rendements, mais la réduction est moindre pour les variétés de type précoce et compact (Tableau 5). Voisins de 30%, les écarts de rendement sont nettement plus élevés sur les variétés tardives à grand développement végétatif (S 188, Irma A 1042, Stam 18 A et H 279-1), l'interaction date de semis x variété étant hautement significative ($p<0,0001$). Par ailleurs, en semis retardé, les variétés compactes Mar 88-214 et Guazuncho 2 ont des rendements proches de ceux des variétés cultivées africaines H 279-1 et Stam 18 A (Tableau 5).

Tableau 4

Nombre moyen de nœuds émis par la tige principale selon la date de semis.

Localité	Semis de juin	Semis de juillet
Cana	19,8	16,8
Okpara	15,0	15,0
Moyenne	17,4	15,9

LSD associée à l'interaction Lieu x Date de semis est de 0,66



Les moyennes pour lesquelles les barres d'erreur ne chevauchent pas sont significativement différentes au seuil de 5% suivant le test de Turkey-Kramer.

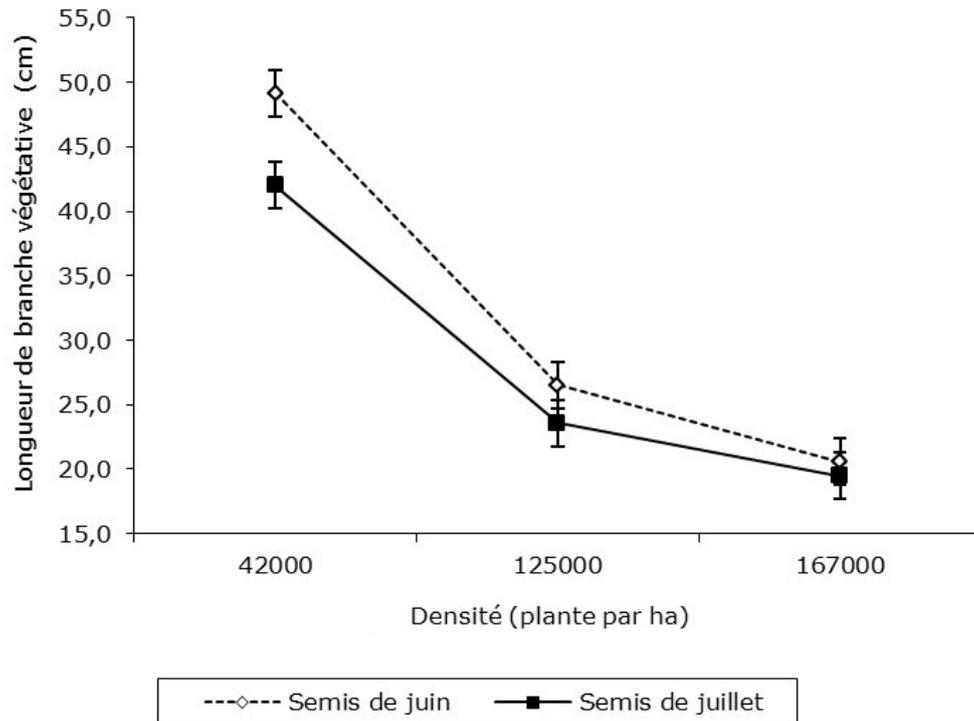
Figure 1: Hauteur moyenne de la tige principale selon la date de semis, la variété et le site.**Tableau 5**

Rendement en coton graine et perte de rendement (en %) lors d'un semis retardé.

Variété	Semis de juin	Semis de juillet	Ecart ¹ %
	kg/ha		
Oultan	1231	1176	-4
Irma 772	1530	1102	-28
Mar 88-214	1539	1350	-12
Rockett	1589	1267	-20
Chaco 520	1621	1190	-27
S 188	1717	1175	-32
Irma A 1042	1826	1227	-33
Guazuncho II	1829	1336	-27
Stam 18 A	1940	1326	-32
H 279-1	2052	1286	-37
Moyenne	1687	1243	-26

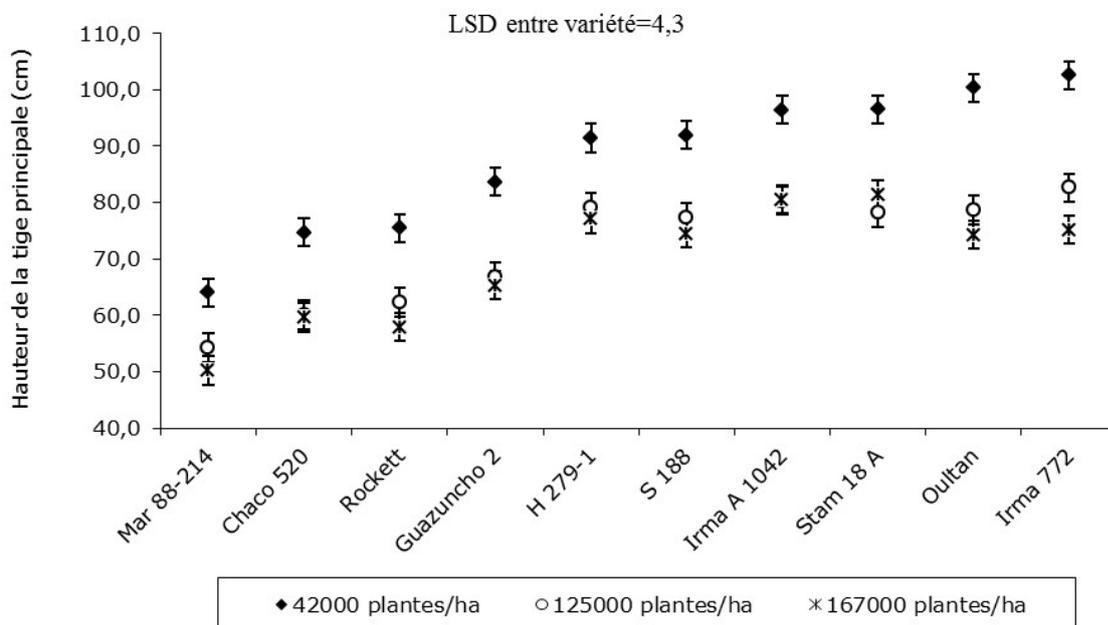
LSD associée aux différences entre date de semis=79,29 ; LSD associée aux différences entre variétés=93,29

¹: (Rendement en semis retardé-rendement en semis de juin) exprimé en pourcentage du rendement en semis de juin.



Les moyennes pour lesquelles les barres d'erreur ne chevauchent pas sont significativement différentes au seuil de 5% suivant le test de Turkey-Kramer.

Figure 2: Longueur de branche végétative (cm) selon la date de semis et la densité.



Les moyennes pour lesquelles les barres d'erreur ne chevauchent pas sont significativement différentes au seuil de 5% suivant le test de Turkey-Kramer

Figure 3: Hauteur moyenne de la tige principale en fonction de la densité pour 10 variétés.

Tableau 6

Rendement en coton graine en fonction de la densité de semis.

Variété	Densité (plantes/ha)			Ecart ¹ (%)
	42000	125000	167000	
	<i>kg/ha</i>			
Oultan	1157	1251	1203	+6
Chaco 520	1288	1445	1483	+14
Mar 88-214	1306	1528	1499	+16
S 188	1331	1510	1497	+13
Rockett	1334	1443	1507	+11
Irma 772	1370	1295	1283	-6
Irma A 1042	1511	1532	1537	+2
Guazuncho II	1524	1575	1649	+6
H 279-1	1603	1748	1655	+6
Stam 18 A	1643	1625	1630	-1
Moyenne	1407	1495	1494	+6

¹: Moyenne des rendements à 125000 et 167000 plantes par ha moins le rendement à 42000 plantes par ha (exprimé en pourcentage du rendement à 42000 plantes par ha)

LSD associée aux différences entre densités=143,14 ; LSD associée aux différences entre variétés=114,26

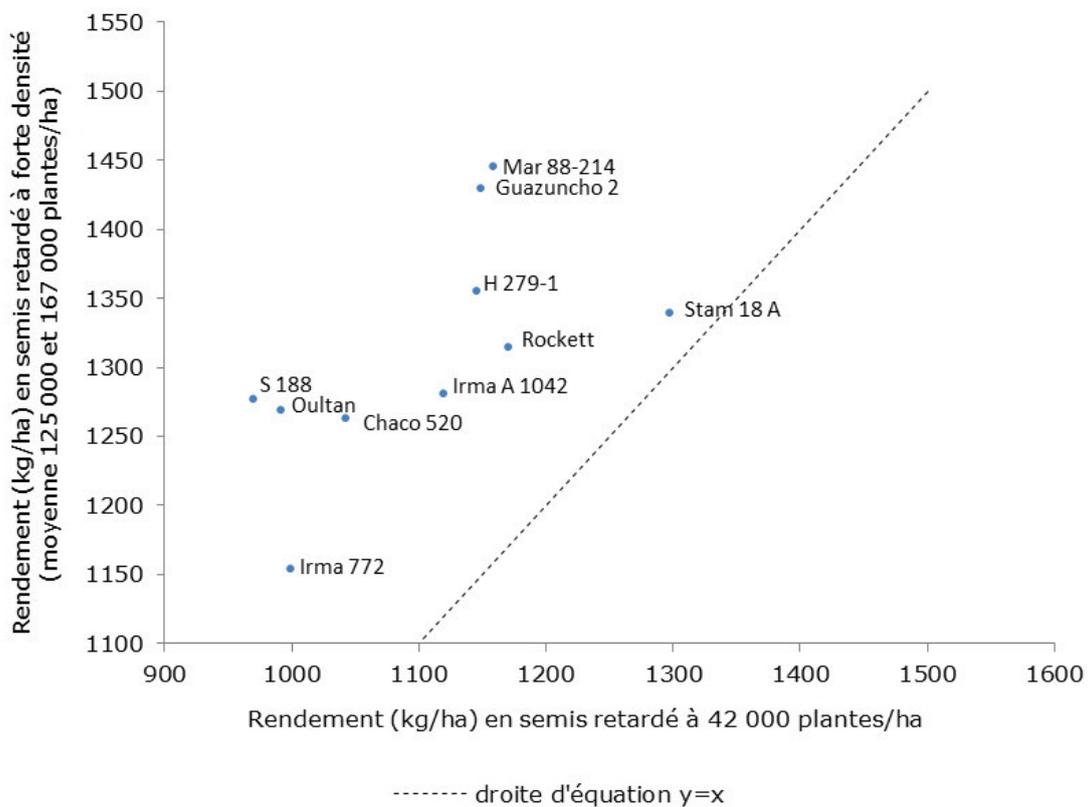


Figure 4: Rendements de 10 variétés en semis retardé: forte vs faible densité.

Effet de la densité de plantation sur la croissance végétative et le rendement

Les fortes densités induisent une réduction des paramètres de croissance végétative (taille des plants et longueur des branches végétatives) et une amélioration du rendement en coton-graine en semis retardé.

Toutes les variétés sont plus courtes à 125000 et 167000 plantes par ha qu'à 42000 plantes par ha, mais on n'observe pas de différence significative entre les deux plus fortes densités (Figure 3). Les écarts de hauteur sont plus importants pour les variétés Oultan et Irma 772, l'interaction densité x variété étant hautement significative ($p < 0,0001$). Les fortes densités réduisent le nombre de nœuds de la tige principale. En moyenne, les tiges ont émis 18,3 nœuds à 42000 plantes par ha contre 16,0 à 125000 plantes par ha et 15,6 à 167000 plantes par ha (LSD=0,2), l'effet densité étant hautement significatif ($p < 0,0001$).

Aux deux dates de semis, les branches végétatives sont significativement plus courtes ($p < 0,0001$) aux fortes densités (Figure 2).

Les branches fructifères sont également plus courtes aux plus fortes densités de culture. Elles mesurent en moyenne 30,4 cm, 17,7 cm et 16,3 cm (LSD=1,4) respectivement à 42000, 125000 et 167000 plantes par ha ($p < 0,0001$).

Les variétés végétatives et tardives, Stam 18 A, H 279-1 ou Irma A 1042 ont été globalement les plus productives, avec la variété de précocité intermédiaire et compacte Guazuncho 2.

Néanmoins, les variétés précoces et compactes Chaco 520, Mar 88-214, Rockett, ainsi que la variété Okra S 188 ont davantage mis à profit l'augmentation de la densité, et tout particulièrement en condition de semis retardé. En moyenne, elles ont enregistré environ 15% d'augmentation de rendement contre 0 à 5% pour les variétés tardives à grand développement végétatif telles que H279-1, Irma A 1042 ou Stam 18 A (Tableau 6). En semis retardé, Mar 88-214 s'est même montré la plus productive à forte densité (Figure 4).

Discussion

En abordant les interactions entre date de semis, densité et variété, ce travail contribue à la valorisation de types variétaux compacts et précoces en culture cotonnière au Bénin, et plus particulièrement dans les parties sud et centre du bassin cotonnier.

Effet de la date de semis

Nos résultats confirment d'abord, pour le Bénin, que la date de semis modifie la morphologie du cotonnier si elle est associée à une forte contrainte hydrique. La croissance végétative des plants est alors plus faible en semis retardé. En revanche, si le facteur hydrique n'est pas limitant, la taille finale des cotonniers n'est pas affectée, comme on a pu le montrer dans des conditions irriguées en Grèce (4). Nos résultats confirment par ailleurs que les semis retardés de cultures pluviales réduisent le rendement au champ, ainsi que de nombreux travaux l'ont précédemment établi (2, 4, 6, 17, 20, 21). Les cotonniers semés tardivement ne bénéficient pas du pic de minéralisation de la matière organique du sol, qui se produit au début de la saison des pluies. De plus, la fenêtre favorable à la floraison étant raccourcie, ils produisent moins de fleurs, moins de capsules et celles-ci sont plus petites (4). Les variétés Oultan, Mar 88-124, Chaco 520, Rockett et Guazuncho 2, qui sont des variétés précoces et à port plutôt compact (19, 20), se comportent mieux en semis tardif. En condition irriguée, d'autres études ont également mis en évidence l'avantage des types précoces et compacts, que ce soit en culture de pleine saison (17) ou en culture dérobée après un blé (22).

Effet de la densité

Les fortes densités favorisent une exploitation plus rapide des ressources (eau, nutriments et lumière) tout en exacerbant les effets de compétition. Nos résultats sont globalement en accord avec ceux des études conduites en condition « ultra narrow row » par exemple: les cotonniers semés à très fortes

densités sont plus courts et développent moins de nœuds sur la tige principale que ceux cultivés aux densités plus faibles (10, 11), tout particulièrement les cotonniers élancés à croissance indéterminée (12).

Ils ont également des branches fructifères et végétatives plus courtes (8, 10, 11). La compétition pour les ressources du sol, la lumière et l'occupation de l'espace est accentuée à ces écartements (12). Ainsi, les variétés compactes et précoces, plus efficaces lorsque les ressources sont limitées, notamment parce qu'elles allouent davantage de biomasse aux puits reproducteurs (13), sont-elles plus adaptées aux fortes densités, plus particulièrement en semis retardé (19; 20). Lorsque l'eau n'est pas un facteur très limitant, Hau et Goebel (8) ont montré qu'il n'y a plus de corrélation négative entre taille et densité en deçà de 50000 plantes par ha.

Conclusion

Dans les conditions pluviales de culture du cotonnier au Bénin, la date de semis influence faiblement la morphologie des variétés : les semis retardés (réalisés en juillet ou début août) affectent très peu la taille des plantes ou la longueur des branches. Mais la hauteur des plantes est réduite en situations de culture plus marginales, au sud du pays, caractérisé par des sols ferrallitiques et des pluviométries utiles plus faibles. En revanche, les rendements sont partout affectés. Leur baisse est plus prononcée pour les variétés à cycle indéterminé et à grand développement végétatif que pour les variétés compactes à cycle déterminé. La densité a nettement plus d'effet sur la morphologie des cotonniers que la date de semis. Aux fortes densités, tous les génotypes ont une végétation réduite (taille de plant et longueur de branches plus courtes).

Dans ces conditions combinées, de culture pluviale, de semis retardé et de densité plus forte, les phénotypes à cycle déterminé et à port compact peuvent être des atouts pour limiter l'impact négatif de pluies tardives et peu abondantes.

Références bibliographiques

1. Azontondé A., Igué M. & Dagbénombakin G., 2009, *Carte de fertilité des sols du Bénin par zone agro-écologique du Bénin*, Rapport de consultation pour le compte d'Afrique Etude, Cotonou, Bénin, 128.
2. Crawley S., Coskrey A., Baugh T. & Lege K., 2004, *Planting date effect on variety performance in the coastal plains in south Carolina, 2047-2047*, in National Cotton Council (Edition) Proc. Belt. Cot. Conf., Memphis, TN (USA).
3. Fadégnon B., 2000, *Effet de la combinaison de forte densité avec un régulateur de croissance sur le rendement du coton*, 231-235, in INRAB (Edition), Acte de l'atelier scientifique du CRA Sud, Cotonou, Bénin, 429.
4. Galanopoulou-Sendouka S., Sficas A.G., Fotiadis N.A., Gagianas A.A. & Gerakis P.A., 1980, *Effet of Population Density, Planting Date, and Génotype on Plant Growth and Development of Cotton*, *Agro. J.*, **72**, 347-353.
5. Gerardeaux F., Fadégnon B., 2010, *Analyse fréquentielle de la pluviométrie dans le Zou et les Collines: le cas de Savalou*, Rapport d'étude, PARCOB/INRAB, 2.
6. Gormus O., Yucel C., 2002, *Different planting date and potassium fertility effects on cotton yield and fiber properties in the çukurova region, Turkey*, *Field Crop Res.*, **78**, 141-149.
7. Hau B., Goebel S., 1987, *Modifications du comportement du cotonnier en fonction de l'environnement: 2. Evolution des paramètres de productivité de neuf variétés semées à trois écartements*, *Coton Fibres Tropicales*, **XLII**, 117-122.
8. Hau B., Goebel L.S., 1986, *Modifications du comportement du cotonnier en fonction de l'environnement: 1. Evolution de l'architecture de 9 variétés semées à trois écartements*, *Coton Fibres Tropicales*, **XLI**, 165-173.

9. Hau B., Lançon J., Dessauw D., 2001, *Cotton*, 153-176. In: A. Charrier, Editions Quae, CIRAD, Tropical plant breeding, Montpellier, France, 569.
10. Jost P., Cothren J.T., 2000, Growth and yield comparisons of cotton planted in conventional and ultra-narrow row spacing, *Crop Sci.*, **40**, 430-435.
11. Jost P. & Cothren J.T., 2001, Phenotypic alterations and crop maturity differences in ultra-narrow row and conventionally spaced cotton, *Crop Sci.*, **41**, 1150-1159.
12. Kerby T., Cassman K. & Keeley M., 1990, Genotypes and Plant Densities for Narrow-row Cotton Systems: I. Height, Nodes, Earliness, and Location of Yield, *Crop Sci.*, **30**, 644-649.
13. Kerby T., Cassman K. & Keeley M., 1990, Genotypes and Plant Densities for Narrow-row Cotton Systems: II. Leaf Area and Dry-Matter Partitioning, *Crop Sci.*, **30**, 649-653.
14. Lançon J., Chanselme J. L. & Klassou C., 1990, Bilan du progrès génétique réalisé par la recherche cotonnière au Nord Cameroun de 1960 à 1988, *Coton Fibres Trop.*, **45**, 2, 145-167.
15. Lançon J., Wery J., Rapidel B., Angokaye M., Gérardeau E., Gaborel C., Ballo D. & Fadegnon B., 2007, An improved methodology for integrated crop management systems, *Agron. Sustainable Development*, **27**, 101-110.
16. Meritan M., Chanselme J.L., Lançon J. & Klassou C., 1993, *L'amélioration du cotonnier au Cameroun*. CIRAD, Montpellier, France, 57.
17. Porter P.M., Sullivan M.J. & Harvey L.H., 1995, *Cotton variety by planting date interaction in the southeast*, 516-521, in National Cotton Council (Editors), Proc. Belt. Cot. Conf, Memphis, TN (USA).
18. SAS-Institute, 1988, *SAS/STAT user's guide*, Release 6.03 Editions. SAS Institute, Inc., Cary (USA).
19. Sekloka E., 2006, *Amélioration de l'efficacité de la sélection pour le rendement en coton graine du cotonnier Gossypium hirsutum L. dans un contexte de nouveaux itinéraires techniques*. Thèse de doctorat, ENSA Rennes, France, 142.
20. Sekloka E., Lançon J., Gozé E., Hau B., Lewicki S. & Thomas G., 2008, Breeding new cotton varieties to fit the diversity of cropping conditions in Africa—Effect of plant architecture, earliness and effective flowering time on late-planted cotton productivity, *Expl Agric.*, **44**, 197-207.
21. Tukey-Kramer, C.Y., 1956, Extension of multiple range tests to group means with unequal numbers of replications, *Biometrics*, **12**, 309-310.
22. Wayne Smith C.W. & Varvil J.J., 1982, Double cropping cotton and wheat, *Agro. J.*, **74**, 862-865.

E. Sekloka, Béninois, PhD, Maître assistant CAMES, Faculté d'Agronomie, Département de Production Végétale, Université de Parakou, Parakou, Bénin.

J. Lançon, Français, PhD, Directeur Régional pour l'Afrique orientale et australe, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Nairobi, Kenya.

M. Batamoussi, Béninois, PhD, Maître assistant CAMES, Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Département de Production Végétale, Parakou, Bénin.

G. Thomas, Français, PhD, Professeur, Directeur AGROCAMPUS OUEST, Rennes, France.

Etude des possibilités de production de *Jatropha curcas* L. dans un couvert permanent de *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz en association avec le maïs (*Zea mays* L.) et le soja (*Glycine max* (L.) Merr.) dans les conditions du Plateau des Batéké à Kinshasa

J.D. Minengu^{1*}, P. Mobambo¹ & G. Mergeai²

Keywords: *Jatropha*- Food crops- *Stylosanthes*- Yield- Kinshasa- DR Congo

Résumé

Une expérience a été réalisée entre juillet 2009 et fin décembre 2012 sur le Plateau des Batéké à proximité de Kinshasa en vue d'évaluer l'impact de l'association de *Jatropha curcas* L. avec des cultures vivrières à cycle court (maïs *Zea mays* L. et soja *Glycine max* (L.) Merr.) dans un couvert permanent de *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz. Les treize objets comparés se composaient de la rotation maïs – maïs – soja en culture pure et de douze objets avec *J. curcas* combinant: (1) la culture de *J. curcas* en pur ou en association avec *S. guianensis*, (2) trois densités de plantation de *J. curcas* (3 333, 2 500, ou 1 667 arbustes ha⁻¹) et (3) l'association ou non de *J. curcas* avec une culture annuelle à cycle court (rotation maïs - maïs, soja). Le développement végétatif et le rendement des cultures vivrières et de *J. curcas* ont été plus élevés dans les parcelles avec couverture permanente de *S. guianensis*. Le rendement le plus élevé de *J. curcas* en 3^{ème} année de production (récoltes de juillet et de décembre 2012) était de 409,4±13,2 kg de graines sèches ha⁻¹ dans les parcelles avec *S. guianensis* et de 289,6±8,1 kg ha⁻¹ dans les parcelles sans couverture végétale permanente. La gravité des dégâts des insectes ravageurs sur *J. curcas* a été plus élevée en culture pure (>60%) qu'en association culturale (<45%). La culture de *J. curcas* dans un couvert permanent de *S. guianensis* en association avec des cultures de maïs et de soja permet d'assurer à la fois un bon développement des arbustes et des rendements intéressants des cultures vivrières pendant les premières années qui suivent l'installation de la plantation. Au cours de cette phase, la densité de plantation optimale est de 2 500 arbustes ha⁻¹.

Summary

Study of the Production Possibilities of *Jatropha curcas* L. in Permanent Cover of *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz in Association with Maize (*Zea mays* L.) and Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) under the Conditions of the Batéké Plateau in Kinshasa

An experiment was carried out between July 2009 and December 2012 on the Batéké Plateau near Kinshasa to assess the impact of the intercropping of *Jatropha curcas* L. with short-cycle food crops (maize *Zea mays* L. and soybeans *Glycine max* (L.) Merr.) in a permanent cover of *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz. The thirteen compared treatments consisted in the rotation corn – corn – soybean in pure stand and twelve combinations involving the cultivation of *J. curcas*: (1) *J. curcas* in sole crop or in association with *S. guianensis*, (2) three *J. curcas* planting densities (3 333, 2 500, or 1 667 shrubs ha⁻¹) and (3) *J. curcas* sole cropped or associated with a short-cycle annual crop (rotation corn - corn, soybean). Vegetative development and seed yield of food crops and *J. curcas* were higher in plots with permanent *S. guianensis* cover. The highest mean yield of *J. curcas* in the 3rd year of production (harvests of July and December 2012) was 409.4±13.2 kg ha⁻¹ dry seeds in plots with *S. guianensis* cover and 289.6±8.1 kg ha⁻¹ in plots without mulch. The gravity of the damage of insect pests on *J. curcas* was higher in sole cropping (>60%) than in intercropping (<45%). The cultivation of *J. curcas* in a permanent cover of *S. guianensis* in intercropping with maize and soybean ensures both a good development of *J. curcas* plants and attractive yields of annual food crops in

¹Université de Kinshasa, Faculté des Sciences Agronomiques, Kinshasa, RD Congo.

²Université de Liège, Gembloux Agro-BioTech, Laboratoire d'Agro-écologie Tropicale et Horticulture, Gembloux, Belgique.

*Auteur correspondant: E-mail: jminengum@yahoo.fr

the early years following the installation of the plantation. During this phase, the optimum planting density is 2 500 shrubs ha⁻¹.

Introduction

Au cours de ces dernières années, une attention considérable a été accordée à la culture de *Jatropha curcas* L. en tant que source de matière première pour la production d'agrocarburants (16). Une demi-douzaine de plantations de *J. curcas* ont été mises en place dans la partie rurale de Kinshasa sur des sols très peu fertiles. Les faibles rendements obtenus, le coût très élevé des intrants (engrais et insecticides) et les faibles quantités de graines récoltées par journée de travail sont les principales causes du faible revenu généré par la culture pure de *J. curcas* dans la région (18). Aucun produit comestible n'est actuellement obtenu avec les variétés de *J. curcas* cultivées en RDC, et l'extension de sa culture pure sur de grandes surfaces peut constituer une menace pour la sécurité alimentaire des populations. De plus, plusieurs auteurs ont constaté que la durée nécessaire avant l'entrée en pleine production de *J. curcas* était supérieure à 5 ans (2, 13, 26). L'absence de revenu pendant une période aussi longue n'étant pas envisageable pour la grande majorité des petits planteurs, la culture de plantes vivrières à cycle court dans les interlignes de *J. curcas* est souvent pratiquée dans d'autres parties du monde (10, 25). Les associations culturales les plus fréquemment observées sur le Plateau des Batéké à Kinshasa sont manioc (*Manihot esculenta* Crantz) – maïs, manioc – soja (*Glycine max* (L.) Merr.), maïs – arachide (*Arachis hypogaea* L.) et manioc – niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Parmi ces cultures, le manioc est sensible à certains des bioagresseurs qui s'attaquent aux plantes de *J. curcas* (maladies virales, cochenilles) et ne convient donc pas à la culture associée avec ce dernier (11). Après le manioc, le maïs est la principale denrée alimentaire produite en République Démocratique du Congo (RDC), et sa culture est principalement réalisée par des exploitations paysannes de très petite taille, centrées sur la sécurité alimentaire familiale (8).

Le niébé, l'arachide et le soja sont des cultures très importantes au point de vue nutritionnel du fait de leur teneur élevée en protéines. Grâce à leur capacité de fixer l'azote atmosphérique via la symbiose rhizobienne, elles sont également importantes pour la durabilité des systèmes de production où elles entrent dans de nombreuses associations ou rotations culturales (8). La sédentarisation de l'agriculture par l'abandon de la jachère s'accompagne souvent d'une diminution de la fertilité des sols sous les tropiques et plus particulièrement dans les zones humides (12). Le déclin rapide de la fertilité des sols du Plateau des Batéké est provoqué par une fertilité initiale déjà très faible, une décomposition rapide de la matière organique et le lessivage des éléments nutritifs provoqués par des précipitations intenses. La culture de différentes spéculations annuelles (manioc, riz, maïs) sans travail du sol, en semis direct dans un couvert végétal permanent de *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz (ci-après dénommé *Stylo*) a permis d'améliorer la fertilité de sols très pauvres et acides dans des régions de moyenne altitude à Madagascar (14). Dans ce système, le rôle du couvert de *Stylo* est de produire une biomasse destinée à protéger le sol en permanence et à empêcher la lixiviation des éléments nutritifs hors de portée des racines des plantes cultivées en les remontant continuellement vers l'horizon supérieur du substrat. De manière à maintenir un tapis de végétation protectrice en surface, le semis des cultures commerciales s'effectue directement sans travailler le sol. Dans toute association culturale, la disposition et la densité des plantes des espèces cultivées conjointement doivent tenir compte des exigences de chaque espèce végétale afin de réduire la compétition entre les composantes (9). Il y a peu d'informations scientifiques sur les impacts de l'association de *J. curcas* avec les cultures vivrières à cycle court sur couvert permanent d'une légumineuse.

L'objectif de la présente recherche est d'évaluer les possibilités de production de cultures vivrières traditionnelles de la région (maïs et soja) en culture continue dans un couvert permanent du sol avec *S. guianensis* et en association avec la culture de *J. curcas*.

Matériel et méthodes

Site d'étude

L'étude a été réalisée à Mbankana (4°47' de latitude Sud, 16°12' de longitude Est et à 684 m d'altitude). L'essai a été installé sur défrichement d'une jachère de six ans dans un sol très pauvre, constitué de 94,2% de sable et de 1,1% d'humus. Le climat est de type AW₄ selon la classification de Köppen. Ce climat tropical humide se distingue par une saison des pluies s'étendant de la mi-septembre à la mi-mai qui est subdivisée en deux saisons culturales (A et B) séparées, de la mi-janvier à la mi-mars, par une petite saison sèche. La grande saison sèche dure, quant à elle, quatre mois, de la mi-mai à la mi-septembre (6). Les relevés climatiques de la zone d'étude (Mbankana) pour la période 2009-2012 fournis par l'Agence Nationale de Météorologie et de Télédétection par Satellite (METELSAT) de la RDC sont repris au tableau 1.

Les formations végétales du Plateau des Batéké se composent principalement de savanes arbustives alternant avec des savanes herbeuses (26).

Tableau 1

Relevés climatiques pour la période 2009-2012.

Années	Température moyenne/an (°C)	Pluviométrie (mm)/an	Humidité relative moyenne/an (%)
2009	25,4	1647,1	84,6
2010	24,8	1290,7	80,6
2011	24,7	2078	82
2012	25,2	1383,6	81,4

Source : METELSAT-RDC

Matériel végétal

Les plantes de *J. curcas* installées proviennent de graines récoltées sur un arbuste subspontané de la province du Kasai occidental. La plantation en plein champ a été précédée par une phase de culture en pépinière pendant 3 mois (du 8 juillet au 13 octobre 2009). La couverture permanente du sol a été réalisée avec la variété 202cc de *S. guianensis*.

Les semences de maïs et de soja, provenant de populations locales du Plateau des Batéké, ont été utilisées pour réaliser les cultures intercalaires.

Méthodes

Plantation

Les plantes de *J. curcas* ont été mises en place le 15 octobre 2009, au début de la saison culturale A (grande saison des pluies qui va de septembre à décembre) aux densités de 3 333, 2 500 et 1 667 arbustes ha⁻¹ (écartements de 2 m x 1,5 m; 2 m x 2 m; 3 m x 2 m) sur un terrain préalablement labouré et hersé. L'essai a été installé selon un dispositif expérimental en blocs complets randomisés (blocs de Fisher) avec 13 objets répétés trois fois. Chaque parcelle élémentaire avait une superficie de 48 m² (8 m x 6 m) et était séparée de ses voisines par une distance de 3 m. *Stylosanthes guianensis* a été semé le 17 novembre 2009 dans les interlignes de *J. curcas* à l'écartement de 30 cm x 30 cm. Les cultures de maïs et de soja ont été semées chaque année en saison A (1^{ère} semaine du mois d'octobre) à partir de 2010 entre les lignes de *J. curcas* respectivement aux écartements de 0,50 m x 0,50 m et 0,30 m x 0,30 m. Les densités de semis du maïs et du soja en association avec *J. curcas* et en culture pure sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2

Densité du maïs et du soja.

Parcelle	Densité maïs (plants ha ⁻¹)	Densité soja (plants ha ⁻¹)
De 3 333 plants <i>Jatropha</i> ha ⁻¹	40 200	83 500
De 2 500 plants <i>Jatropha</i> ha ⁻¹	40 200	83 500
De 1 667 plants <i>Jatropha</i> ha ⁻¹	41 580	88 176
Plante vivrière	50 000	111 111

Entretien de la plantation

Trois tailles ont été réalisées en saison sèche (août) sur les plantes de *J. curcas* à raison d'une taille an⁻¹. La première taille a consisté à pincer la tige principale pour favoriser le débourrement des bourgeons latéraux. Les deux tailles suivantes ont consisté à couper les branches formées à 10 cm de leur sommet pour former de nouvelles ramifications.

Les plantes de *S. guianensis* ont été recepées afin de limiter la concurrence qu'elles exercent vis-à-vis des plantes de *J. curcas* tout en maintenant un couvert végétal sur le sol.

Pour permettre la réinstallation de *S. guianensis* par semis naturel, un seul recepage de la plante a été réalisé au cours de la première année de culture, en août 2010 (8 mois après le semis). A partir de cette date, *S. guianensis* a été rabattu tous les quatre mois. Avant le démarrage de la grande saison sèche, un paillis issu du rabattage de *S. guianensis* est appliqué au pied de chaque arbuste pour améliorer l'économie en eau du sol. Trois traitements au diméthoate (E.C. 40%, 1 litre ha⁻¹ à chaque pulvérisation) ont été appliqués lors de la première année de culture (respectivement en février, juin et septembre). En vue d'évaluer l'impact de l'association culturale sur la gravité des dégâts des insectes ravageurs sur *J. curcas*, un seul traitement insecticide a été appliqué chaque année au mois de septembre à partir de 2011. L'installation de *S. guianensis* a empêché le développement des adventices (*Digitaria* sp., *Imperata cylindrica* (L.) P. Beauv., *Cynodon dactylon* L., etc.) dans les parcelles où il était semé, et les sarclages (3 fois an⁻¹) ont été réalisés seulement dans les parcelles sans *Stylo*.

Objets testés

Les objets ou traitements testés au cours de l'essai sont : T1: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T2: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T3: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T4: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T5: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T6: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T7: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹), T8: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹), T9: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹), T10: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T11: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T12: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T13: plante vivrière.

Observations

Les observations ont porté sur les paramètres végétatifs et sur les composantes du rendement de *J. curcas* ainsi que des cultures vivrières.

Le diamètre au collet, la hauteur des plantes et le nombre de ramifications de *J. curcas* ont été mesurés en décembre 2012 sur toutes les plantes de chaque parcelle. La gravité des attaques des insectes ravageurs a été évaluée en calculant la proportion de feuilles présentant des dégâts. Ce sont les feuilles de la 3^{ème} branche à partir du collet de cinq plantes de chaque parcelle choisies au hasard qui ont servi pour évaluer la gravité. L'évaluation a été effectuée pendant la période de culture des plantes vivrières (d'octobre à décembre) de 2010 à 2012. Le rendement ha⁻¹ en graines sèches de *J. curcas* a été estimé à partir de la production de l'ensemble des plantes de chaque parcelle élémentaire. *J. curcas* a commencé à produire dès la saison B (petite saison des pluies qui va de mars à mai) qui a suivi sa mise en place. Un pic de production étant observé par saison culturale, les données annuelles de rendement présentées concernent respectivement les saisons B et A (A: grande saison des pluies qui va de septembre à décembre) des années 2010, 2011 et 2012. Pour les cultures vivrières, le développement végétatif (diamètre au collet et hauteur) a été mesuré sur toutes les plantes de chaque parcelle et le rendement a été évalué à partir de la production de toute la parcelle. Le *Stylo* a été coupé à la cisaille au niveau de placettes de 1 m² de superficie, le poids total a été pesé et un échantillon de 300 g a été prélevé à chaque recepage puis amené au laboratoire pour l'évaluation à l'étuve de la matière sèche (MS).

Traitement et analyse des données

Le traitement et l'analyse statistique des données obtenues ont été réalisés avec Excel 2010 et Minitab 16. Le test de la plus petite différence significative au seuil de probabilité de 5% a été utilisé pour la comparaison des moyennes des traitements. Le «Land Equivalent Ratio» de chaque association culturale comparée a été calculé selon la méthode proposée par Mead et Willey (17), en tenant compte des rendements annuels des cultures en pur et en association. Le Taux de Surface Equivalente (TSE) appelé Land Equivalency Ratio (LER) en anglais, permet de comparer l'efficacité biologique des associations culturales à celle des cultures pures.

Résultats et discussion

Développement végétatif de *J. curcas*

L'analyse de la variance a montré des différences significatives entre les traitements appliqués ($P < 0,05$). En 3^{ème} année de culture, les plantes de *J. curcas* installées sur couvert permanent de *S. guianensis* présentaient des valeurs moyennes significativement plus élevées que les autres pour les trois paramètres considérés pour caractériser le développement végétatif (tableau 3).

En cas d'association avec *S. guianensis*, avec ou sans présence de cultures annuelles, les plantes de *J. curcas* installées à la densité de 3333 plantes ha⁻¹ (2 m x 1,5 m) étaient en moyenne plus petites et moins ramifiées que celles plantées à raison de 1 667 plantes ha⁻¹ (3 m x 3 m). Les différences observées n'étaient cependant significatives ($P < 0,05$) qu'entre les densités les plus élevées (T1 et T4) vis-à-vis de l'objet T3 (1 667 plantes ha⁻¹ + *Stylo*). La ramification observée chez *J. curcas* cultivé dans un couvert permanent de *S. guianensis*

a varié entre 21,9±3,0 et 28,1±5,3 branches arbuste⁻¹. Par contre, les plantes des parcelles sans couvert végétal permanent ont présenté un niveau de ramification qui n'a pas dépassé les 20 branches arbuste⁻¹. La hauteur des plantes n'a pas atteint les 2 m, que ce soit dans les parcelles avec ou sans *Stylo*. L'effet bénéfique du couvert de *S. guianensis* peut s'expliquer par la quantité d'azote (70 à 200 kg ha⁻¹) qu'il apporte au sol (14) et par le rôle protecteur joué par son paillis (14). On peut donc en déduire que l'azote libéré par *S. guianensis* était à dominance ammoniacale (NH₄), favorisant ainsi l'enracinement ainsi que la ramification de la partie aérienne. Kwetche Sop et al. (14) ont observé un faible développement végétatif de *J. curcas* sur un sol dégradé au Burkina Faso et une amélioration de croissance a été enregistrée avec l'apport de la matière organique. Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par Ariza-Montobbio et al. (3) et Chandra Pandeya et al., (7) en Inde qui montrent que la croissance de *J. curcas* sur sol pauvre est généralement faible.

Tableau 3

Développement végétatif de *J. curcas* à 42 mois.

Traitements	Diamètre (cm)	Hauteur (m)	Ramifications
T1	8,9±0,8 ^a	1,4±0,2 ^{bc}	26,1±3,7 ^{ab}
T2	9,2±0,6 ^a	1,5±0,3 ^{ab}	25,2±3,5 ^{abc}
T3	9,2±0,4 ^a	1,6±0,3 ^a	28,1±5,3 ^a
T4	8,6±0,3 ^a	1,4±0,3 ^{bc}	21,9±3,0 ^{bcd}
T5	9,2±0,5 ^a	1,5±0,4 ^{abc}	26,1±4,9 ^{ab}
T6	9,1±0,6 ^a	1,5±0,1 ^{ab}	27,1±6,9 ^{ab}
T7	7,6±0,4 ^b	1,4±0,3 ^{bc}	20,3±5,2 ^{cd}
T8	7,7±0,2 ^b	1,5±0,1 ^{abc}	20,2±6,4 ^{cd}
T9	7,8±0,1 ^b	1,3±0,1 ^c	19,7±6,8 ^d
T10	7,6±0,5 ^b	1,3±0,3 ^c	18,5±2,0 ^d
T11	7,8±0,4 ^b	1,4±0,1 ^{bc}	17,9±4,70 ^d
T12	7,7±0,2 ^b	1,3±0,4 ^c	19,1±4,24 ^d
T12	7,8±0,1 ^b	1,3±0,1 ^c	19,7±6,8 ^d

Légende: T1: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T2: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T3: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T4: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T5: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T6: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T7: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹), T8: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹), T9: *Jatropha* (1667 plants ha⁻¹), T10: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T11: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T12: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + plante vivrière.

Les résultats sont présentés sous forme de moyennes ± écart types des moyennes. Les valeurs affectées d'une même lettre en exposant sur la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5%.

Tableau 4Développement végétatif des plantes vivrières associées à la culture de *J. curcas*.

Traitements	Développement végétatif du maïs en saison A 2010		Développement végétatif du maïs en saison A 2011		Développement végétatif du Soja en saison A 2012	
	Diamètre au collet (cm)	Hauteur (m)	Diamètre au collet (cm)	Hauteur (m)	Diamètre au collet (cm)	Hauteur (m)
T1	-	-	-	-	-	-
T2	-	-	-	-	-	-
T3	-	-	-	-	-	-
T4	-	-	3,8±0,0 ^a	1,5±0,0 ^a	1,3±0,0 ^a	0,6±0,0 ^a
T5	-	-	3,8±0,0 ^a	1,5±0,0 ^a	1,3±0,0 ^a	0,6±0,0 ^a
T6	-	-	3,8±0,0 ^a	1,5±0,0 ^a	1,3±0,0 ^a	0,6±0,0 ^a
T7	-	-	-	-	-	-
T8	-	-	-	-	-	-
T9	-	-	-	-	-	-
T10	2,6±0,0 ^a	1,3±0,0 ^a	2,4±0,0 ^b	1,2±0,0 ^b	1,2±0,0 ^b	0,5±0,0 ^b
T11	2,6±0,0 ^a	1,3±0,0 ^a	2,4±0,0 ^b	1,2±0,0 ^b	1,2±0,0 ^b	0,4±0,0 ^b
T12	2,6±0,0 ^a	1,3±0,0 ^a	2,4±0,0 ^b	1,2±0,0 ^b	1,2±0,0 ^b	0,4±0,0 ^b
T13	2,7±0,0 ^a	1,3±0,0 ^a	2,4±0,0 ^b	1,2±0,0 ^b	1,2±0,0 ^b	0,4±0,0 ^b

Légende: T1: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T2: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T3: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T4: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T5: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T6: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T7: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹), T8: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹), T9: *Jatropha* (1667 plants ha⁻¹), T10: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T11: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T12: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T13: plante vivrière.

Les résultats sont présentés sous forme de moyennes ± écart types des moyennes. Les valeurs affectées d'une même lettre en exposant sur la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5%.

Dans ce type de terre, la mise au point de techniques permettant une amélioration durable à moindre coût de la fertilité des sols est indispensable pour permettre de cultiver rentablement *J. curcas*.

Développement du maïs et du soja

La couverture du sol avec *S. guianensis* a influencé la hauteur et le diamètre au collet du maïs et du soja (Tableau 4). Lors de la saison culturale A de 2010, le maïs semé dans le couvert de *S. guianensis* installé depuis novembre 2009 ne s'est pas bien développé. Les quelques plantes qui ont réussi à lever ont jauni et sont mortes dans les 40 jours qui ont suivi le semis.

Le développement précoce des plantules de *S. guianensis* issues d'un semis naturel des graines produites la première année de culture et la concurrence exercée par celles-ci sur le maïs constituent une explication possible du mauvais développement de ce dernier. Dans les parcelles sans couverture végétale, le diamètre moyen des tiges de maïs était de 2,6±0,2 cm et leur hauteur

moyenne était de 1,3±0,2 m. En 2011 et 2012, on a constaté un développement végétatif plus important des plantes vivrières cultivées en association avec *S. guianensis* que pour celles cultivées sans *Stylo*, que ce soit en culture pure ou en association avec les plantes de *J. curcas*. Au sein des objets avec et sans *Stylo*, la densité de plantation de *J. curcas* n'a pas influencé significativement la hauteur et le diamètre au collet des plantes vivrières. Le sol du Plateau des Batéké étant très pauvre en éléments nutritifs (18), l'installation de *S. guianensis* permet de l'enrichir en azote et en phosphore (14) dont le maïs a besoin pour son développement. Le soja associé à la culture de *J. curcas* en 2012 avait atteint une hauteur de 0,6±0,0 m et un diamètre au collet de 1,3±0,4 cm dans les parcelles avec *Stylo*. Vu le faible développement végétatif aérien atteint par *J. curcas* 42 mois après son semis en pépinière, les densités de plantation de 1 667 et de 2 500 arbustes ha⁻¹ n'ont pas montré d'effets négatifs sur le développement des cultures vivrières associées.

Sharma (24) indique que la croissance aérienne chez *J. curcas* est verticale plutôt qu'horizontale et, par conséquent, n'interfère pas beaucoup sur le développement des cultures annuelles associées lorsqu'il est installé à une densité adaptée à l'association culturale. Reubens *et al.* (23) et Barbier *et al.* (4), ont cependant mis en évidence un développement latéral et superficiel important des racines de plantes de *J. curcas* âgées de plus de 6 ans. Il est donc probable que la concurrence exercée par celles-ci sur les cultures vivrières qui leur sont associées augmente sensiblement avec le temps. Les difficultés de développement du maïs au cours de la première année de culture de *J. curcas* mettent en évidence les conditions marginales des sols du plateau des Batéké. L'installation du maïs la première année de culture dans ce genre de sol n'est pas recommandée. La mise au point d'un dispositif de plantation adapté pour optimiser la production de ce type d'association culturale nécessite la réalisation de recherches complémentaires.

Rendement en graines sèches de *J. curcas*

Les rendements en graines sèches de *J. curcas* ont montré des différences significatives ($P < 0,05$) entre les objets pour les trois années de production considérées (Tableaux 5, 6 et 7). Le rendement obtenu en 2010 (somme des productions des saisons B et A) a été inférieur à 60 kg de graines sèches ha^{-1} pour tous les objets comparés. Les parcelles couvertes par *S. guianensis* (T1 à T6) ont donné une production très faible qui a varié entre $16,5 \pm 3,7$ et $34,1 \pm 4,9$ kg de graines sèches ha^{-1} . Ceci peut s'expliquer par l'importance de la concurrence exercée par *S. guianensis* sur *J. curcas* au début de son cycle lorsque les deux spéculations sont mises en place à seulement quelques semaines d'intervalle au début de la grande saison des pluies et qu'aucun rabattage de *S. guianensis* n'est réalisé jusqu'à la grande saison sèche suivante. Des essais devront être menés pour déterminer quel est le moment optimal d'installation de *S. guianensis*. Des rendements de $36,3 \pm 3,6$ à $53,1 \pm 7,0$ kg de graines sèches ha^{-1} , ont été obtenus sur les parcelles sans couverture permanente de *Stylo* (T7 à T12).

Dans les deux systèmes (avec et sans couverture du sol), la densité de plantation a été l'élément déterminant du rendement. Ce sont les parcelles avec une densité de plantation élevée de *J. curcas* ($3\ 333$ arbustes ha^{-1}) qui ont donné les rendements les plus élevés lors de la première année de production. En 2011, on constate de meilleurs rendements pour les parcelles avec couvert de *S. guianensis* (avec et sans maïs associé). Pour chacune des deux autres grandes modalités de culture comparées (avec et sans maïs), le meilleur rendement est observé pour la densité de plantation la plus forte, aussi bien dans les parcelles avec *Stylo* (T1= $263,5 \pm 8,1$ kg de graines ha^{-1} , T4= $254,8 \pm 9,2$ kg de graines ha^{-1}) que dans celles sans *Stylo* (T10= $196,4 \pm 7,2$ kg de graines ha^{-1} , T11= $179,5 \pm 9,7$ kg de graines ha^{-1}). En 2012, l'effet bénéfique du couvert de *S. guianensis* se confirme aussi bien dans les objets avec soja que dans ceux sans soja. Dans les parcelles avec *Stylo* (avec et sans soja), le meilleur rendement est obtenu pour la densité de 2 500 plantes par ha (T2= $409,4 \pm 13,2$ kg de graines ha^{-1} , (T5= $357,6 \pm 7,3$ kg de graines ha^{-1}). Dans les parcelles sans *Stylo* et sans soja, le meilleur rendement est obtenu pour la densité de 2 500 plantes ha^{-1} (T8= $261,2 \pm 6,0$ kg de graines ha^{-1}), alors que dans les parcelles sans *Stylo* et avec soja, c'est la densité de 3 333 plantes ha^{-1} qui donne le meilleur résultat (T1= $289,6 \pm 8,1$ kg de graines ha^{-1}). Des résultats similaires concernant l'effet de la densité ont été obtenus par Singh *et al.* (25) en Inde. L'association de *J. curcas* avec du soja ne se traduit pas par une chute du rendement pour les deux densités de plantation extrêmes ($1\ 667$ et $3\ 333$ plantes ha^{-1}) par rapport à la culture de *J. curcas* sans soja. La densité de 2 500 plantes ha^{-1} est celle qui permet d'obtenir le rendement le plus élevé pour *J. curcas* lors de la 3^{ème} année de production, quels que soient les traitements auxquels elle est combinée. Bien qu'il soit largement rapporté que *J. curcas* puisse prospérer sur des terres marginales, tous les travaux de recherche récents montrent que la production des graines et le rendement en huile sont faibles quand il est cultivé dans des sols pauvres (29).

Tableau 5
Rendement et taux de surface équivalente (TSE) ou
Land equivalency ratio (LER)

Traitements	Rendement maïs (kg/ha) en saison A 2010	Rendement <i>Jatropha</i> (kg/ha) en saisons A et B 2010	L.E.R. association 2010 ⁽¹⁾
T1	-	32,2±6,5 ^{ed}	0,7
T2	-	25,8±4,8 ^{de}	0,6
T3	-	18,2±9,2 ^{ef}	0,4
T4	0	34,1±4,9 ^{cd}	0,7
T5	0	29,7±5,3 ^d	0,6
T6	0	16,5±3,7 ^f	0,4
T7	-	53,1±7,0 ^a	1,1
T8	-	46,4±4,1 ^{ab}	1
T9	-	41,6±7,7 ^{bc}	0,9
T10	346,7±6,7 ^c	49,7±6,5 ^{ab}	1,8
T11	332,5±4,5 ^c	42,2±5,1 ^{bc}	1,6
T12	454,6±3,9 ^b	36,3±3,6 ^{cd}	1,7
T13	481,3±11,0 ^a	-	1

Légende: T1: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T2: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T3: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T4: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T5: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T6: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T7: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹), T8: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹), T9: *Jatropha* (1667 plants ha⁻¹), T10: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T11: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T12: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T13 : plante vivrière.

Les résultats sont présentés sous forme de moyennes ± écart types des moyennes. Les valeurs affectées d'une même lettre en exposant sur la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5%.

¹Afin de pouvoir comparer les LER obtenus sur les 3 années de l'essai en considérant la densité de plantes de *J. curcas* la plus adéquate pour la zone d'étude, la valeur de 1 a été attribuée pour la production de graines de *J. curcas* à la densité de 2500 plantes ha⁻¹

Tableau 6
Rendement et taux de surface équivalente (TSE) ou
Land equivalency ratio (LER)

Traitements	Rendement maïs (kg/ha) en saison A 2011	Rendement <i>Jatropha</i> (kg/ha) en saisons A et B 2011	L.E.R. association 2011 ⁽¹⁾
T1	-	263,5±8,1 ^a	2,3
T2	-	227,7±11,5 ^c	2
T3	-	203,0±10,2 ^e	1,8
T4	658,3±8,1 ^b	254,8±9,2 ^b	5,4
T5	664,6±5,8 ^b	232,2±8,0 ^e	5,3
T6	786,5±4,8 ^a	215,0±7,1 ^d	5,7
T7	-	135,8±7,9 ^h	1,2
T8	-	114,1±6,8 ⁱ	1
T9	-	103,2±7,3 ^j	0,9
T10	167,1±6,6 ^e	196,4±7,2 ^e	2,5
T11	183,6±10,2 ^d	179,5±9,7 ^e	2,5
T12	198,7±7,9 ^{cd}	152,2±7,4 ^g	2,3
T13	206,3±6,2 ^c	-	1

Légende: (voir légende du tableau 5).

Tableau 7
Rendement et taux de surface équivalente (TSE) ou
Land equivalency ratio (LER)

Traitements	Rendement soja (kg/ha) en saison A 2012	Rendement <i>Jatropha</i> (kg/ha) en saison A et B 2012	L.E.R. association 2012
T1	-	308,2±10,0 ^d	1,1
T2	-	409,4±13,2 ^a	1,5
T3	-	306,5±9,1 ^d	1,1
T4	648,8±9,2 ^b	335,9±10,5 ^c	2,7
T5	637,5±6,4 ^c	357,6±7,3 ^b	2,8
T6	723,6±7,3 ^a	311,4±9,1 ^d	2,8
T7	-	240,3±9,6 ^a	0,9
T8	-	261,2±6,0 ^f	1
T9	-	248,7±8,0 ^a	0,9
T10	389,2±4,6 ^a	289,6±8,1 ^e	2
T11	408,7±5,3 ^f	225,0±8,1 ^h	1,7
T12	475,6±6,1 ^d	247,1±1,9 ^a	2
T13	439,2±5,0 ^e	-	1

Légende: (voir légende du tableau 5).

Dans ce type de milieu, Singh *et al.* (25) ont montré que la concurrence des plantes de *J. curcas* vis-à-vis des cultures annuelles qui leur sont associées est forte et que l'apport de fertilisants est nécessaire pour permettre d'obtenir des rendements satisfaisants (25). Les rendements obtenus dans cette étude sont inférieurs aux chiffres de 900 kg des graines sèches avancés par Wahl *et al.* (28) dans les plantations de 4 ans en Afrique. L'application de trois traitements insecticides an⁻¹ (diméthoate 40%), aurait sans doute permis d'obtenir des rendements plus élevés.

Rendement du maïs et du soja

Les rendements du maïs et du soja ont été significativement influencés par la densité de plantation de *J. curcas* et la présence ou non de la plante de couverture (Tableaux 5, 6 et 7). En 2010, le maïs semé sur les parcelles couvertes par *S. guianensis* n'a pas levé ou a dépéri dans les 40 jours qui ont suivi le semis (voir paragraphe Développement du maïs et du soja). Les parcelles sans plante de couverture ont donné un rendement qui a varié entre 332,5±4,5 et 481,3±11,0 kg de grains secs ha⁻¹. Ce rendement équivaut à environ la moitié de la moyenne obtenue dans la région qui s'élève à 0,8 tonnes ha⁻¹ avec des variétés locales et sans application d'engrais dans un sol d'ouverture d'une jachère d'au moins 10 ans (8).

Cette faible performance du maïs sans couverture du sol par *S. guianensis* met en évidence la très faible fertilité du sol de la parcelle d'essai. En 2011, les parcelles couvertes par *S. guianensis* ont donné un rendement moyen de maïs de 703,1±72,2 kg des grains secs ha⁻¹, contre 188,9±17,3 kg ha⁻¹ pour les parcelles sans plante de couverture. Dans ces dernières, le rendement en maïs ha⁻¹ a donc été divisé par deux par rapport à celui de 2010. Les meilleures performances observées dans les parcelles couvertes par *S. guianensis* peuvent s'expliquer par la capacité de *S. guianensis* à fixer de grandes quantités d'azote, à prélever le phosphore du sol et à recycler les bases (en particulier le calcium) ainsi que les oligoéléments (B, Cu, Zn et surtout Mn) (14). En 2012, les rendements en soja étaient également plus élevés dans les parcelles avec *S. guianensis* (669,9±46,7 kg de graines sèches ha⁻¹) que celles sans couverture végétale (428,2±37,7 kg de graines sèches ha⁻¹). Que ce soit dans les parcelles avec ou sans *Stylo*, on constate une augmentation du rendement de la culture vivrière quand la densité de plantation de *J. curcas* diminue. L'écart entre les rendements les plus élevés et les plus faibles se situe entre 10 et 16%. Le rendement de la parcelle témoin de soja (T13) est de loin inférieur à celui obtenu dans les parcelles où il a été associé avec *J. curcas* et la plante de couverture.

Tableau 8

Gravité des attaques d'*Apthona* sp. et de *Stomphastis thraustica* sur *J. curcas* (%).

Traitements	1 ^{ère} année de culture 2010		2 ^{ème} année de culture 2011		3 ^{ème} année de culture 2012	
	Apthona	Stomphastis	Apthona	Stomphastis	Apthona	Stomphastis
T1	83,6±4,3 ^a	63,5±3,5 ^{bc}	76,1±6,3 ^a	58,1±4,7 ^{bc}	77,3±3,9 ^{ab}	63,2±6,6 ^a
T2	79,2±3,6 ^a	65,1±5,1 ^{abc}	71,2±3,1 ^b	56,9±3,4 ^c	80,4±3,5 ^{ab}	59,5±3,5 ^a
T3	81,4±7,2 ^a	61,0±5,5 ^c	65,9±4,4 ^c	60,6±6,9 ^{ab}	75,5±4,1 ^{ab}	60,2±6,2 ^a
T4	78,5±4,9 ^a	67,8±3,0 ^{abc}	42,2±2,1 ^d	24,4±2,7 ^{de}	34,9±6,4 ^d	37,8±3,2 ^b
T5	83,0±6,4 ^a	68,7±2,9 ^{ac}	39,5±7,9 ^{de}	21,3±5,3 ^f	39,1±5,3 ^{cd}	40,4±5,2 ^b
T6	77,2±3,3 ^a	70,6±3,1 ^a	40,7±2,0 ^d	26,7±3,3 ^d	35,2±7,0 ^d	39,1±3,6 ^b
T7	81,1±4,1 ^a	68,8±4,5 ^{ab}	70,1±1,8 ^b	57,2±7,1 ^c	77,4±4,1 ^{ab}	64,4±5,6 ^a
T8	82,3±6,1 ^a	65,6±3,6 ^{abc}	73,3±4,9 ^{ab}	61,7±4,1 ^a	79,2±3,6 ^{ab}	62,6±4,2 ^a
T9	78,4±7,6 ^a	69,3±6,6 ^{ab}	75,7±3,2 ^b	59,1±5,2 ^{abc}	81,1±4,3 ^a	61,5±7,3 ^a
T10	39,5±6,1 ^b	28,4±5,2 ^d	36,1±5,4 ^e	21,9±5,1 ^{ef}	40,6±2,7 ^{cd}	34,2±4,3 ^b
T11	36,1±6,6 ^b	30,1±4,6 ^d	39,5±3,6 ^{de}	25,1±3,8 ^d	37,6±3,2 ^{cd}	32,3±3,6 ^b
T12	40,5±5,6 ^b	26,9±6,5 ^d	38,5±3,8 ^{de}	27,0±6,4 ^d	42,1±5,0 ^c	36,6±2,6 ^b

Légende : T1: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T2: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T3: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T4: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T5: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T6: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T7: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹), T8: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹), T9: *Jatropha* (1667 plants ha⁻¹), T10: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T11: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T12: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + plante vivrière.

Les résultats sont présentés sous forme de moyennes ± écart types des moyennes. Les valeurs affectées d'une même lettre en exposant sur la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5%.

L'augmentation de la taille des plantes de *J. curcas* avec le temps devrait se traduire par un accroissement de la concurrence exercée par celles-ci vis-à-vis des cultures vivrières. Le choix de la densité de plantation la plus adéquate devra prendre en compte la rentabilité financière de chaque système de culture. Compte tenu du prix auquel on peut actuellement espérer vendre les graines de *J. curcas* (0,125 USD kg⁻¹), il vaut sans doute mieux opter pour un dispositif permettant de produire également des denrées vivrières sur le long terme. Le rôle de *S. guianensis* pour maintenir en continu un rendement satisfaisant des plantes vivrières devrait être étudié.

Performances globales des systèmes de culture comparés

En considérant la densité de plants de *J. curcas* qui semble la mieux adaptée aux conditions de culture de la zone d'étude (2 500 plants ha⁻¹) comme référence pour calculer les LER correspondant aux rendements obtenus lors des trois années de l'essai (Tableaux 6, 7 et 8), on constate que la meilleure productivité de la terre a été obtenue pour les traitements où la culture de *J. curcas* était combinée avec celle du *Stylo* et d'une culture de maïs ou de soja. Ainsi, en troisième année de production

(2012) de *J. curcas* (tableau 7), 1 hectare de l'association *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹ ou 2 500 plants ha⁻¹) + *Stylo* + soja produit autant que 2,8 hectares des cultures pures de *J. curcas* et de soja. Les valeurs de LER atteignaient au moins 5 en deuxième année de production en cas d'association du *J. curcas* avec du *Stylo* et du maïs. De tels niveaux de performances s'expliquent par la forte amélioration de la fertilité du sol qu'apporte la culture de *S. guianensis*. Des recherches doivent donc être réalisées de façon à optimiser les interactions positives de cette association tout en minimisant les interactions négatives. Avec le développement des plantes de *J. curcas*, il sera opportun d'opter pour la production de cultures se développant bien en milieu semi-ombragé, et de privilégier certaines pratiques qui redonnent de la lumière aux cultures, comme la taille des plantes de *J. curcas*.

Gravité des dégâts des principaux insectes ravageurs de *J. curcas*

Les principaux insectes ravageurs dommageables de *J. curcas* dans la région de Kinshasa sont *Apthona* sp. (*Coleoptera*, *Chrysomelidea*) et *Stomphastis thraustica* Meyrick (*Lepidoptera*, *Gracillariidae*) (19).

Les dégâts causés par ces insectes varient selon que *J. curcas* est cultivé en pur ou en association avec d'autres cultures (Tableau 8). Les résultats de notre essai montrent des différences significatives entre les objets ($P < 0,05$). La gravité des dégâts était plus élevée dans les parcelles où *J. curcas* était en culture pure.

La couverture du sol avec *S. guianensis* ainsi que la densité de plantation de *J. curcas*, ne montrent pas d'effets significatifs sur la gravité des dégâts des insectes ravageurs. La proportion des dégâts de la chrysomèle (*Apthona* sp.) était plus élevée que celle de la mineuse des feuilles (*S. traustica*). La gravité des dégâts de la chrysomèle dans les parcelles où les plantes de *J. curcas* étaient associées avec le maïs et le soja ne dépasse pas 45% alors qu'elle était au dessus de 60% dans les parcelles où elles n'étaient pas associées avec une culture vivrière. L'association de *J. curcas* avec le maïs et le soja présente donc un effet positif pour limiter les attaques des principaux ravageurs actuels de *J. curcas* dans la zone d'étude. Il reste à vérifier si cet effet positif persistera avec l'augmentation de la taille des arbustes de *J. curcas* et si cette association culturale sera efficace contre d'éventuelles pullulations d'autres ravageurs. Des attaques ponctuelles d'une punaise (*Calidea* sp.) ont en effet déjà été observées dans au moins deux des plantations de *J. curcas* installées sur le Plateau des Batéké (19). La culture pure, pratiquée à grande échelle, peut favoriser la pullulation des populations des ravageurs (21, 22). La pratique de l'association culturale peut aussi favoriser l'abondance des auxiliaires des plantes cultivées et garder ainsi le nombre d'insectes ravageurs à de très bas niveaux (1).

Biomasse sèche de *Stylosanthes guianensis*

La quantité moyenne de biomasse produite par *S. guianensis* dans toutes les parcelles où il était cultivé était respectivement de $3,7 \pm 0,0$ tonnes de MS ha^{-1} en 1^{ère} année de culture (2010), $3,3 \pm 0,0$ tonnes de MS ha^{-1} en 2^{ème} année (2011) et $3,3 \pm 0,0$ tonnes de MS ha^{-1} en 3^{ème} année (2012). Au cours des trois premières années de culture, aucune différence significative ($P > 0,05$) n'a été observée entre les différents objets incluant *S. guianensis*.

La biomasse sèche de *S. guianensis* obtenue au cours de notre étude est bien inférieure au chiffre de $9,7$ tonnes ha^{-1} de matière sèche obtenues par Mvondo *et al.* (20) au Cameroun en culture pure de *S. guianensis* avec l'application de fumures minérale et organique. La biomasse de *S. guianensis* produite a permis d'améliorer sensiblement les performances du système de culture testé.

Conclusion

La culture continue de *J. curcas* L. en association avec une rotation maïs - soja sur couvert permanent de *S. guianensis* dans la partie rurale de Kinshasa a permis d'améliorer les rendements des composantes associées et de réduire les dégâts des insectes ravageurs sur *J. curcas*. Les rendements de *J. curcas* les plus élevés obtenus en 3^{ème} année de production étaient respectivement de $409,4 \pm 13,2$ kg de graines sèches ha^{-1} dans le système avec couverture du sol (T2: *Jatropha* (2 500 plants ha^{-1}) + *Stylo*) et de $289,6 \pm 8,1$ dans le système sans couverture du sol avec *S. guianensis* (T1: *Jatropha* (3 333 plants ha^{-1}) + plante vivrière). Le rendement du maïs a connu une réduction importante dans les parcelles sans couverture permanente de *S. guianensis* et une augmentation très significative dans les parcelles avec *Stylo* à partir de la 2^{ème} année de culture. La gravité des dégâts des insectes ravageurs a été plus élevée en culture pure de *J. curcas* ($>60\%$) qu'en culture associée ($<45\%$). La biomasse moyenne produite par *S. guianensis* ($3,5 \pm 0,0$ tonnes $\text{ha}^{-1} \text{an}^{-1}$) et les résidus des cultures associées sont utiles pour l'amélioration de la fertilité du sol et pour limiter l'impact du stress hydrique en début de saison sèche sur l'avortement des capsules. Les études sur l'évolution du carbone organique du sol et l'évaluation de la durabilité du système à long terme sont nécessaires avant d'envisager sa diffusion.

Remerciements

Nous tenons à remercier la Coopération Technique Belge (CTB) et la Commission universitaire pour le Développement (CUD) pour l'appui financier apporté à la réalisation de nos recherches.

Références bibliographiques

1. Abate T., van Huis A. & Ampofo J.K.O., 2000, Pest Management Strategies in Traditional Agriculture: An African Perspective., *Annu. Rev. Entomol.*, **45**, 631-659.
2. Achten W.M.J, Verchot L., Franken YJ., Mathijs E., Singh V.P., Aerts R. & Muys B., 2008, Jatropha bio-diesel production and use, *Biomass Bioenergy*, **32**, 1063-1084.
3. Ariza-Montobbio P., Sharachchandra L., Giorgos K. & Martinez-Alier J., 2010, The political ecology of Jatropha plantations for biodiesel in Tamil Nadu, India, *J. Peasant Stud.*, **37**, 4, 875-897. DOI: 10.1080/03066150.2010.512462.
4. Barbier J., Cissao M., Cissé C., Loch F., Grand C., & Mergeai G., 2012, *Intérêts de mettre en place une filière courte basée sur la culture du Jatropha (Jatropha curcas L.) dans la Communauté Rurale de Dialacoto Sénégal*. Document de synthèse de recherche.
<http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/130282/1/20120703%20document%20synth%C3%A8se%20jatrpha%20vf.pdf>, (26/10/2013).
5. Baumgart S., 2007, Working paper conference, Belize. In Expert Seminar on *Jatropha curcas* L. Agronomy and genetics, Wageningen.
6. 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 Forêts Tropiques*, **301**, 3, 21-23.
7. Chandra Pandey V., Kripal Singh, Shankar Singh J., Akhilesh Kumar, Bajrang Singh & Rana P. Singh, 2012, Jatropha curcas: A potential biofuel plant for sustainable environmental development, *Renewable Sustainable Energy Rev.*, **16**, 2870-2883.
8. Chausse J.-P., Kembola T. & Ngonde R., 2012, *L'agriculture: pierre angulaire de l'économie de la RDC*. In Johannes Herderschee, Daniel Mukoko Samba et Moïse Tshimenga Tshibangu (éd.), *Résilience d'un Géant Africain: Accélérer la Croissance et Promouvoir l'Emploi en République Démocratique du Congo*, Volume **II**: Etudes sectorielles, MEDIASPAUL, Kinshasa, 1-97.
9. Costa A.S.V. & Silva M.B., 2008, Sistemas de consórcio milho feijão para a região do vale do rio doce, minas gerais, *Ciência e Agrotecnol.*, **32**, 663-667.
10. De Souza A.C., Ribeiro R.P., Dourado Jacinto J.T. Rodrigues Cintra A.D.A, Amaral R.S., Santos A. C. & Matos F. S., 2013, Intercropping of physic nut and bean: alternative to family farm, *Dourados*, **6**, 9, 36-42.
11. Domergue M. & Pirot R., 2008, *Jatropha curcas* L. Rapport de synthèse bibliographique, Cirad, 118 p. www.fact-foundation.com/media_en/French_Jatropha_Document_Cirad.
12. FAO, 2003, *Gestion de la fertilité des sols pour la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne*. Rome, Italie, 63.
13. Ghokale D., 2008, *Jatropha: Experience of Agro-Forestry and Wasteland Development Foundation, Nashik, India*. In: International Consultation on Pro-poor *Jatropha* Development. 10-11 April 2008, Rome, IFAD.
14. Husson O., Charpentier H., Razanamparany C., Moussa N., Michellon R., Naudin K., Razafintsalama H., Rakotoarinivo C., Rakotondramanana & Seguy L., 2008, *Stylosanthes guianensis*. *Fiches techniques plantes de couverture: Légumineuses pérennes*, CIRAD, France, 13.
15. Kwetche Sop T., Wenemi Kagambega F., Bellefontaine R., Schmiedel U. & Thiombiano A., 2012, Effects of organic amendment on early growth performance of *Jatropha curcas* L. on a severely degraded site in the Sub-Sahel of Burkina Faso, *Agroforest Syst.*, **86**, 387-399.
16. Li Z., Lin B.-I., Zhao X., Sagisaka M. & Shibazaki R., 2010, System approach for evaluating the potential yield and plantation of *Jatropha curcas* L. on a global scale, *Environ. Sci. Technol.*, **44**, 2204-2209.
17. Mead R, Willey W., 1980, The Concept of a 'Land Equivalent Ratio' and Advantages in Yields from Intercropping, *Exp. Agric.*, **16**, 3, 217- 228.
18. Minengu J.D., Mobambo P. & Mergeai G., 2015, Analysis of the Technical/Economic Performance of Four Cropping Systems Involving *Jatropha curcas* L. in the Kinshasa Region (Democratic Republic of the Congo), *Tropicultura*, **33**, 2, 67-76.

19. Minengu J.D., Verheggen F. & Mergeai G., 2015, Dynamic and Impact of Major Insect Pests on *Jatropha curcas* L. in two Cropping Systems with Contrasting Characteristics in the Province of Kinshasa (DRC), *Tropicultura*, **33**, 3, 163-175.
20. Mvondo J.P.A., Boukong A., Beyegue H.D., Abou Abba A., Mvondo Ze A.D., Passale M.S., & Lawane, 2012, Production de biomasse de l'espèce *Stylosanthes guianensis* en tête de rotation en vue de la mise en place d'un système de culture sous couverture végétale au sud de la zone cotonnière du Cameroun, *Cameroon J. Exp. Biol.*, **8**, 1, 8-16.
21. Nickel J.L., 1973, *Pest situation in changing agricultural systems*, A review, *Bull. Entom. Soc. Am.*, 18-19.
22. Pimentel D., 1961, Species diversity and insect population's outbreaks", *Ann. Entom. Soc. Amer.*, **19**, 136-142.
23. Reubens B., Achten W.M.J., Maes W.H., Danjon F., Aerts R., Poesen J. & Muys B., 2011, More than biofuel? *Jatropha curcas* root system symmetry and potential for soil erosion control, *J. Arid Env.*, **75**, 2, 201-205.
24. Sharma N., 2006, *The Jatropha Experience: Andhra Pradesh*. In *Biodiesel Conference Towards Energy Independence-Focus on Jatropha*. Paper presented at the Conference, Rashtrapati Nilayam, Bolaram, Hyderabad. On 9-10 June, Rashtrapati Bhawan, New Delhi 2006.
25. Singh R.A., Kumar M. & Ekhlaiq Haider E., 2007, Synergistic cropping of summer groundnut with *Jatropha curcas*. A new two-tier cropping system for Uttar Pradesh, *J. SAT Agric. Res.*, **5**, 1, 1-2.
26. Singh B., Singh K., Rejeshwar Rao G., Chikara J., Kumar D., Mishra D.K., Saikia S.P., Pathre U.V., Raghuvanshi N., Rahi T.S. & Tuli R., 2013, Agro-technology of *Jatropha curcas* for diverse environmental conditions in India, *Biomass Bioenergy*, **48**, 191-202.
27. Vermeulen C. & Lanata F., 2006, Le domaine de chasse de Bombo-Lumene: un espace naturel en péril aux frontières de Kinshasa, *Parcs Reserves*, **61**, 2, 4-8.
28. Wahl N., Hildebrandt T., Moser C., Lüdeke-Freund F., Averdunk K., Bailis R., et al., 2012. *Insights Into Jatropha Projects Worldwide. Key Facts & Figures from a Global Survey*, Report, 72.
29. Wiskerke W.T., Dornburg V., Rubanza C.D.K., Malimbwi R.E. & Faaij A.P.C., 2010, Cost/benefit analysis of biomass energy supply options for rural smallholders in the semi-arid eastern part of Shinyanga Region in Tanzania, *Renew Sustain Energy Rev.*, **14**, 148-165

J.D. Minengu, Congolais (RDC), PhD, Chef de Travaux, Université de Kinshasa, Faculté des Sciences agronomiques, Kinshasa, République Démocratique du Congo.

F. Verheggen, Belge, PhD, Premier Assistant, Université de Liège, Gembloux AgroBiotech, Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive, Gembloux, Belgique.

G. Mergeai, Belge, PhD, Professeur, Université de Liège, Gembloux AgroBiotech, Laboratoire d'Agro-écologie tropicale et Horticulture, Gembloux, Belgique.

Scaling up the Benefits of Smallholder Forestry beyond Timber: Success story of Teak (*Tectona grandis* L.f.) Leaves Marketing in Southern Benin

A.K.N. Aoudji^{1,3*}, P. Burny², A. Adégbidi¹, J. C. Ganglo³ & P. Lebailly⁴

Keywords: Tree growing- Livelihood diversification- Income- Teak leaves- Commercialisation- Benin

Summary

The marketing of teak (*Tectona grandis* L.f.) leaves was studied in southern Benin, in order to seek out opportunities for increased financial returns in smallholder tree growing. A survey was carried out across the commercialization system. Seventy-six traders were interviewed in nine markets purposely selected, based on their functions in the commercialization system. Respondents provided information on their marketing functions, the costs borne, and their revenues. The marketing system was led by women who controlled the main functions. Three categories of traders were identified, namely collectors-wholesalers-retailers, collectors-retailers, and retailers. The commercialization of teak leaves increases the return from tree growing. Traders' monthly revenue was XOF 4,659–15,927 (USD 9.3–31.9) during the rainy season and XOF 6,621–21,655 (USD 13.2–43.3) during the dry season. As substitute for polyethylene bags in food packaging, teak leaves offer a potential to tackle environmental pollution in southern Benin. The study shows the necessity to consult beneficiaries to ensure the proper selection of tree species in farm forestry programmes.

Résumé

Accroître les retombées de la foresterie paysanne au-delà du bois: Success story de la commercialisation des feuilles de teck (*Tectona grandis* L.f.) au Sud-Bénin

La commercialisation des feuilles de teck (*Tectona grandis* L.f.) a été étudiée au Sud-Bénin, dans le but d'identifier des opportunités pour l'accroissement des retombées financières de la foresterie paysanne. Une enquête a été réalisée dans le système de commercialisation. Soixante-seize commerçantes ont été interviewées dans neuf marchés sélectionnés suivant un échantillonnage raisonné. Les répondants ont fourni des informations sur leurs fonctions de commercialisation, les coûts et les revenus obtenus. Le système de commercialisation des feuilles de teck est dominé par des femmes qui contrôlent les principales fonctions. Trois catégories de commerçantes ont été identifiées, notamment les collectrices-grossistes-détaillantes, les collectrices-détaillantes, et les détaillantes. La commercialisation des feuilles de teck permet d'accroître les retombées financières de la plantation d'arbres. Le revenu mensuel des commerçantes est compris entre 4 659 et 15 927 FCFA (9,3-31,9 dollars US) pendant la saison pluvieuse, et entre 6 621 et 21 655 FCFA (13,2-43,3 dollars US) en saison sèche. En tant que substitut des sachets de polyéthylène pour l'emballage des produits alimentaires, la commercialisation des feuilles de teck constitue une opportunité pour réduire la pollution environnementale au Sud-Bénin. L'étude a montré la nécessité de consulter les bénéficiaires, pour une sélection adéquate des espèces à promouvoir dans les programmes de foresterie paysanne.

¹University of Abomey-Calavi, Faculty of Agricultural Sciences, Department of Economics, Socio-Anthropology and Communication for the rural development, Abomey-Calavi, Benin.

²Walloon Agricultural Research Centre, Gembloux, Belgium.

³University of Abomey-Calavi, Faculty of Agricultural Sciences, Department of Environmental Management, Laboratory of Forest Sciences, Abomey-Calavi, Benin.

⁴University of Liege, Gembloux Agro-Bio Tech, Department of Economics and Rural Development, Gembloux, Belgium.

*Corresponding author: Email: augustin.aoudji@gmail.com

Received on 22.09.14 and accepted for publication on 12.03.15.

Introduction

Poverty alleviation and food security remain critical concerns in Sub-Saharan Africa (19–27). Accordingly, market oriented agriculture has become a major policy option in the region (11, 32). In addition, livelihood diversification for smallholder farmers is receiving increasing attention (7, 14), because of the challenges faced by agriculture today. These include climate changes (22), post-harvest losses (16, 20), volatility of commodity markets (27), and deforestation (9).

On-farm tree growing, also referred to as smallholder forestry – i.e., the management of small woodlots by smallholder farmers (13) – is viewed as a promising option to address some of the challenges mentioned above. First, tree growing is a mean to take advantage of marginal lands (3, 21). Second, given the decline of natural forest areas in most tropical regions, smallholder tree growing is expected to play a meaningful role in the satisfaction of the demand for forest products (21, 28), the rehabilitation of degraded lands (15), and the provision of environmental services. Last, as a cash crop practiced by millions of farmers around the world, tree growing has the potential to improve livelihoods, and support poverty alleviation (24, 33). Although on-farm tree growing is socially desirable, it is unattractive to farmers in certain regions, because of poor financial returns. Therefore, frequent replacements of smallholder plantations by more lucrative crops have been reported (2, 23). Against this background, the question “how to make smallholder forestry more attractive to rural households?” has a critical importance to policy makers.

Timber is often viewed as the only source of income for smallholder tree growers (5, 6). Therefore, product diversification is a potential way for increased return to tree farmers. The objective of this paper is to illustrate the multipurpose management of farm-grown tree stands, based on smallholder teak (*Tectona grandis* L.f.) planting in southern Benin.

While teak is mostly valued for its timber used in small constructions, furniture, shipbuilding, and decorative building (25), its leaves are also

valorised in southern Benin. As a success story of income diversification in smallholder tree growing, the marketing of teak leaves in southern Benin is useful to support the discussion on policy options for increased financial return to tree planters. Although this study is located in Benin, it is useful to enlighten decision makers in most Sub-Saharan African countries, given the challenge of poverty tackling in this region, the issue of poor financial return in smallholder forestry, and the critical importance of this activity in the provision of forest products and environmental services.

This paper is organised as follows. The next section deals with the research methods. The results and the discussion are presented in sections 3 and 4, respectively. In the last section, the main findings are summarised with the related policy implications.

Methods

Main features of the study region

The study was carried out in the Atlantique and Littoral departments, in southern Benin (Figure 1) where teak has been planted by smallholder farmers (3). That region covers 3,312 km², with a total population of 2,075,422 (18). The climate is sub-equatorial; with two rainy seasons (March to July, and September to October) alternating with two dry seasons. Mean annual rainfall and mean annual temperature are 1,100 mm and 27 °C, respectively. The region is characterised by the predominance of oxisoils. The local economy is dominated by farming, trade and craft industries. Maize and cassava as main staple food, and oil palm plantations are key components of rural livelihoods. Smallholder forestry is developed, with teak (*Tectona grandis* L.f.) as the most planted species.

Sampling and data collection

The study was carried out mainly in markets where traders of teak leaves were surveyed. Markets were purposively sampled based on their functions in the commercialisation system. Three types of markets were identified: rural, peri-urban, and urban markets. Rural markets are connected to rural areas where teak plantations are developed while urban markets are located in cities.

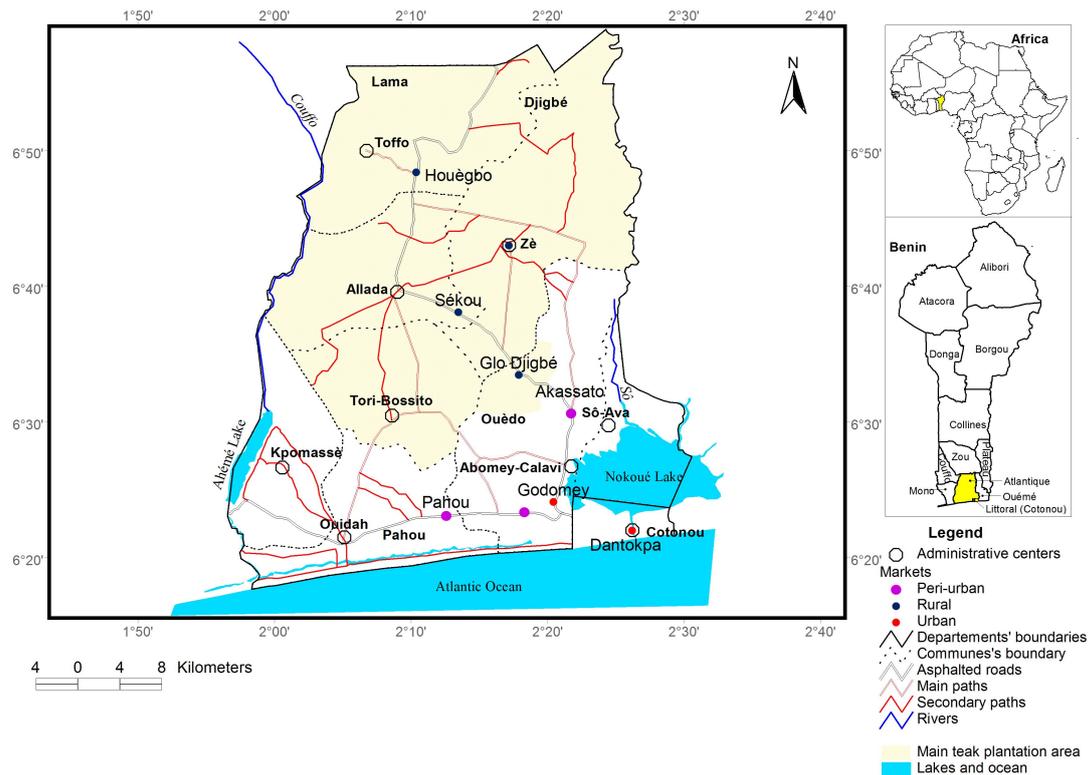


Figure 1: Map of the study region.

Peri-urban markets are connected to transitional areas, between rural and urban regions (17). The first stage was the identification of main production areas in the Atlantique department, namely the districts of Zè, Toffo, Tori-Bossito, Allada, and Abomey-Calavi (Figure 1). The rural/peri-ruban market connected to each production area was selected, so as to understand the organisation of activities at the local level. The rural markets selected were as follows: Houègbo in Toffo district; Sékou in Allada district; the central market of Zè district; and Glo-Djigbé in Abomey-Calavi district (Figure 1). The latter market is also connected to the production area of Tori-Bossito. The selected peri-urban markets included Pahou in Ouidah district; and Akassato and Cococodji in Abomey-Calavi district. Regarding urban areas of consumption, the markets of Godomey in Abomey-Calavi and Dantokpa in Cotonou were selected (Figure 1). To summarise, nine markets were selected: four rural, three peri-urban, and two urban markets (Figure 1).

A survey was carried out across traders in sampled markets from November to December 2011. Each market was visited two consecutive market days. All the traders present in the market were interviewed face-to-face (76 respondents altogether). Traders provided information on their socio-demographic characteristics, the functions performed in the marketing channel (wholesale, retail), the organisation of their activities (collection, transportation, etc.), price setting, quantities of products commercialised, financial data (disaggregated by season), and number of market days per month. Besides traders, semi-structured interviews were conducted among other stakeholders to get a comprehensive understanding of chain functioning. Lastly, a complementary survey on purchase motivations was carried out among consumers in June 2014, based on semi-structured interviews and focus group discussions.

Data processing and results compilation

The first stage consisted in mapping the marketing channel and highlighting all stakeholders. In this framework, traders were typologised based on their functions. Second, a synthesis was done on product flows, units and price settings in the chain. Traders were characterised based on the average quantity of products sold per market day. Last, the revenues from the teak leaves marketing was determined by considering the net margin per market day and the monthly income generated by the activity.

The net margin was determined as follows: $NM = SR - TC$; where SR is the sales revenues, and TC is the total cost. Monthly income was calculated by multiplying the net margin by the number of market days reported by traders. Statistical comparisons were done based on Student's t test, and the analysis of variance (12).

Results

Agents and functions

Five stakeholders were involved in the teak leaves marketing channel in southern Benin: owners of teak plantations, traders, transporters, consumers, and the communes. Teak planters, traders and the consumers were direct agents who had the ownership of the product along the chain (Figure 2) while transporters and the communes were indirect agents involved in the functioning of the marketing system.

Owners of teak plantations

Teak is often planted by smallholders on marginal lands. Farmers' objective is the production of construction timber, especially pole (diameter ranging from 5 to 15 cm). Therefore, leaves are ancillary products of teak plantations.

Traders

Traders were women, aged between 25 and 60 years, and mostly illiterate (96% of respondents). The marketing of teak leaves was generally a secondary activity for traders (70% of respondents) who were engaged in other activities (farming, crafts, marketing of medicinal plants, and marketing of agricultural products).

There were three categories of traders, based on their functions: collectors-retailers, collectors-wholesalers-retailers, and retailers (Figure 2). In this paper, wholesale refers to transactions where the buyer is another trader while retail applies to transactions between traders and end-consumers.

"Collectors-retailers" used to retail directly their products to rural consumers (Figure 2) in rural markets, after handling the harvest of teak leaves themselves. Besides retail sales to rural consumers, the "collectors-wholesalers-retailers" were also engaged in wholesales. In that case, the customers were the retailers who in turn sold the product to end-consumers in the urban markets (Figure 2). The collectors-retailers used to operate in rural markets (Houègbo, Sékou, and Zè), while the collectors-wholesalers-retailers used to operate in peri-urban markets (Akassato, Cococodji, and Pahou). Besides peri-urban markets, collectors-wholesalers-retailers were also operating in the rural market of Glo-Djigbé (Figure 1). The retailers used to operate in urban markets (Godomey and Cotonou).

Consumers

Food sellers (women) were the end-consumers of teak leaves. Food packaging was by far the main consumption form of the product. A diversified range of food was packaged with teak leaves: "akassa", (maize paste), bean cake, wheat paste, smoked fish, "mustard", cassava cake, flat cake of groundnut, soya bean cheese, leafy vegetable, beef meat, etc. (Figure 3). The motivations supporting the purchase of teak leaves were as follows: easy availability of the product, convenience, and affordable price.

Transporters

Transporters were indirect agents not specialised in the teak leaves business, but they intervened in the transfer of the products from one place to another in the marketing channel. Small passenger cars were used to transport teak leaves from peri-urban markets to urban markets, while bikes and motorbikes were involved in the transfer of the product between teak plantations and the rural and peri-urban markets.

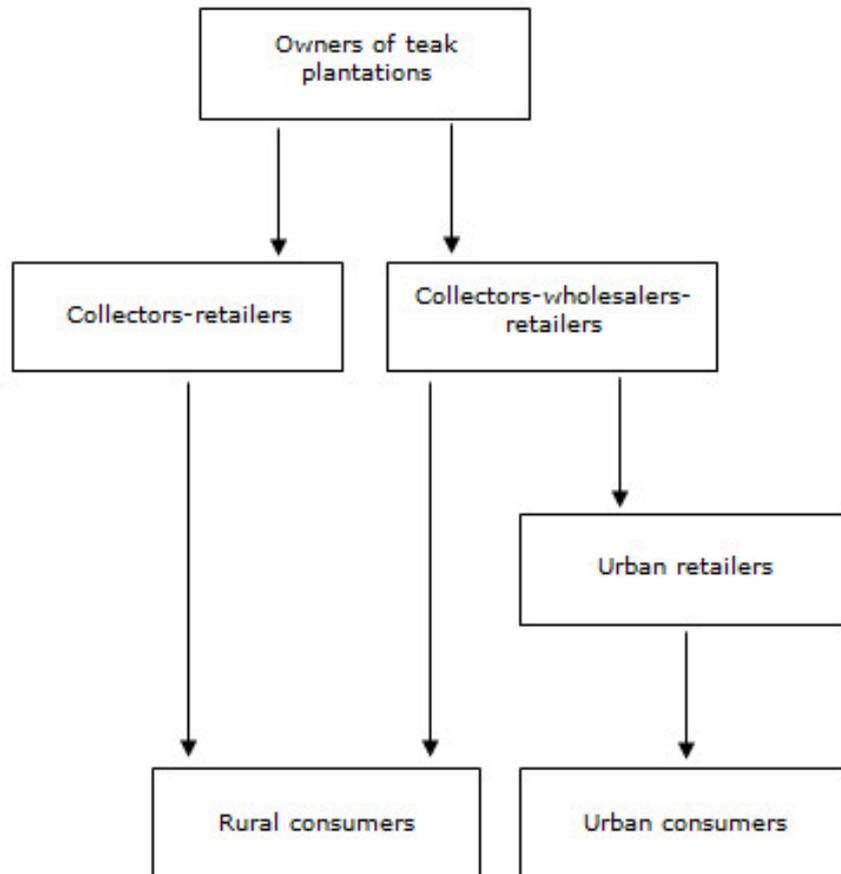


Figure 2: Map of the teak leaves marketing channel in southern Benin.



Figure 3: Maize paste (left) and mustard (right) packaged with teak leaves.

Communes

The communes regulate the functioning of public markets where transactions take place. They collect levies from all traders operating in the markets. The amounts were not proportional to sales volumes, and varied across the municipalities (XOF 50-100 per market day).

Products flows and transactions units

The harvest of teak leaves, the starting point of the marketing channel, was handled by rural traders. This product was harvested by women in the plantation of their relatives (husband, father, or father-in-law). Those who had no relatives owning teak plantations used to source the leaves from a third person's plantation. Sometimes, a small gift of XOF 500-1000 (USD 1-2) is granted to the plantation holders. Teak leaves are also harvested for free in State-owned plantations, according to the clauses of participatory forest management. The flows of teak leaves in the study region occurred at two levels: local consumption in rural areas and the transfer towards urban centres. In rural markets, local consumers used to purchase teak leaves from the collectors-retailers and the collectors-wholesalers-retailers. Product flow to urban markets was from plantation areas towards the cities of Abomey-Calavi, Cotonou and Ouidah, via peri-urban markets (Figure 1).

Bunches were used as units in wholesales transactions between rural collectors-wholesalers-retailers and urban retailers (Figure 4). The volume of bunches varied greatly, resulting in heterogeneity in the price. They weighed on average 27.5 kg with a standard deviation of 12.0 Kg. In peri-urban markets, the collectors-wholesalers-retailers applied a unit price of XOF 900-1000 (USD 1.8-2.0) per bunch during the study period. Likewise, a diversified range of units was used in retail transactions. These varied across markets, but variations were also found in a given market (Figure 4). The retail price ranged between XOF 150 and 400 (USD 0.3-0.8), according to bunches volume.

Quantity of products and revenues from teak leaves marketing

Quantity of products commercialised

The average quantity of teak leaves commercialised by traders per market day ranged between 44 and 83 kg, and 47 and 95 kg, during the rainy season and the dry season, respectively (Table 1). The figures of the dry season were higher, compared to the rainy season whichever the type of trader (Table 1); but the differences were not significant (Student's t test; all $p > 0.05$). The quantity of leaves commercialised per market day in the retail market varied consistently according to the type of traders whichever the season considered (Table 1). Urban retailers were selling a higher quantity of product, compared to the rural traders (collectors-retailers and collectors-wholesalers-retailers).

That difference stems from the fact that urban retailers were operating in a larger market. Their strategy consisted in buying teak leaves from several "collectors-wholesalers-retailers" to meet urban consumers' demand.

Income from teak leaves marketing

The net margin per market day varied between XOF 777 and XOF 2,655 (USD 1.6-5.3) during the rainy season, and between XOF 1,104 and XOF 3,609 (USD 2.2-7.2) during the dry season (Table 2). The monthly revenue ranged between XOF 4,659 and XOF 15,927 (USD 9.3-31.9) during the rainy season, and between XOF 6,621 and XOF 21,655 (USD 13.2-43.3) during the dry season (Table 2). The net margin per market day varied across trader types (Table 2). Likewise, the monthly revenue varied consistently across trader types whichever the season considered (Table 2). Urban retailers' revenue was higher, compared to rural traders' (collectors-retailers, and collectors-wholesalers-retailers). Moreover, revenues were generally higher in the dry season, compared to the rainy season (Tables 2), even though these differences were not significant (Student's t test, all $p > 0.05$).



Figure 4: Diversity of units in the marketing system.

Table 1

Quantity of teak leaves commercialised by traders per market day in different seasons.

Types of trader	Quantity of teak leaves commercialised (kg)	
	Rainy season	Dry season
Collectors-retailers	44 a*	47 a
Collectors-wholesalers-retailers	53 a	61 a
Retailers	83 b	95 b

*: Figures followed by different letters in the same column are significantly different at 5% level.

Table 2

Traders' net margin in different seasons (XOF).

Types of trader	Net margin per market day		Monthly revenue	
	Rainy season	Dry season	Rainy season	Rainy season
Collectors-retailers	777 a*	1104 a	4659 a*	6621 a
Collectors-wholesalers-retailers	850 a	1340 a	5100 a	8040 a
Retailers	2655 b	3609 b	15927 b	21655 b

* Data followed by the same letter on a given column are not significantly different at 5% level (ANOVA, Least Significant Difference).

Discussion

Characteristics of the marketing system

The marketing system of teak leaves in southern Benin was relatively short, with two major middlemen groups: rural and peri-urban traders (at the beginning of the channel) and urban retailers. This shortness is consistent with the absence of any significant transformation from harvest through delivery to end-consumers. Shortness seems to be a frequent pattern of local markets of non timber forest products (30). Similar examples in Benin include the medicinal plant marketing channel (34), and the *Pentadesma butyracea* almond marketing channel (4). In the particular case of the teak leaves marketing in southern Benin, the perishability of the product justifies the quick transfer to end-consumers, hence the small number of middlemen.

The teak leaves marketing channel in southern Benin operates through a network of markets with specialisation per function in respect of their geographical pattern: rural - peri-urban - urban gradient. Rural markets were specialised in retail trade to rural consumers; peri-urban markets combined retailing to consumers and wholesale transactions between traders. Urban markets were specialised in retail trade to urban consumers. The presence of collectors-wholesalers-retailers in the rural market of Glo-Djigbé (Figure 1) highlights ongoing changes in this area which is being transformed from rural to peri-urban. The predominant location of wholesale transactions in peri-urban markets stems from the fact that these markets are closer to urban end markets and are connected by good roads. Given that transportation is a key component of marketing costs which depend on road quality and distance (31), the choice of these markets by urban retailers for consignment sourcing enabled them to minimize transport costs, thanks to proximity and good road conditions.

The heterogeneity of units (bunch size) in this marketing channel represents a common feature with most rural products channels in Sub-Saharan Africa (10). However, this does not seem to be an

impediment for consumers, owing to the fact that price bargaining occurs in all transactions. Overall customers had the perception that the current price setting is affordable, compared to polyethylene bags, the substitute product.

Importance of women in the settlement of the marketing channel

The valorisation of teak leaves was led by women who performed all marketing functions. This result is consistent with previous studies showing the predominance of women in the marketing channel of non-timber forest products in Benin. These include the marketing channel of *Pentadesma butyracea* in central Benin (4) and the marketing channel of medicinal plants in southern Benin (34). Likewise, in the marketing system of agricultural products in Benin and Malawi, small traders included predominantly women (10). The predominance of women in NTFP business stems from the low capital requirement of these marketing activities. In the case of the teak leaves marketing system, a capital of XOF 1000 (USD 2) is enough to begin the activity. The predominance of women among small traders also highlights the constraint of capital to engage in larger trade activities. Interestingly, teak leaves commercialisation is a part-time activity for women with free entry and exit, depending on other opportunities.

Potential for environmental sustainability and livelihood improvement

The use of teak leaves for food packaging (substitute of non biodegradable polyethylene bags) offers the opportunity to tackle environmental pollution, at least partly. Therefore, the marketing of this product could be linked to the region's green economy defined as "economic activity with the goal of reducing energy consumption or improving environmental quality" (8). Decision makers could take advantage of this opportunity by advertising the interests of teak leaves, compared to non biodegradable polyethylene bags. Consumers' motivations (easy availability, convenience, and affordable price of teak leaves) confirm their good perception about the product.

The commercialisation of teak leaves contributes to livelihoods diversification in rural households. According to traders, this business is helpful to address household and personal needs (e.g., food, social commitments, participation in savings groups, etc.). Therefore, this result supports previous reports, regarding the contribution of non timber forest products to the livelihoods of rural people, especially women (1, 29). Regarding the affordability of product price, further studies are needed to assess the savings achieved by consumers through the use of teak leaves, compared to polyethylene bags.

The study shows that besides timber, smallholder forestry can generate additional monetary benefits. Although teak leaves revenues do not go to farmers, this contributes to households livelihoods, given that rural traders at the beginning of the channel are mostly planters' wives or relatives. Moreover, teak leaves generate income along the production cycle, while timber harvest occurs once in 3-5 years (rotation age). These results support (15) who reported that on-farm tree growing based on non-timber products had the highest commercialisation rates while timber plantations were the least successful in Latin America. A similar success has been also reported in Vietnam (26). Therefore, the proper selection of tree species to promote in smallholder forestry is a critical issue that could be achieved by consulting beneficiaries prior to farm forestry programmes.

Conclusions

The focal target of this study is to analyse the marketing system of teak leaves in southern Benin, to highlight the potential of this product, as a driver of increased income in smallholder forestry, and improved livelihoods.

Teak leaves are used for food packaging as substitute for polyethylene bags.

The commercialisation channel consisted of a network of markets specialised in different functions in respect of their geographical patterns: rural, peri-urban, and urban markets. Rural markets were specialised in retail trade to rural consumers; peri-urban markets combined retail to consumers and wholesale transactions between traders. Urban markets were specialised in retail trade to urban consumers.

The marketing system was dominated by women who controlled the main functions. Three categories of traders were encountered, based on their functions: collectors-retailers, collectors-wholesalers-retailers, and retailers. Besides traders and the consumers, other chain stakeholders include plantation owners, transporters and the communes.

The commercialisation of teak leaves generates income for traders, and increases the return from tree growing. The promotion of the use of teak leaves for food packaging as substitute for non biodegradable polyethylene bags offers the opportunity for policy makers to tackle environmental pollution while supporting rural women. The study shows the necessity to consult beneficiaries for the proper selection of tree species in farm forestry programmes. The assessment of the savings achieved through the use of teak leaves as substitutes for polyethylene bags is a relevant research path to support decision making.

Acknowledgement

This study was completed with the financial support of the "Académie de Recherche et d'Enseignement Supérieur (ARES)" of Belgium in the framework of a postdoctoral fellowship (ELAN) awarded to the first author.

Literature

1. Ahenkan A. & Boon E., 2011. Non-timber forest products farming and empowerment of rural women in Ghana. *Environment, Dev. Sustainability*, **13**, 863-878.
2. Aoudji A.K.N., Adégbidi A., Agbo V., Atindogbé G., Toyi S.S.M. Yévidé A.S.I., Ganglo J.C. & Lebailly P., 2012, Functioning of farm-grown timber value chains: lessons from the smallholder-produced teak (*Tectona grandis* L.f.) poles value chain in Southern Benin, *Forest Policy Econ.*, **15**, 98-107.
3. Aoudji A.K.N., Adégbidi A., Ganglo J.C. & Lebailly P., 2014, Teak, *Tectona grandis* L.f., planting in smallholders' farming system in southern Benin, *Bois Forêts Trop.*, **319**, 7-17.
4. Avocèvou-Ayisso C., Sinsin B., Adégbidi A., Dossou G. & Van Damme P., 2009, Sustainable use of non-timber forest products: impact of fruit harvesting on *Pentadesma butyracea* regeneration and financial analysis of its products trade in Benin, *Forest Ecol. Manag.*, **257**, 1930-1938.
5. Avohou T.H., Houehounha R., Glele-Kakai R., Assogbadjo A.E. & Sinsin B., 2011, Firewood yield and profitability of a traditional *Daniellia oliveri* short-rotation coppice on fallow lands in Benin, *Biomass Bioenerg.*, **35**, 562-571.
6. Bertomeu M., 2006. Financial evaluation of smallholder timber-based agroforestry systems in Claveria, Northern Mindanao, the Philippines. *Small-scale Forest Economics, Manage Policy*, **5**, 57-82.
7. Bigsten A. & Tengstam S., 2011, Smallholder Diversification and Income Growth in Zambia, *J. Afr. Econ.*, **20**, 781-822.
8. Chapple K., Kroll C., Lester W. & Montero S., 2011, Innovation in the Green Economy: An Extension of the Regional Innovation System Model?, *Econ. Dev. Q.*, **25**, 5-25.
9. Epule E.T., Peng C., Lepage L. & Chen Z., 2014, Policy options towards deforestation reduction in Cameroon: An analysis based on a systematic approach, *Land Use Policy*, **36**, 405-415.
10. Fafchamps M. & Gabre-Madhin E., 2006, Agricultural markets in Benin and Malawi, *AfJARE*, **1**, 67-94.
11. Fischer E. & Qaim M., 2012. Linking Smallholders to Markets: Determinants and Impacts of Farmer Collective Action in Kenya, *World Dev.*, **40**, 1255-1268.
12. Glèlè-Kakaï R. & Kokodé G.G., 2004, *Techniques statistiques univariées et multivariées: applications sur ordinateur*. Note technique de biométrie, INRAB, Cotonou, Bénin.
13. Harrison S.R., Herbohn J.L. & Niskanen A.J., 2002, Non-industrial, smallholder, small-scale and family forestry: What's in a name? *Small-scale Forest Economics, Manage Policy*, **1**, 1-11.
14. Hilson G., 2011, Artisanal mining, smallholder farming and livelihood diversification in rural sub-Saharan Africa: an introduction, *J. Int. Dev.*, **23**, 1031-1041.
15. Hoch L., Pokorny B. & De Jong W., 2009, How Successful is Tree Growing for Smallholders in the Amazon?, *Int. For. Rev.*, **11**, 299-310.
16. Hodges R.J., Buzby J.C. & Bennett B., 2011, Postharvest losses and waste in developed and less developed countries: opportunities to improve resource use, *J. Agr. Sci.*, **149**, 37-45.
17. Iaquina, D.L. & Drescher A.W., 2000, *Defining the peri-urban: rural-urban linkages and institutional connections Définir les zones périurbaines: liens avec les milieux ruraux et urbains et cadres institutionnels*, Land reform, 2000/2, 8-27.
18. INSAE, 2013, Résultats provisoires du RGPH4. 7.
19. Jayne T.S., Mather D. & Mghenyi E., 2010, Principal Challenges Confronting Smallholder Agriculture in Sub-Saharan Africa, *World Dev.*, **38**, 1384-1398.
20. Kanampiu F., De Groote H., Hellin J., Mugo S., Kimenju S., Beyene Y., Boddupalli P.M., Shiferaw B. & Banziger M., 2011, The metal silo: An effective grain storage technology for reducing post-harvest insect and pathogen losses in maize while improving smallholder farmers' food security in developing countries, *Crop Prot.*, **30**, 240-245.
21. Lamb D., 2011, Reforestation and Farmers. Regreening the Bare Hills, *World Forests*, **8**, 393-437.
22. Mertz O., Mbow C., Reenberg A. & Diouf A., 2009, Farmers' Perceptions of Climate Change and Agricultural Adaptation Strategies in Rural Sahel, *Environ. Manage Policy*, **43**, 804-816.
23. Nawir A.A., Kassa H., Sandewall M., Dore D., Campbell B., Ohlsson B. & Bekele, M., 2007, Stimulating smallholder tree planting - lessons from Africa and Asia, *Unasylva*, **58**, 53-59.

24. Ndayambaje J.D., Heijman W.J.M. & Mohren G.M.J., 2012, Household Determinants of Tree Planting on Farms in Rural Rwanda, *Small-scale Forestry*, **11**, 477-508.
25. Pandey D. & Brown C., 2000. Teak: a global overview, *Unasylva*, **51**, 3-13.
26. Persoon G.A., & van Beek H.H., 2008, Growing 'The Wood of The Gods': Agarwood Production in Southeast Asia. In: Snelder D.J. & Lasco R.D. (eds.), *Smallholder Tree Growing for Rural Development and Environmental Services*, *Adv. in Agrofor.*, **5**, 245-262.
27. Poulton C., Kydd J. & Dorward A., 2006, Overcoming Market Constraints on Pro-Poor Agricultural Growth in Sub-Saharan Africa, *Dev. Policy Rev.*, **24**, 243-277.
28. Scherr S.J., 2004, Building opportunities for small-farm agroforestry to supply domestic wood markets in developing countries, *Agroforest. Syst.*, **61-62**, 357-370.
29. Shackleton S., Paumgarten F., Kassa H., Husselman M. & Zida M., 2011, Opportunities for Enhancing Poor Women's Socioeconomic Empowerment in the Value Chains of Three African Non-Timber Forest Products (NTFPs), *Int. For. Rev.*, **13**, 136-151.
30. Shackleton S., Shanley P. & Ndoye O., 2007, Invisible but viable: recognising local markets for non timber forest products, *Int. For. Rev.*, **9**, 697-712.
31. Shepherd A.W., 2007, *A guide to marketing costs and how to calculate them* – Revised and reprinted 2007, FAO, Rome. Online: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/u8770e/u8770e00.pdf> (downloaded on 7 September 2014).
32. Shiferaw B., Hellin J. & Muricho G., 2011, Improving market access and agricultural productivity growth in Africa: what role for producer organizations and collective action institutions? *Food Sec* **3**, 475-489.
33. Sikor T. & Baggio J.A., 2014. *Can Smallholders Engage in Tree Plantations? An Entitlements Analysis from Vietnam*, *World Dev.*, DOI: 10.1016/j.worlddev.2014.03.010.
34. Vodouhê F.G., Coulibaly O., Assogbadjo A.E. & Sinsin, B., 2008, Medicinal plant commercialization in Benin: an analysis of profit distribution equity across supply chain actors and its effect on the sustainable use of harvested species, *J. Med. Plants Res.*, **2**, 331-340.

A.K.N. Aoudji, Beninese, PhD, Lecturer, University of Abomey-Calavi, Faculty of Agricultural Sciences, Department of Economics, Socio-Anthropology and Communication for the rural development, Laboratory of Forest Sciences, Abomey-Calavi, Benin.

P. Burny, Belgian, PhD, Lecturer, Walloon Agricultural Research Centre, Gembloux, Belgium.

A. Adégbidi, Beninese, PhD, Lecturer, Professor, University of Abomey-Calavi, Faculty of Agricultural Sciences, Department of Economics, Socio-Anthropology and Communication for the rural development, Abomey-Calavi, Benin.

J.C. Ganglo, Beninese, PhD, Lecturer, University of Abomey-Calavi, Faculty of Agricultural Sciences, Department of Environmental Management, Laboratory of Forest Sciences, Abomey-Calavi, Benin.

P. Lebailly, Belgian, PhD, Lecturer, Professor, University of Liege, Belgium, Gembloux Agro-Bio Tech, Department of Economics and Rural Development, Gembloux, Belgium.

Should *Limnothrissa miodon* be Eaten and *Lamprichthys tanganicanus* Thrown? Proximate Analysis-based Arguments for a Lake Kivu Fish Resource Marketability

J. Walumona Riziki¹, F. Amisi Muvundja¹, P. Mande², M. Isumbiso¹, M. Kaningini¹ & P.M. Masilya^{1*}

Keywords: Feeding habits- Food Reluctance- Food security- Fisheries- Nutritional value- Lake Kivu- DRC

Summary

This study provides arguments based on proximate analysis of Limnothrissa miodon (Boulenger, 1906) and Lamprichthys tanganicanus (Boulenger), two introduced fishes in Lake Kivu from Lake Tanganyika to enhance consumers' attraction towards the neglected L. tanganicanus. The results indicated that L. tanganicanus and L. miodon have the same composition of mineral materials. Limnothrissa miodon was more protein- and calorie-rich than L. tanganicanus. The latter contained more fat. Despite these differences in macronutrient content, both L. tanganicanus and L. miodon are of high quality and accessible food resources that can contribute to food security and poverty alleviation by supplying animal proteins and other nutritional requirements to the poorest among the riparian population of Lake Kivu.

Résumé

***Limnothrissa miodon* devrait-il être mangé et *Lamprichthys tanganicanus* jeté? Des arguments basés sur l'analyse immédiate pour une commercialisation des ressources halieutiques du Lac Kivu**

Se basant sur les résultats de l'analyse immédiate de Limnothrissa miodon (Boulenger, 1906) et de Lamprichthys tanganicanus (Boulenger), deux poissons endémiques du lac Tanganyika introduits au lac Kivu, cette étude cherche à fournir des arguments pour intéresser de plus en plus les consommateurs à valoriser le trop négligé L. tanganicanus. Les résultats de cette étude ont montré que Limnothrissa miodon était plus protéique et plus énergétique que L. tanganicanus alors que ce dernier était plus gras. La composition en matière minérale était identique entre les deux espèces. Cependant, malgré ces différences entre les valeurs nutritionnelles, L. miodon et L. tanganicanus sont tous deux d'une grande valeur nutritive et constituent d'importantes ressources alimentaires pouvant contribuer à la réduction de la pauvreté et à la sécurité alimentaire en fournissant des protéines animales et autres éléments nutritifs requis aux populations démunies parmi les communautés riveraines du lac Kivu.

¹Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu (ISP-Bukavu), Département de Biologie-Chimie, Unité d'Enseignement et de Recherche en Hydrobiologie Appliquée (UERHA), Bukavu, Democratic Republic of Congo.

²Office Congolais de Contrôle (OCC), Bukavu, Democratic Republic of Congo.

*Corresponding author: Email: pascalmasilya@yahoo.fr

Received on 24.10.14 and accepted for publication on 12.03.15.

Introduction

Lake Kivu, one of the large lakes of the East-African rift, has a very poor fish fauna compared to other lakes in the region: only 29 species among which six were introduced (26). The most famous is the Tanganyika sardine *Limnothrissa miodon* introduced to Lake Kivu during the end of 50s (7). Its presence and growth permitted the development of an important fishery (34) and the reduction of protein-calorific borne malnutrition among the riparian communities (20, 23).

Despite the importance of the Tanganyika sardine as a nutritious food to the populations around this lake, little is known about its proximate composition, which would allow providing nutritional information (1, 32, 33) necessary for their maximum utilization (1). Only fatty acid profiles were recently established for these two fishes (24) but further information is still needed. In addition, human mortality due to malnutrition remains high, hovering around 10% in this area (28) and the prevalence of protein-calorific malnutrition is evaluated about 5% in the town of Bukavu (10). In this context, each resource easily accessible and nutritious should be sustainably exploited. Furthermore feeding habit reluctance against available resources should be minimized. *Lamprichthys tanganicanus*, Poeciliidae recently introduced in Lake Kivu (26, 27), has become spread and present in all fish catches from Lake Kivu. It constitutes together with *L. miodon* a good source of ω 3 fatty acids (24) which are known to be for the most part responsible of nutritional value of foodstuffs (4, 6, 36) and to prevent cardiovascular diseases (21). Unfortunately, despite its affordable cost (1.5 USD/kg) compared to that of imported fishes (~8 USD/kg) and even that of *L. miodon* (4 USD/kg), since 2006 when it appeared in Lake Kivu (26, 27), the riparian populations showed a reluctance regarding its consumption. The reluctance is comparable to that observed in Poland towards fishes raised in Poland compared with those imported from China despite the very low nutritional quality of the imported ones (36). *L. miodon* is widely preferred than *L. tanganicanus*.

The aim of this study is to compare the proximate composition of *L. miodon* and *L. tanganicanus*. The results of this comparison would allow the vulgarisation of this food item as an incentive for its consumption and marketability of the neglected.

Material and methods

Biology of the fishes studied

Limnothrissa miodon is morphologically easily distinguished from *L. tanganicanus* (Figure 1). Even if the mean size of these two species is in the same range at adult stage (total length ~ 85 cm) (24), *L. tanganicanus* has generally conspicuous coloration (olive greenish more or less darkened) with a series of blue spots at all sides of the lateral line (Figure 1) while *L. miodon* is recognized by a glittering aspect with silvery scales which stand out at any slightest touch. Concerning their ecology, *L. tanganicanus* lives mainly in the rocky shores and in pelagic area in the absence of predators (26) while *L. miodon* lives mainly in pelagic area (38) and only comes to the shorelines for breeding. These two species have almost the same diet (26) suggesting a high likelihood of interspecific competition in the conditions where available resources are limited.

Sampling

Fish samples analyzed in this study were collected using a 10 mm mesh-size fish net (length: 200 m; height: 9 m) in the Congolese side of Lake Kivu, Bukavu Bay (Nyalukemba-Muhumba) (Figure 2). They consisted of 36 specimens of *L. miodon* and *L. tanganicanus* adults of almost same size. In the field, immediately after fishing, they were sorted out by species thanks to their remarkable morphological patterns and measured (to nearest 1 mm length) the total length (TL) using a graduated board.

Fishes were dissected and their gut contents removed. Then the fish samples without gut contents were frozen.

Table 1
Mean proximate composition.

Component (% or mg/100 g)	<i>Limnothrissa miodon</i>	<i>Lamprichthys tanganicanus</i>
Moisture	70.6 ± 2.1 ^a	70.6 ± 1.7 ^a
Ash	11.9 ± 0.5 ^a	14.0 ± 2.4 ^a
Protein	50.6 ± 3.6 ^a	40.4 ± 3.8 ^b
Lipid	18.1 ± 0.2 ^a	21.9 ± 1.9 ^b
Energy content (kcal/100g)	359.6	375.0
Fatty acids groups (*)		
Total SAFA	43.5 ± 8.2	41.5 ± 7.6
Total MUFA	14.0 ± 3.9	17.8 ± 3.9
Total PUFA	42.4 ± 9.1	40.5 ± 9.1
Total ω3	33.5 ± 8.5	33.9 ± 9.0
Total ω6	8.9 ± 2.1	6.5 ± 1.7

(mean value ± SD), energy value (kcal/100 g) and total fatty acids groups (mean value ± SD) of *L. miodon* and *L. tanganicanus* of Lake Kivu (For each component, the different superscripts suggest the difference of the means is significant at the 0.05 statistical level).

(*) Results from Masilya (2011a)

SAFA: Saturated fatty acids, MUFA: Monounsaturated fatty acids, PUFA: Polyunsaturated fatty acids

The mean values of total proteins and total lipids were used to calculate the energy values of the two fish species. The calculations were made with the following energy equivalents: 4 kcal/g or 17 kJ/g for proteins and 9 kcal/g or 38 kJ/g for lipids (36).

Statistical analysis

Student t-test analysis was applied to determine differences between the mean values of different nutrients measured in the two fish species. All statistical tests were carried out under the R environment (R Development Core Team 2005).

Results

The different crude nutrient contents analysed vary from one species to the other as indicated by the proximate composition analysis (Table 1). Thus, the concentration of ash (11.9% vs 14.0%) (Student t-test, $p=0.144$) and moisture (70.6% vs 70.6%) (Student t-test, $p=0.983$) of these two species were comparable. However protein (50.6% vs 40.4%) (Student t-test, $p=0.025$) and lipid (18.1% vs 21.9%) (Student t-test, $p=0.023$) contents differed substantially. In other words, our findings (Table 1)

indicate that *L. miodon* contains more protein and more calories (359.6 kcal) than *L. tanganicanus* (375.0 kcal). The latter one contained more fat than the first one.

Discussion

The present study compares the proximate composition of *Limnothrissa miodon* and *Lamprichthys tanganicanus*, two fish resources on which the fisheries industry is currently relying. Both species represent 5,000 to 6,000 metric tons of fish stocks (16), either an economical potential of 20 to 24 million US dollars *per annum*. The result of crude protein content reveals the potential of these two fish species to be used to fight malnutrition diseases. Indeed, although having a low percentage of crude protein compared to that of *L. miodon*, the content of *L. tanganicanus* remains far higher than that measured on some species like *Oreochromis niloticus* (13, 31, 36), *Clarias gariepinus* (12, 32, 33), appreciably consumed in other African countries and found also in Lake Kivu or other marketed fishes in its surrounding towns such as *Lates niloticus* (11, 19) and *Chrysichthys nigrodigitatus* (30).

Nevertheless local communities do not like eating *L. tanganicanus* probably because it is still recent within the lake, new in their feeding habits and also because of wariness caused by a non-recognized origin by the consumers. However it is known that a larger number of consumers do eat fish because of its availability, flavours and palatability but not necessarily due to its nutritional value which most of the time is not known traditionally (13, 36). According to Comelade (8) and Usyduş *et al.* (35), fatty fishes are those which experience a crude lipid content situated between 10 and 20%. Therefore based on this classification, both *L. miodon* and *L. tanganicanus* can be classified as fatty fishes. The higher fatty content in these two fish species and their higher percentage of PUFA (*L. tanganicanus* vs. *L. miodon*: 40.5 vs 42.4%), especially the percentage of the ω -3 fatty acids (33.9 % vs 33.5 %, Table 1; 23), indicated a high nutritional value (18, 36). So, their regular consumption can prevent coronary and cardiovascular diseases (21, 36) and may also lead to an improvement in learning ability (14, 15, 22, 37). However, the high crude lipid content of *L. tanganicanus* compared to that of *L. miodon* exposes *L. tanganicanus* to a faster degradation due to its high lipid composition (17) and would explain the complaints of the fishermen that they do not like to capture *L. tanganicanus* in their fish nets because it degrades faster. Moreover, Lake Kivu fishermen do not have access to preservation facilities: fishing activities are conducted at night and followed by product sales in the morning in poor hygiene and preservation conditions. Many other consumers do not appreciate *L. miodon* due to its skin which remains tough even though it is cooked.

The higher crude ash content obtained for the two species analysed is an indicator that they are good sources of crude minerals that contribute greatly to good health (9). However, the ash values obtained are very high compared with those obtained for other types of freshwater (29, 32, 33, 36), brackish water (1) and marine fishes (29, 36). This difference would be explained by the fact that our samples were made of entire fishes (i.e., in the state that the population consumes them) including bones and scales which are known as being very rich in limestone (2, 5).

Finally, with regard to the results of this study, it may be concluded that *L. miodon* as well as *L. tanganicanus* are suitable foods for human diet. Therefore, in the context of the persistence of malnutrition and extreme poverty among the populations surrounding Lake Kivu, it is necessary to incorporate *L. tanganicanus* into the dietary habits of the populations as an important nutritional resource, especially because it becomes more and more abundant in the lake fish stock.

Knowing that it is not easy to bend the course of people's food preference, different approaches (socio-economic and food biotechnological) are needed for the product advertise and marketing, in order to ensure *L. tanganicanus* is also consumed in all cities surrounding Lake Kivu. The consumption of this fish resource is also essential for the sustainability of Lake Kivu fisheries, given the reported ecological competition between *L. miodon* and *L. tanganicanus* which is characterized by diet overlap and habitat competition (25, 26).

Acknowledgments

We wish to thank our fishermen team for the field assistance. We would also like to appreciate the assistance of Dr. J. Rodriguez for accepting to review the language writing in this manuscript.

Literature

1. Adejonwo O.A., Kolade O.Y., Ibrahim A.O., Oramadike C.E. & Ozor P.A., 2010, Proximate and anatomical weight composition of wild Brackish *Tilapia guineensis* and *Tilapia melanotheron*, *Internet J. Food Saf.*, **12**, 100-103.
2. Adewoye S.O. & Omotosho J.S., 2003, Nutrient Composition of some freshwater fishes in Nigeria, *Biosci. Res. Commun.*, **11**, 4, 333-336.
3. Association of Official Analytical Chemistry (AOAC), 1994, *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, Vols. I & II, Association of Analytical Chemists, Arlington.

4. Ballantyne A.P., Brett M.T. & Schindler D.E., 2003, The importance of dietary phosphorus highly unsaturated fatty acids for sockeye (*Oncorhynchus nerka*) growth in Lake Washington– a bioenergetics approach, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **60**, 12-22.
5. Boyd C.E. & Davis J.A., 1978, Concentration of selected element and ash in Bluegill (*Lepomis macrochirus*) and certain other freshwater fish, *Trans. Am. Fish Soc.*, **107**, 6, 862-867.
6. Brett M.T. & Müller-Navarra D.C., 1997, The role of highly unsaturated fatty acids in aquatic foodweb processes, *Freshw. Biol.*, **38**, 483-499.
7. Collart, A., 1960, L'introduction du *Stolothrissa tanganicae* (Ndagala) au lac Kivu, *Bull. Agric. Congo Belge*, **51**, 4, 975-985.
8. Comelade E., 1998, *Technologie et hygiène alimentaire*, 2 cahier. Edition Jacques Lanore, Malakoff, France.
9. Craig S. & Helfrich L.A., 2009, Understanding Fish Nutrition, Feeds and Feeding, *Virginia Cooperative Extension Service Publ.*, **420-252**, 1-4.
10. DSCRCP, 2006, *Document de la Stratégie de croissance et de réduction de la pauvreté: DSCRCP/ Sud-Kivu*, Ministère du Plan, République Démocratique du Congo.
11. Effiong B.N. & Fakunle J.O., 2012, Proximate and mineral content of traditional smoked fish species from Lake Kainji, Nigeria, *Bull. of Environ., Pharmacol. Life Sci.*, **1**, 4, 43-45.
12. Emmanuel B.E., Oshionebo C. & Aladetohun N.F., 2011, Comparative analysis of the proximate composition of *Tarpon atlanticus* and *Clarias gariepinus* from culture systems in South-Western Nigeria, *Afr. J. Food Agric. Nutr. Dev.*, **11**, 6, 5344-5359.
13. Fawole O.O., Ogundiran M.A. & Ayandiran T.A., Olagunju O.F., 2007, Proximate and mineral composition in some selected fresh water fishes in Nigeria, *Internet J. Food Saf.*, **9**, 52-56.
14. Gamoh S., Hashimoto M., Sugioka K., Shahdat Hossain M., Hata N., Misawa Y. & Masumura S., 1999, Chronic administration of docosahexaenoic acid improves reference memory-related learning ability in young rats, *Neurosci.*, **93**, 1, 237-241.
15. Gamoh S., Hashimoto M. and Yanagimoto K., 2011, Krill-derived Phospholipids Rich in n-3 Fatty Acid Improve Spatial Memory in Adult Rats, *J. Agric. Sci.*, **3**, 4, 3-12.
16. Guillard J, Darchambeau F, Masilya M.P. & Descy J.-P., 2012, Is the fishery of the introduced Tanganyika sardine (*Limnothrissa miodon*) in Lake Kivu (East Africa) sustainable? *J. Great Lakes Res.*, **38**, 524-533.
17. Huss H.H., 1995, *Quality and quality changes in fresh fish*. FAO Fisheries Technical Paper-348, Rome.
18. Jayasinghe C., Gotoh N. & Wada S., 2003, Variation in lipid classes and fatty acid composition of salmon shark (*Lamna ditropis*) liver with season and gender, *CBP, B*, **134**, 287-295.
19. Kabahenda M.K., Amega R., Kalany E.O., Husken S.M.C. & Heck S., 2011, Protein and Micronutrient Composition of Low-Value Fish Products Commonly Marketed in the Lake Victoria Region, *World J. Agric. Sci.*, **7**, 5, 521-526.
20. Kaningini M., 1995, *Etude de la croissance, de la reproduction et de l'exploitation de Limnothrissa miodon au lac Kivu, bassin de Bukavu (Zaire)*. Faculté de Sciences. Thèse doctorale. PUN, Namur (Belgique).
21. Kris-Etherton P.M, Harris W.S. & Appel L.J., 2002, Fish Consumption, Fish Oil, Omega-3 Fatty Acids and Cardiovascular Disease, *J. Am. Heart Dis.*, **106**, 2747-2757
22. Lim S.-Y. & Suzuki H., 2000, Intakes of Dietary Docosahexaenoic Acid Ethyl Ester and Egg Phosphatidylcholine Improve Maze-Learning Ability in Young and old Mice, *J. Nutrit. Neurosci.*, 1629-1632.
23. Mahy L., 1989, *La vulgarisation et aspects nutritionnels de Limnothrissa miodon*. In: Compte rendu du séminaire trente ans après l'introduction de l'Isambaza au lac Kivu. RWA/87/012/DOC/TR/16 (Fr).
24. Masilya M.P., 2011a, *Ecologie alimentaire comparée de Limnothrissa miodon et de Lamprichthys tanganicanus au Lac Kivu (Afrique de l'est)*. Thèse de doctorat, PUN, Namur (Belgique).
25. Masilya M.P., 2011b, *L'avenir de la pêche au lac Kivu (R.D Congo). Que faire de Lamprichthys tanganicanus, un poisson récemment introduit au lac Kivu?* Revue Questions Scientifiques, **182**, 4, 425-432.

26. Masilya M.P., Darchambeau F., Isumbiso M. & Descy J.-P., 2011, Diet overlap between the newly introduced *Lamprichthys tanganicanus* and the Tanganyika sardine in Lake Kivu, eastern Africa, *Hydrobiologia*, **675**, 75-86.
27. Muderhwa N. & Matabaro L., 2010, The introduction of the endemic fish species, *Lamprichthys tanganicanus* (Poeciliidae), from Lake Tanganyika into Lake Kivu: possible causes and effects, *Aquatic Ecosyst. Health & Manage.*, **13**, 203- 213.
28. OCHA, 2005, *Rapport de la mission d'évaluation des besoins humains de la Province du Sud-Kivu*.
29. Olagunju A., Muhammad A., Mada S.B., Mohammed A., Mohammed H.A. & Mahmoud K.T., 2012, Nutrient composition of Tilapia zilli, *Hemisynodontis membranacea*, *Clupea harengus* and *Scomber scombrus* consumed in Zaria, *World J. Life Sci. Med. Res.*, **2**, 16-19.
30. Olele N.F., 2012, Nutrient composition of *Gnathonemus tamandua*, *Chrysichtys nigrodigitatus* and *Auchenoglanis biscutatus* caught from river Niger, *Nigerian J. Agric. Food Environ.*, **8**, 2, 21-27.
31. Onyia L.U., Milam C., Manu J.M. & Allison D.S., 2010, Proximate and mineral composition in some freshwater fishes in upper river Benué, Yola Nigeria, *Cont. J. Food Sci. & Technol.*, **4**, 1-6.
32. Osibona A.O., Kusemiju K. & Akande G.R., 2006, Proximate composition and fatty acids profile of the African Catfish *Clarias gariepinus*, *Acta Satech*, **3**, 1, 1-5.
33. Osibona A.O., 2011, Comparative study of proximate composition, amino and fatty acids of some economically important fish species in Lagos, Nigeria, *Afr. J. Food Sci.*, **5**, 10, 581-588.
34. Spliethoff P.C., de Iongh H.H., Frank, V., 1983, Success of the introduction of the freshwater clupeid *Limnothrissa miodon* (Boulenger) in Lake Kivu, *Fish. Manage.*, **14**, 17-31.
35. Thoulon-Page C., 1997, *Pratique diététique courante*, 5^{ed} Masson, Collection Abrégés, Paris.
36. Usydus Z., Szlider-Richert J., Adamszyk M. & Szatkowska U., 2011, Marine and farmed fish in the polish market: comparison of the nutritional value, *Food chem.*, **126**, 78-84.
37. Vakhapova V., Cohen T., Richter Y., Herzog Y. & Korczyn A.D., 2010, Phosphatidylserine containing omega-3 fatty acids may improve memory abilities in non-demented elderly with memory complaints: a double-blind placebo-controlled trial, *Dement. Geriatr. Cogn. Disord.*, **9**, 5, 467-474.
38. Whitehead, P.J.P., 1985, *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. *FAO Fish. Synop.*, **125**, 7/1, 1-303.

J. Walumona Riziki, Congolais R.D., Licencié, Assistant, Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu, Département de Chimie-Physique, Unité d'Enseignement et de Recherche en Hydrobiologie Appliquée, Bukavu, Democratic Republic of Congo. F. Amisi Muvundja, Congolais R.D., PhD, Professeur, Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu, Département de Biologie-Chimie, Unité d'Enseignement et de Recherche en Hydrobiologie Appliquée, Bukavu, Democratic Republic of Congo. P. Mande, Congolais R.D., Licencié, Technicien de laboratoire, Office Congolais de Contrôle, Bukavu, Democratic Republic of

Congo. M. Isumbiso, Congolais R.D., PhD, Professeur, Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu, Département de Biologie-Chimie, Unité d'Enseignement et de Recherche en Hydrobiologie Appliquée, Bukavu, Democratic Republic of Congo.

M. Kaningini, Congolais R.D., PhD, Professeur, Professeur, Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu, Département de Biologie-Chimie, Unité d'Enseignement et de Recherche en Hydrobiologie Appliquée, Bukavu, Democratic Republic of Congo.

P.M. Masilya, Congolais R.D., PhD, Professeur Associé, Professeur, Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu, Département de Biologie-Chimie, Unité d'Enseignement et de Recherche en Hydrobiologie Appliquée, Bukavu, Democratic Republic of Congo.

Connaissance indigène des procédés de production du beurre de *Pentadesma butyracea* Sabine au Bénin

M.V. Aïssi¹, R.A. Sogbégnon², A.K. Natta² & M.M. Soumanou^{1*}

Keywords: *Pentadesma butyracea*- Butter- Production- Ethnic group- Benin

Résumé

Pentadesma butyracea Sabine est une espèce forestière qui produit des fruits contenant des graines oléagineuses dont on extrait un beurre similaire au beurre de karité. Ce beurre, jusque-là très peu connu, est obtenu traditionnellement par un procédé peu documenté. Basée sur une enquête technologique en milieu rural et une analyse factorielle des correspondances (AFC), cette étude contribue à une meilleure connaissance de la technologie traditionnelle de production du beurre de *P. butyracea* au Bénin. Ainsi, d'après les résultats obtenus, le beurre de *P. butyracea* est produit par douze principales opérations unitaires successives mises en œuvre par des transformatrices appartenant à huit ethnies différentes. Deux types de prétraitements thermiques, à savoir la cuisson à l'eau et la torréfaction dans un four traditionnel sont appliqués aux graines de *P. butyracea*. L'influence ethnique, notamment sur le type de prétraitement thermique appliqué aux graines d'une part et les différentes opérations unitaires de transformation mises en œuvre depuis le ramassage des fruits jusqu'à l'obtention du beurre d'autre part, a été rapportée. La meilleure connaissance des procédés traditionnels de production de ce beurre permettra d'envisager leur amélioration en milieu rural.

Summary

Indigenous Knowledge on Production Processes of *Pentadesma butyracea* Sabine Butter in Benin

Pentadesma butyracea Sabine is a tree that produces fruits containing oleaginous seeds from which butter, similar to shea butter, is extracted. This butter so far insufficiently known, is obtained traditionally by a poorly documented process. Based on a technological investigation in the rural area and a factorial correspondences analysis (FCA), this study contributes to a better knowledge of the traditional technology of the *P. butyracea* butter production in Benin. *P. butyracea* butter is extracted by twelve main successive unit operations. The transformers involved in the butter production belong to eight different ethnic groups. Two types of thermal pretreatments, namely cooking with water and roasting in a traditional furnace are applied to *P. butyracea* seeds. The influence of the ethnic group was reported, especially on the type of the thermal pretreatment applied to the seeds as well as the various unit operations of transformation implemented from fruit picking up to obtaining butter. This better knowledge will allow improving the traditional processes of the *P. butyracea* butter production in rural environment.

¹Université d'Abomey-Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Unité de Recherche en Génie Enzymatique et Alimentaire, Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée, Cotonou, Bénin

²Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Parakou, Bénin

*Auteur correspondant: Email: msoumanoufr@yahoo.fr, mohamed.soumanou@epac.uac.bj.

Introduction

Les forêts africaines regorgent de nombreuses agro-ressources encore peu connues et souvent mal exploitées de ce fait. Parmi les essences forestières en général et les espèces ligneuses à usages multiples (LUM) en particulier, on distingue des espèces fruitières qui produisent des fruits dont les graines peuvent être transformées. *Pentadesma butyracea* Sabine (*Clusiaceae*) est l'une de ces espèces dont l'aire de répartition s'étend dans plusieurs pays de l'Afrique de l'Ouest et du Centre. C'est une des espèces ligneuses sauvages négligées, menacées de disparition et prioritaires pour plusieurs pays d'Afrique au Sud du Sahara (10, 17). Cet arbre retrouvé au Bénin dans les forêts galeries (1, 13) produit des fruits contenant des graines oléagineuses dont on peut tirer un beurre semblable au beurre de karité (*Vitellaria paradoxa*) (3).

Depuis un peu plus d'une décennie au Bénin, la recherche en matière de conservation et d'utilisation durable de cette espèce ligneuse s'est accrue et est entrain de combler le manque d'informations dans des domaines variés. Citons entre autres la localisation et la quantification de la ressource (13, 15-16), l'ethnobotanie et l'importance socio-économique de la ressource (5, 6, 14, 18), la caractérisation morphologique de l'arbre, des fruits et des graines (9), l'étude chimique des extraits de différentes parties de l'arbre (4), la caractérisation chimique du beurre (19), la caractérisation physique des graines (2), l'étude de l'effet des prétraitements des amandes sur la technologie d'extraction et la qualité du beurre (3), la transformation du beurre en équivalent de beurre de cacao (20). Tout ceci contribue à la conservation, à la promotion et à la valorisation de *P. butyracea* Sabine et permettra de disposer d'informations pour la création d'un embryon de filière. Toutefois, il est à relever que la technologie de production du beurre, produit phare de cette espèce ligneuse demeure peu connue. Le procédé d'extraction est peu documenté. Or, dans nos pays en voie de développement, les conditions de stockage et de transformation des produits agricoles sont essentiellement artisanales et traditionnelles.

En raison de la méconnaissance de ce beurre, les transformatrices mélangent les graines de *P. butyracea* aux amandes de karité et produisent un beurre mixte issu d'un mélange à proportion très variable des amandes de ces deux espèces (3). Ce fait permet d'envisager une similarité des procédés traditionnels d'extraction des beurres fournis par ces deux espèces. Selon Masters (12), les méthodes d'extraction traditionnelles constituent un savoir technique précieux, une source de revenus pour les plus pauvres des pauvres. L'étude du procédé traditionnel de production du beurre de *P. butyracea* est donc opportun en ce sens qu'il permettra de mieux le connaître et d'envisager des voies de son amélioration. Ainsi, pourra-t-on mieux valoriser ce beurre et permettre aux transformatrices d'améliorer subséquemment leurs revenus sans être obligées de vendre le beurre et/ou les graines de *P. butyracea* mélangés à ceux du karité. La présente étude vise donc à documenter les connaissances endogènes relatives à la technologie de production du beurre de *P. butyracea* en montrant l'influence ethnique notamment sur le type de prétraitement thermique appliqué aux graines d'une part et les différentes opérations unitaires de transformation mises en œuvre depuis le ramassage des fruits jusqu'à l'obtention du beurre.

Matériel et méthodes

Collecte des données

Ce travail est essentiellement basé sur une enquête et une analyse de données. L'enquête a été réalisée en deux étapes. Une première étape de prospection générale a été effectuée dans l'aire de répartition de l'espèce afin de recenser les sites de présence du *P. butyracea* en présentant aux populations rencontrées une photo de l'arbre, des fruits et des graines. Cette première prospection réalisée un mois plus tôt a permis de mieux préparer l'étape de collecte de données proprement dite. La collecte de données sur la base d'un questionnaire et par l'entremise d'entretiens semi-structurés individuels et collectifs a eu lieu de février à mars 2010. Les questions concernaient les types de prétraitement thermique post-récolte appliqués aux graines fraîches de *P. butyracea*, les opérations unitaires de

transformation traditionnelle des graines de *P. butyracea* en beurre et les différents groupes ethniques des transformatrices impliqués dans cette activité.

Au Bénin, *P. butyracea* est plus abondant dans deux grandes régions: au Nord-Ouest dans les communes de Toucountouna et de Natitingou (15) et au centre dans les communes de Bassila et de Tchaourou (16). Les données ont été collectées chez 307 personnes (301 femmes et 6 hommes) dans onze localités de ces quatre communes choisies sur la base de l'abondance des peuplements naturels de *P. butyracea* et d'une tradition de transformation des fruits de cette espèce.

Analyse des données

Les fiches d'enquêtes ont été dépouillées et encodées à l'aide du logiciel Microsoft Excel 2007 qui a également servi au calcul des fréquences. Une étude des relations entre les différents groupes ethniques des transformatrices enquêtées et les prétraitements thermiques d'une part et les opérations unitaires mises en œuvre d'autre part a ensuite été faite grâce à une analyse factorielle des correspondances (AFC) proposée par Benzécri (7) et appliquée aux tableaux de contingence récapitulant les proportions des différents groupes ethniques réalisant les différents prétraitements thermiques d'une part et les différentes opérations unitaires de transformation des graines en beurre d'autre part identifiés au cours de l'enquête. Cette méthode statistique exécutée à l'aide du logiciel SAS 9.1 a permis la projection sur un système d'axes des points-lignes correspondant aux ethnies et des points colonnes correspondant aux prétraitements thermiques ou aux opérations unitaires. Ainsi, a-t-il été possible d'identifier les ethnies appliquant les prétraitements thermiques et mettant en œuvre les différentes opérations unitaires.

Résultats et discussion

Caractéristiques socio-démographiques des producteurs de beurre de *P. butyracea*

Au Bénin, la transformation des graines de *P. butyracea* est une activité féminine qui occupe environ 300 femmes d'origines diverses et appartenant à huit groupes ethniques: Anii (10,33 %) et Nago (6,33%) au Centre; Otamari (31,67 %), Waama (41%), Nateni (7%), Natimba (2,33%), Bariba (1%) et Peulh (0,33%) au Nord-Ouest. Elles sont âgées de 19 à 80 ans, dont la majorité se situe entre 25 et 50 ans (78%). La plupart des transformatrices était des autochtones (70,67%) et analphabètes (98,77%). Tout comme la production du beurre de karité, la transformation des graines de *P. butyracea* est une activité secondaire aux travaux champêtres auxquels ces femmes sont principalement occupées.

Description du procédé traditionnel de production du beurre de *P. butyracea*

La transformation des graines de *P. butyracea* en beurre se résume à 12 opérations unitaires majeures (Tableau 1). Ces opérations ne sont ni toutes mises en œuvre en même temps, ni effectuées de la même façon par les transformatrices. Les différences observées sont relatives les unes au choix des opérations unitaires successives exécutées entre le dépulpage des fruits et l'obtention du beurre, les autres à leurs conditions de réalisation et à leur durée. Deux principales variantes du procédé de production de beurre de *P. butyracea* essentiellement artisanal peuvent être distinguées (Figure 1). Ces variantes sont liées aux groupes ethniques. Ainsi, la variante 1 qui est la plus utilisée par les Otamari, les Waama, les Nateni, les Natimba, les Bariba et les Peulh se révèle être la plus dominante tandis que la variante 2 est la plus utilisée par les Anii et les Nago. Cette dernière variante est en train d'être progressivement abandonnée principalement en raison de son très faible rendement en beurre (soit au plus le vingtième de la masse d'amandes) et de la pénibilité du pilage des graines non traitées séchées qui sont particulièrement très dures.

Tableau 1

Principales opérations unitaires de la technologie traditionnelle d'extraction aqueuse du beurre de *P. butyracea*.

N° de l'opération unitaire	Identification	Description
1	Ramassage/collecte et dépulpage du fruit/extraction des graines	Les fruits mûrs tombés à terre sont ramassés et les graines extraites de la pulpe du fruit de deux façons : les graines fraîches sont directement extraites de la pulpe des fruits laissés décomposer quelques jours ou les fruits mis en tas sont laissés sécher durant quelques jours et sont ensuite pilés pour extraire les graines.
2	Prétraitement thermique des graines fraîches	Deux types de prétraitements thermiques des graines sont effectués : l'ébouillantage ou la cuisson à l'eau et le traitement au four traditionnel désigné par plusieurs termes : « fumage », « rôtissage », « séchage » et « torréfaction ».
3	Séchage solaire des graines prétraitées	Les graines prétraitées en général et bouillies en particulier sont séchées au soleil pendant quelques jours à quelques semaines.
4	Lavage et séchage solaire des graines fraîches	Les graines fraîches entières ne subissant aucun prétraitement thermique (non traitées) sont nettoyées à l'eau puis séchées au soleil pendant quelques semaines.
5	Pilage / Concassage des graines prétraitées	La taille des graines prétraitées séchées est réduite à l'aide de pilons et de mortiers.
6	Grillage / Torréfaction des graines à la marmite	Les graines pilées sont directement grillées dans une marmite tandis que les graines entières souvent non traitées le sont en présence de petites pierres ou dans du beurre de karité.
7	Pilage ou concassage des graines torréfiées	Un pilage des graines prétraitées ou non, grillées ou torréfiées est effectué surtout lorsque les graines doivent être moulues à la pierre.
8	Mouture à la pierre/moulin des graines grillées pilées	Les graines grillées pilées sont moulues sur des meules en pierre ou au moulin à maïs.
9	Barattage ou malaxage de la pâte de graines grillées	La pâte obtenue après mouture des graines grillées est pétrie vigoureusement à la main avec des ajouts périodiques d'eau froide, tiède ou chaude ou malaxée sur le feu après ajout d'eau froide à l'aide d'une palette en bois.
10	Rinçage/Lavage du beurre sale	Le surnageant solide (beurre sale) obtenu après le barattage manuel est rincé à l'eau froide.
11	Chauffage/Cuisson du beurre	Le beurre lavé après barattage ou le beurre liquide surnageant récupéré après malaxage au feu est chauffé à feu doux dans une marmite jusqu'à évaporation complète de l'eau qu'il contient.
12	Décantation/Filtrage, refroidissement et conditionnement.	Le beurre liquide chaud obtenu est laissé au repos afin que les résidus de cuisson se déposent au fond de la marmite. Il peut être filtré sur toile pour davantage séparer le beurre des impuretés. Le beurre décanté filtré est laissé refroidi et est conditionné soit en petites boules pour la vente, soit dans divers récipients pour l'usage domestique.

Il est à noter qu'une inter combinaison des opérations unitaires préliminaires à l'extraction proprement dite du beurre est possible entre les deux variantes. Le procédé de transformation des graines de *P. butyracea* en beurre se rapproche de celui de la transformation des amandes de karité en beurre rapporté par Honfo et *al.* (11) au Bénin et Dandjouma et *al.* (8) au Cameroun, excepté l'étape de décorticage des noix de karité.

Les graines de *P. butyracea* n'ont en effet pas de coques.

Relations entre les groupes ethniques des transformatrices et le type de prétraitement thermique appliqué aux graines fraîches

Les proportions de l'effectif total des personnes interrogées appartenant à différentes ethnies, appliquant ou non un prétraitement thermique aux graines fraîches de *P. butyracea* ont été déterminées (Tableau 2). Ainsi, quatre catégories de transformatrices ont été répertoriées à savoir: celles qui prétraitent les graines fraîches au four traditionnel (Four), celles qui les bouillent (Bouilli), celles qui font l'un ou l'autre des deux prétraitements précédents (Four ou Bouilli) et celles qui n'appliquent aucun prétraitement thermique (Non traité).

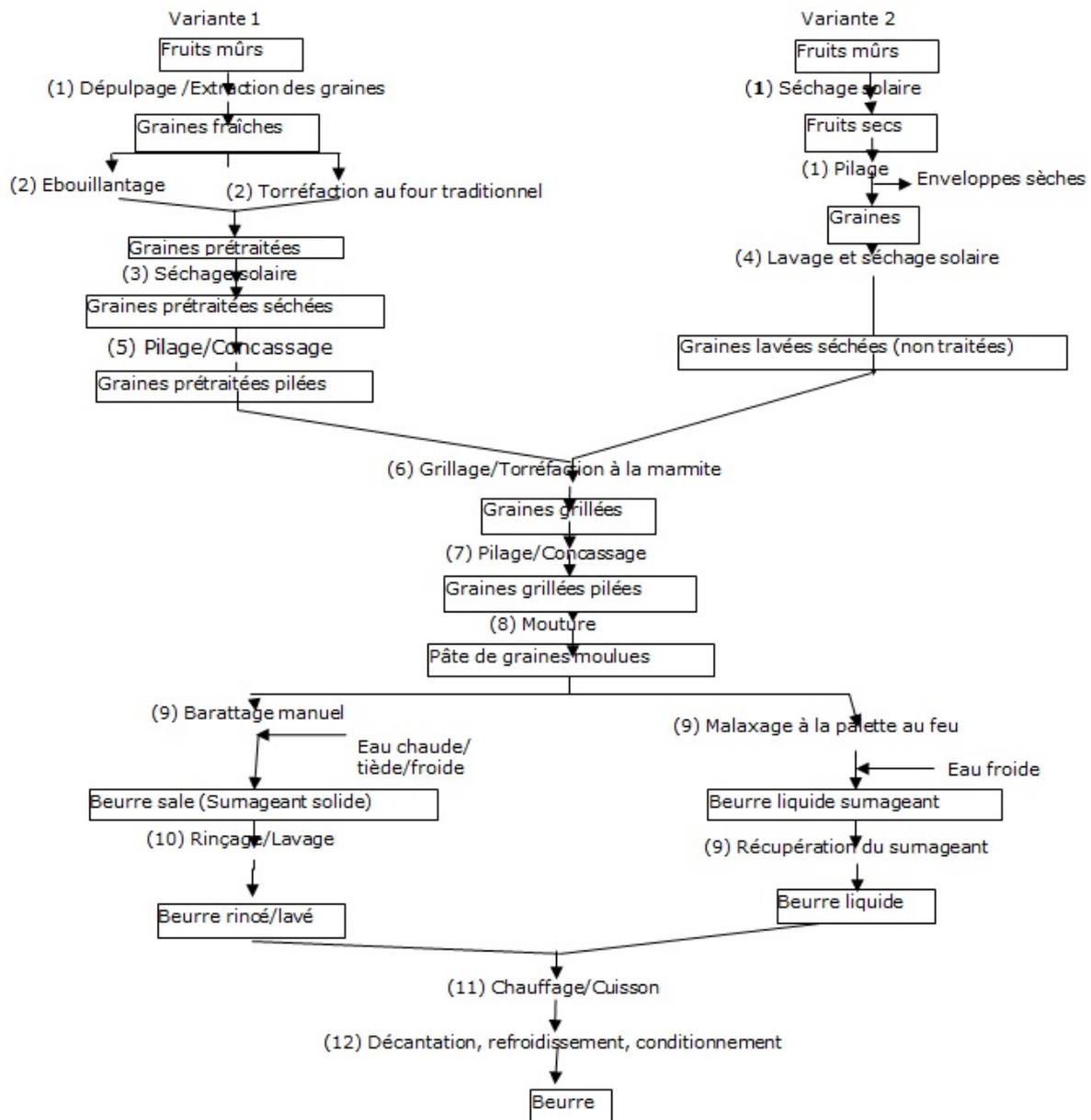


Figure 1: Procédé traditionnel de production de beurre de *P. butyracea*.

Tableau 2

Proportion (%) de l'effectif total des personnes interrogées d'ethnies différentes réalisant les différents prétraitements thermiques.

Groupe ethnique	Prétraitements			
	Four	Bouilli	Four ou bouilli	Non traité
Otamari	24,33	3,67	3,67	0
Bariba	0	1	0	0
Waama	4,67	32	4,33	0
Nateni	0,67	6,33	0	0
Anii	0	0	0	10,33
Nago	0	0	0	6,33
Natimba	0	2,33	0	0
Peulh	0	0,33	0	0

Les résultats relatifs à l'importance des axes de l'analyse AFC ont montré que les deux axes permettent d'expliquer 99,22% des variations relatives aux informations initiales sur les ethnies et les prétraitements thermiques.

L'analyse de la qualité de représentation des points à partir de leur cosinus carré et de la contribution des points à la formation des axes a permis de préciser l'axe sur lequel la position des points sera interprétée.

Ainsi, en ce qui concerne les points-lignes, les ethnies Anii et Nago sont mieux représentées sur l'axe 1 tandis que les ethnies Otamari, Bariba, Waama, Nateni, Natimba et Peulh le sont sur l'axe 2. Quant aux points-colonnes, les prétraitements Four ou Bouilli d'une part et Non Traité d'autre part sont mieux représentés sur l'axe 1. Sur l'axe 2, sont mieux représentés, le prétraitement Four d'une part et le prétraitement Bouilli d'autre part. La figure 2, montre le positionnement des points-lignes et points-colonnes correspondant respectivement aux groupes ethniques et types de prétraitement sur les deux axes.

L'analyse du graphique a révélé que sur l'axe 1, une opposition entre les prétraitements Four ou Bouilli d'une part et Non traité d'autre part est notée. Par contre, une convergence entre les ethnies Anii et Nago qui sont toutes deux du côté du prétraitement Non Traité a été constatée.

On peut donc dire que les transformatrices d'ethnies Anii et Nago (16,66 %) ne traitent pas les graines de *P. butyracea* alors que celles de toutes les autres ethnies (83,34 %) bouillissent ou traitent les graines au four.

Sur l'axe 2, une opposition entre l'ethnie Otamari d'une part et les ethnies Bariba, Waama, Nateni, Natimba et Peulh d'autre part a été observée. Par contre, une convergence entre les ethnies Waama, Nateni, Bariba, Natimba et Peulh a été remarquée. Cette convergence est totale pour ces trois dernières ethnies. Au niveau, des prétraitements, une opposition nette entre le prétraitement Four qui est du côté de l'ethnie Otamari et le prétraitement Bouilli qui est du côté des ethnies Waama, Nateni, Bariba, Natimba et Peulh par ordre décroissant d'importance est observée. On peut donc déduire que les transformatrices d'ethnie Otamari préfèrent prétraiter les graines de *P. butyracea* au four traditionnel tandis que celles des ethnies Waama, Nateni, Bariba, Natimba et Peulh ont une préférence pour l'ébouillantage. Il importe de signaler que les transformatrices qui pratiquent les deux types de prétraitements thermiques ont une préférence pour l'ébouillantage qui d'après elles, est le prétraitement qui permet d'obtenir les taux d'extraction en beurre les plus élevés, soit en moyenne le tiers de la masse d'amandes séchées transformées contre le cinquième avec les amandes prétraitées au four.

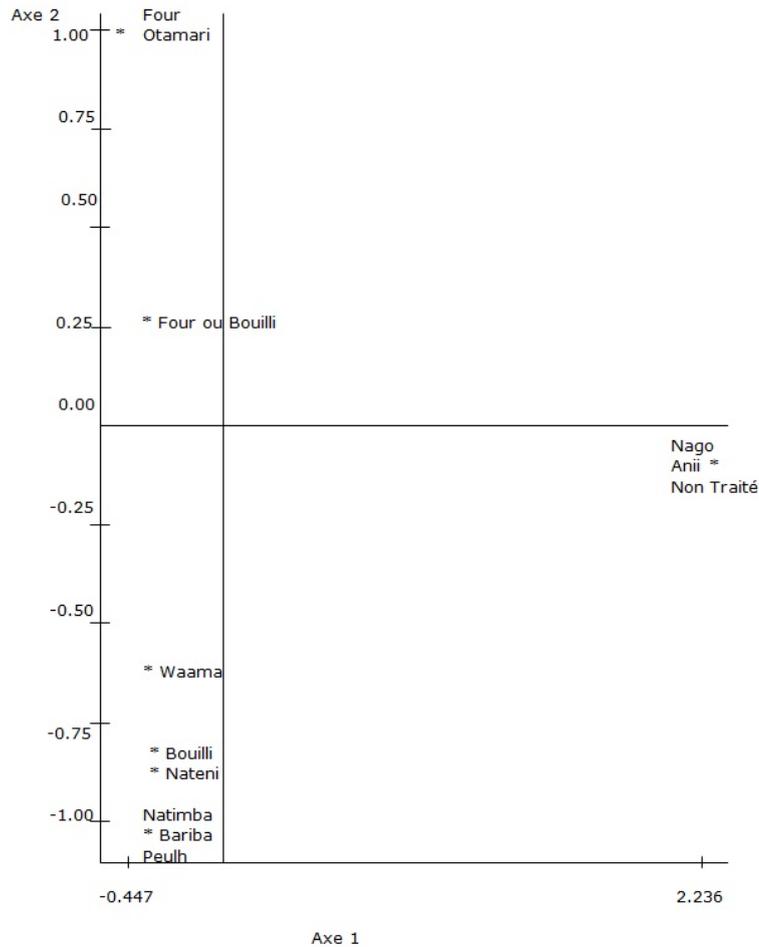


Figure 2: Relations entre groupes ethniques et types de prétraitement.

Légende: Four= Torréfaction, fumage ou séchage des graines fraîches au four traditionnel; Bouilli= Ebouillantage ou cuisson à l'eau des graines fraîches; Non Traité= Aucun prétraitement thermique appliqué aux graines fraîches.

Tableau 3

Proportion (%) de l'effectif total des personnes interrogées d'ethnies différentes réalisant chacune des douze opérations unitaires.

Groupe ethnique	N° Opérations unitaires											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Otamari	31,33	31,67	27,33	0	31,67	31,67	27,33	31,67	31,67	31,67	31,67	31,67
Bariba	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Waama	41	40,67	40,33	0	41	41	41	41	41	41	41	41
Nateni	7	6,67	6,67	0	7	7	7	7	7	7	7	7
Anii	10,33	0	10,33	10,33	0	10,33	10,33	10,33	10,33	0	10,33	10,33
Nago	6,33	0	6,33	6,33	0	6,33	6,33	6,33	6,33	0	6,33	6,33
Natimba	2,33	2,33	2,33	0	2,33	2,33	2,33	2,33	2,33	2,33	2,33	2,33
Peulh	0,33	0,33	0,33	0	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33

Cette observation a été confirmée expérimentalement par Aïssi *et al.* (3) qui ont obtenu des taux d'extraction de $33,5 \pm 4,1\%$ avec les amandes bouillies séchées et de $25 \pm 2,3\%$ avec les amandes rôties au four lors de l'étude de l'influence des prétraitements post-récolte des amandes de *Pentadesma butyracea* (Sabine) sur la technologie d'extraction en milieu réel et la qualité du beurre. Ces auteurs ont révélé que les prétraitements thermiques appliqués aux graines influencent les teneurs en divers constituants du beurre.

L'ébouillantage des graines préserve mieux la composition du beurre qui reste marquée par les deux acides gras prépondérants que sont l'acide stéarique et l'acide oléique et les tocophérols tels que l' α et le δ -tocophérol.

Relations groupes ethniques des transformatrices - opérations unitaires de transformation

La fabrication du beurre de *P. butyracea* telle que réalisée traditionnellement dans les différentes régions visitées suit, à quelques variantes près, un schéma similaire. Les proportions de l'effectif total des personnes interrogées appartenant à différentes ethnies réalisant chacune des douze opérations unitaires ci-avant identifiées ont été récapitulées dans le tableau 3. Dans chaque ethnie, une des douze opérations unitaires n'est souvent pas réalisée.

Les douze principales opérations unitaires identifiées et décrites ont été analysées par rapport aux groupes ethniques à l'aide de l'outil d'analyse AFC afin de mieux cerner les relations entre les groupes ethniques des transformatrices et les différentes opérations unitaires exécutées depuis le ramassage des fruits de *P. butyracea* jusqu'à l'obtention du beurre. Ainsi, les douze opérations unitaires et les huit groupes ethniques identifiés ont été projetés sur un système de deux axes choisis par ordre décroissant d'importance selon leur valeur. Avec les deux premiers axes, 99,99% des informations de départ sont expliquées; ce qui garantit la précision des interprétations.

En ce qui concerne les points-lignes, les ethnies Otamari, Anii et Nago sont mieux représentées sur l'axe 1 pendant que les ethnies Waama, Bariba, Nateni, Natimba et Peulh, le sont sur l'axe 2. Par rapport aux points-colonnes, les opérations 2, 4, 5, et 10 sont mieux représentées sur l'axe 1 tandis que les opérations 7 et 3 d'une part et 1, 6, 8, 9, 11 et 12 d'autre part sont mieux représentées sur l'axe 2. Les points qui ont un même cosinus carré se chevauchent sur le graphique. Le positionnement des points-lignes et points-colonnes correspondant respectivement aux groupes ethniques et opérations unitaires sur les deux axes (Figure 3) permet de déterminer la relation entre les ethnies et les opérations unitaires.

L'examen de la représentation a montré que sur l'axe 1, les ethnies Anii et Nago d'une part et l'ethnie Otamari d'autre part sont opposées. Par contre, une convergence entre les ethnies Anii et Nago qui se situent du côté de l'opération 4 a été constatée. On peut donc dire que les transformatrices d'ethnies Anii et Nago appliquent les mêmes opérations unitaires pour extraire le beurre à partir des graines de *P. butyracea* et que leur procédé de transformation diffère de celui des Otamari. L'opération 4 correspondant au lavage et séchage solaire des graines fraîches est exclusivement mise en œuvre par les femmes de ces deux groupes ethniques. Les opérations 2, 5 et 10 correspondant aux prétraitements thermiques des graines, au pilage des graines avant torréfaction à la marmite et au rinçage ou lavage du beurre sale respectivement et qui se situent du côté des Otamari sur la représentation sont l'apanage de ces derniers.

Sur l'axe 2, une opposition entre l'ethnie Otamari d'une part et les ethnies Waama, Bariba, Nateni, Natimba et Peulh d'autre part a été remarquée. Par contre, une convergence entre ces 5 dernières ethnies a été notée. Cette convergence est totale pour trois de ces dernières ethnies à savoir Natimba, Peulh et Bariba.

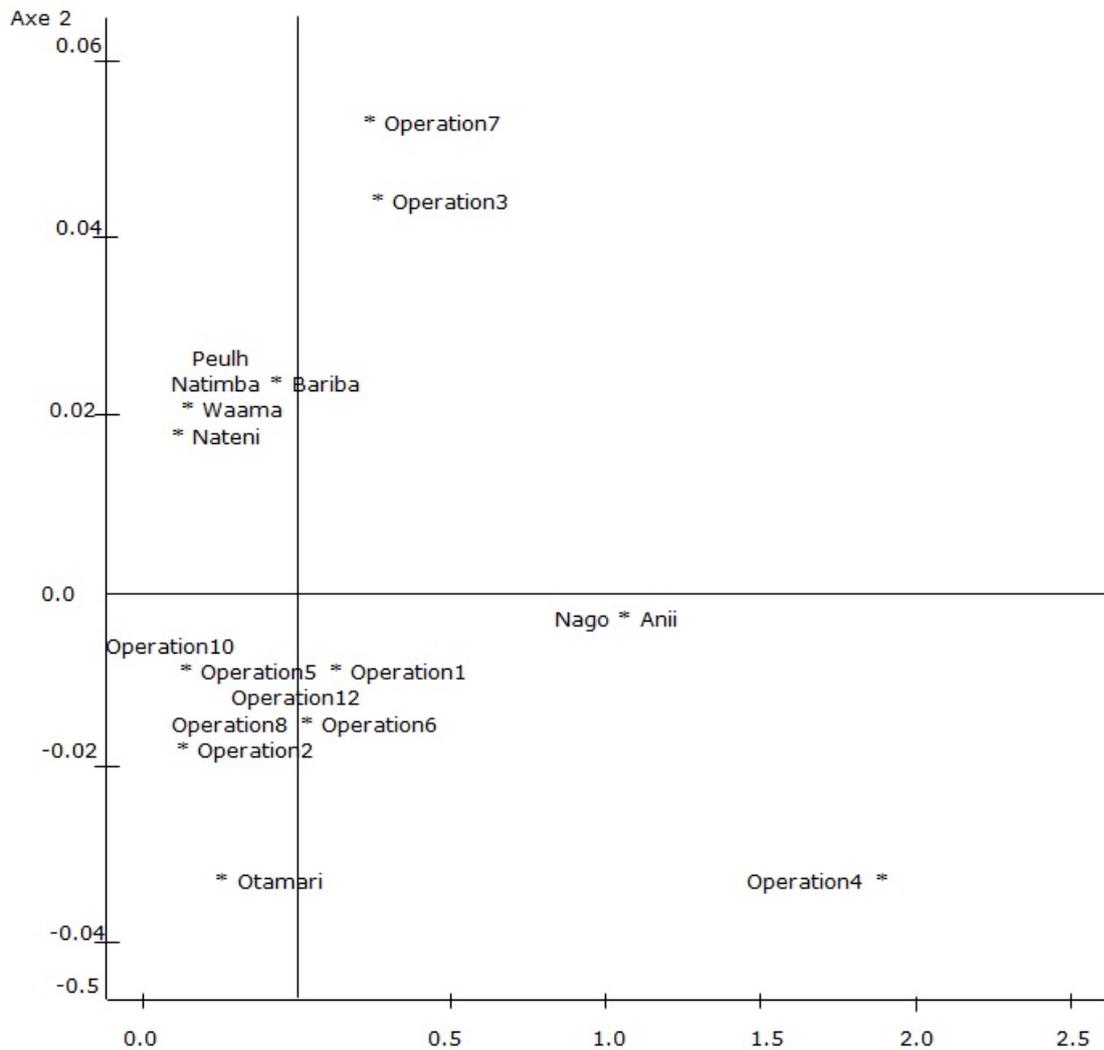


Figure 3: Relations entre groupes ethniques et opérations unitaires.

Légende: Opération 1=Ramassage/collecte et déulpage du fruit/extraction des graines; Opération 2= Prétraitement thermique des graines fraîches; Opération 3= Séchage solaire des graines prétraitées; Opération 4=Lavage et séchage solaire des graines fraîches; Opération 5= Concassage/Pilage des graines prétraitées; Opération 6= Grillage /Torréfaction des graines à la marmite; Opération 7=Pilage ou concassage des graines torréfiées; Opération 8= Mouture à la pierre/moulin des graines grillées pilées; Opération 9= Barattage ou malaxage de la pâte de graines grillées; Opération 10= Rinçage/Lavage du beurre sale; Opération 11= Chauffage/Cuisson du beurre; Opération 12= Décantation/Filtrage, refroidissement et conditionnement.

En ce qui concerne les opérations unitaires, une opposition est notée entre les opérations 3 et 7 correspondant respectivement au séchage solaire après prétraitement thermique et au pilage des graines grillées qui sont du côté des ethnies Waama, Bariba, Nateni, Natimba et Peulh d'une part et les opérations 1, 6, 8, 9, 11 et 12 qui sont du côté de l'ethnie Otamari. On peut donc déduire que le séchage solaire est une particularité des transformatrices des ethnies Waama, Bariba, Nateni, Natimba et Peulh. En effet, ces dernières appliquent préférentiellement l'ébouillantage des graines. Le pilage des graines grillées est aussi pratiqué par ces ethnies sans relever particulièrement de leur prérogative.

Les opérations 1, 6, 7, 8, 9, 11 et 12 correspondant respectivement aux ramassage et extraction des graines des fruits, à la torréfaction des graines dans une marmite, à la mouture des graines grillées, au malaxage ou barattage de la pâte de graines grillées, à la cuisson ou chauffage du beurre ou du surnageant liquide et à la décantation - refroidissement - conditionnement de l'huile sont les opérations communes à tous les groupes ethniques.

Conclusion

Cette étude de terrain a permis de mieux connaître le contexte de production du beurre de *P. butyracea* au Bénin. D'après les résultats, il apparaît sans équivoque que la production de beurre de *P. butyracea* au Bénin est essentiellement artisanale et traditionnelle. Les enquêtes réalisées auprès des transformatrices des deux grandes zones de

présence de l'espèce forestière au Bénin ont permis d'identifier et de décrire chacune des douzes principales opérations unitaires du procédé depuis l'approvisionnement en matière première jusqu'à la commercialisation du beurre. Dans toutes les régions et chez toutes les transformatrices quelque soit le groupe socioculturel, les procédés d'extraction du beurre de *P. butyracea* sont globalement les mêmes et sont caractérisés par des étapes minimales communes. On note cependant quelques différences d'une transformatrice à une autre concernant l'ajout de l'eau froide, tiède ou chaude pendant le barattage manuel ou le malaxage à la palette, le nombre de rinçage du surnageant solide, les modes de conditionnement. Deux types de prétraitements thermiques, dominants spécifiques, sont appliqués aux graines de *P. butyracea*.

Un trait caractéristique des Otamari est la torréfaction des graines fraîches de *P. butyracea* au four traditionnel et l'absence d'un second pilage après torréfaction à la marmite, pendant que les femmes Waama préfèrent bouillir les graines avant de les sécher au soleil et que les femmes Anii et Nago n'appliquent aucun prétraitement thermique avant le séchage solaire. Le choix du mode de mouture (pierre à écraser ou moulin à maïs) dépend de la quantité de graines et de la capacité financière des transformatrices à payer les frais de mouture. La production du beurre se fait sur une base individuelle, mais de multiples formes d'organisation fournissent à l'artisane de la main-d'œuvre.

Références bibliographiques

1. Adomou A.C., 2005. *Vegetation patterns and environmental and conservation gradient in Benin: implication for biogeography and conservation*, PhD Dissertation, Wageningen University, the Netherlands, 136.
2. Ahouansou R.H., Aïssi M.V., Sanya E.A. & Soumanou M.M., 2012, Propriétés physique et mécanique des graines de *Pentadesma butyracea* produites au Bénin, *J. App. Biosci.*, **50**, 3485-3493.
3. Aïssi M.V., Tchobo F. P., Natta A.K., Piombo G., Villeneuve P., Sohounhloué D.C.K. & Soumanou M. M., 2011, Effet des prétraitements post-récolte des amandes de *Pentadesma butyracea* (Sabine) sur la technologie d'extraction en milieu réel et la qualité du beurre, *Oléagineux Corps Gras Lipides*, **18**, 6, 384-392.
4. Alitonou G., Avlessi F., Sohounhloué D.C.K., Bessiere J. M. & Menut C., 2010, Chemical and biological investigation on volatile constituents of

- Pentadesma butyracea* Sabine (Clusiaceae) from Benin, *J. Essent. Oil Res.*, **22**, 2, 138-140.
5. Avocèvou-Ayisso C., Sinsin B., Adégbidi A., Dossou G. & van Damme P., 2009, Sustainable use of non-timber forest products: Impact of fruit harvesting on *Pentadesma butyracea* regeneration and financial analysis of its products trade in Benin, *Forest Ecol. Manage.*, **257**, 1930-1938.
 6. Avocèvou-Ayisso C., Avohou T.H., Oumorou M., Dossou G. & Sinsin B., 2011, Ethnobotany of *Pentadesma butyracea* in Benin: A quantitative approach Ethnobotany, *Res. Appl.*, **9**, 151-166.
 7. Benzécri J.P., 1973, *Analyse des données : leçons sur l'analyse factorielle et la reconnaissance des formes et travaux du Laboratoire de statistique de l'Université de Paris* 6. Tome 2, l'analyse des correspondances, Paris: Dunod., 619.
 8. Dandjouma A.K.A., Adjia H.Z., Kameni A. & Tchiégang C., 2009, Procédés traditionnels de production et circuit de commercialisation du beurre de karité au Nord-Cameroun, *Tropicultura*, **27**, 1, 3-7.
 9. Ewédjè E.B.K., Parmentier I., Natta A., Ahanchédé A. & Hardy O.J., 2012, Morphological variability of the tallow tree, *Pentadesma butyracea* Sabine (Clusiaceae), in Benin, *Genetic Res. & Crop Evolution*, **59**, 4, 625-633.
 10. Eyog Matig O., Gaoué O.G. & Dossou B. (éditeurs), 2002, *Réseau « Espèces Ligneuses Alimentaires »*. *Compte rendu de la première réunion du Réseau tenue 11-13 décembre 2000 au CNSF Ouagadougou, Burkina Faso*. Institut International des Ressources Phytogénétiques, 235p. + Annexe.
 11. Honfo F.G., Linnemann A.R., Akissoe N.H., Soumanou M.M. & van Boekel M.A.J.S., 2012, Indigenous knowledge of shea processing and quality perception of shea products in Benin, *Ecol. Food Nutr.*, **51**, 6, 505-525.
 12. Masters E., 2002, *La ressource en karité: vue d'ensemble de la recherche et du développement en Afrique* In : Atelier international sur le traitement, la valorisation et le commerce du karité en Afrique, Actes de l'atelier organisé par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, le Fonds Commun pour les Produits de Base et le Centre de Suivi Ecologique, 13-31.
 13. Natta A.K., 2003, *Ecological assessment of riparian forests in Benin : phytodiversity, phytosociology and spatial distribution of tree species*, Ph.D. Thesis Wageningen University, 215.
 14. Natta A., Sogbégnon R. & Tchobo F., 2010, Connaissances endogènes et importance du *Pentadesma butyracea* (Clusiaceae) pour les populations autochtones au Nord Ouest Bénin, *Fruit Vegetable Cereal Sc. Biotechnol.*, **4** (Special Issue I), 18-25.
 15. Natta A.K., Adomou A.C., Tchabi V.I., Sogbégnon A.R., Mensah G.A. & Sinsin B.A., 2011, Inventaire, typologie et structure des populations naturelles de *Pentadesma butyracea* (Clusiaceae) de la chaîne de l'Atacora au Nord-Ouest du Bénin, *Bull. de la Rech. Agron. du Bénin*, **70**, 10-24.
 16. Natta A.K., Yédomonhan H., Zoumarou-Wallis N., Houndéhin J., Ewédjè E.B. K. & Glèlè Kakaï R. L., 2011, Typologie et structure des populations naturelles de *Pentadesma butyracea* dans la zone Soudano-Guinéenne du Bénin, *Annales Sci. Agron.*, **15**, 2, 137-152.
 17. Sacandé M. & Pritchard H.W., 2004, *Seed research network on African trees for conservation and sustainable use. Forest genetic resources*, FAO, Rome, Italy, **31**, 31-35.
 18. Sinsin B. & Sinadouwirou T.A., 2003, Valorisation socio-économique et pérennité du *Pentadesma butyracea* Sabine en galeries forestières au Bénin, *Cah. Agric.*, **12**, 75-79.
 19. Tchobo F.P., Natta A.K., Barea B., Barouh N., Piombo G., Pina M., Villeneuve P., Soumanou M.M. & Sohounhloué D.C.K., 2007, Characterization of *Pentadesma butyracea* Sabine butters of different production regions in Benin, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **84**, 755-760.
 20. Tchobo F.P., Piombo G., Pina M., Soumanou M.M., Villeneuve P. & Sohounhloué D.C.K., 2009, Enzymatic synthesis of cocoa butter equivalent through transesterification of *Pentadesma butyracea* butter. *J. Food Lipids*, **16**, 605-617.

M.V. Aïssi, Béninois, Doctorat, Enseignant-Chercheur, Université d'Agriculture de Kétou, Cotonou, Bénin.

R.A. Sogbégnon, Béninois, Master, Assistant de recherche, Université de Parakou, Parakou, Bénin.

A.K. Natta, Béninois, Doctorat, Enseignant-Chercheur, Université de Parakou, Parakou, Bénin.

M.M. Soumanou, Béninois, Doctorat, Enseignant-Chercheur, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin.

In memoriam
In memoriam

In memoriam
In memoriam

Prof Dr. Ir. Jacques Hardouin (27.09.1929 - 18.10.2015)



Born in Ixelles, Belgium, in 1929, Jacques Hardouin first studied agronomic sciences at Gembloux where he graduated in 1952 and then veterinary medicine at the Veterinary Faculty of Cureghem, Belgium. In 1956 he graduated as a doctor of veterinary medicine, followed the tropical specialization at the Institute of Medicine in Antwerp (ITMA) and moved to the northeast of the Congo.

This is the beginning of a rich and varied career overseas, that will take him mainly in Tunisia and Mauritius where he worked in FAO projects. He became professor at the ITMA in 1974 where he joined the team of Professor Jozef Mortelmans to teach tropical livestock production. In 1994, after 20 years, he became professor emeritus.

From the beginning he appeared as a passionate teacher and proved to be open to new avenues of research and development. Persistent and systematic, he combined science and practical research. He never forgot the human and socio-economic components and always advocated for interdisciplinarity, involving i.a. anthropologists and pedagogues.

During his career at the IMTA, Jacques Hardouin did discover tropical livestock production to a large number of students. For veterinarians that part of the training complemented effectively their animal health specialist training by integrating the latter into the purpose of animal production, i.e. to provide products and services to populations. For that matter he organized in December 1982 the international symposium of the ITMA under the eloquent title "livestock production for the benefit of man".

He conducted numerous missions on the field, i.a. for the Belgian Cooperation, implementing the follow-up of animal production or zootechnical and veterinary education projects.

The focuses of his scientific interest were small ruminants, mini-livestock keeping and the raising of unconventional species. The study of the unconventional breeding primarily began in 1988 and will lead to the publication of several PhD theses and technical books, especially with the help of the CTA. He created also BEDIM (Bureau for Exchange and Diffusion of Information on Mini-livestock). First de facto association, the Bureau becomes an international non-profit association, associating, next to Belgian members, Italian and Spanish founders.

Together with professor Jozef Mortelmans and professor Pasteur Kageruka of the ITMA Department of Production and Tropical Animal Health, Jacques Hardouin co-founded in 1983 the non-profit association Agri-Overseas which publishes **Tropicultura**. From 1983 to 1996 he was Editor-in-Chief, the last year with Prof Guy Mergeai of Gembloux Agri-Bio Tech, current Editor-in-Chief. The Journal owes him much. During these many years he could manage to open more and more the Journal to overseas authors giving them the opportunity to disseminate their work.

We pay here tribute to a man who was always in the service of science and development.

Eric Thys
Secretary Agri-Overseas

Prof Dr. Ir. Jacques Hardouin (27.09.1929 - 18.10.2015)



Né à Ixelles, Belgique, en 1929, Jacques Hardouin étudie d'abord les sciences agronomique à Gembloux où il est diplômé en 1952 et poursuit ensuite par la médecine vétérinaire à la faculté vétérinaire de Cureghem, Belgique. En 1956 il obtient le diplôme de docteur en médecine vétérinaire, suit la spécialisation tropicale à l'Institut de Médecine d'Anvers (IMTA) et part pour le Nord-Est du Congo.

Ceci est le début d'une carrière outre-mer, riche et variée, qui l'amènera ensuite principalement en Tunisie et à l'Ile Maurice dans des projets de la FAO. Il devient Professeur à l'IMTA en 1974 où il rejoint l'équipe du Professeur Jozef Mortelmans pour enseigner les productions animales tropicales. Après 20 ans, il part à l'éméritat en 1994.

Dès le début il apparaît comme un enseignant passionné et se révèle ouvert à de nouvelles pistes de recherche et de développement. Persévérant et systématique, il allie science et recherche d'application pratique. Il ne perd jamais de vue la composante humaine et socio-économique. Il prône d'ailleurs l'interdisciplinarité, notamment en associant des anthropologues et des pédagogues. Durant sa carrière à l'IMTA, Jacques Hardouin a fait découvrir les productions animales tropicales à un grand nombre d'étudiants. Pour les vétérinaires cela complétait de façon efficace leur formation de spécialiste de la santé animale en intégrant celle-ci dans la finalité de l'élevage, c'est-à-dire procurer des produits et des services aux populations.

En décembre 1982, il organisa d'ailleurs le colloque international de l'IMTA sous le titre éloquent de «Productions animales au bénéfice de l'homme». Il effectua de nombreuses missions sur le terrain, notamment, pour la Coopération belge, lors du suivi de projets de production animales ou d'enseignement zootechnique et vétérinaire. Les grands axes de son intérêt scientifique furent les petits ruminants, le mini-élevage et les élevage non-conventionnels. L'étude de ce dernier volet débuta principalement en 1988 et aboutira à la publication de thèses de doctorat et de livres techniques, notamment avec l'aide du CTA. Il crée aussi le BEDIM (Bureau pour l'Echange et la Diffusion d'Information sur le Mini-élevage). D'abord association de fait, le bureau devient une asbl de type international, associant, à côté de membres belges, un fondateur italien et un espagnol. En 1983, Jacques Hardouin fut aussi, à côté des professeurs Jozef Mortelmans et Pasteur Kageruka du Département de Production et de Santé animale tropicales de l'IMTA, un des fondateurs de l'asbl Agri-Overseas qui publie **Tropicultura** dont il fut le rédacteur en chef de 1983 à 1996, la dernière année avec le Prof Guy Mergeai de Gembloux Agri-Bio Tech, le rédacteur en chef actuel. La revue lui doit beaucoup et il réussit durant ces nombreuses années à ouvrir de plus en plus **Tropicultura** aux auteurs d'outre-mer leur donnant ainsi la possibilité de diffuser les résultats de leurs travaux. Rendons ici hommage à un homme qui fut toujours au service de la science et du développement.

Eric Thys
Secrétaire Agri-Overseas

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.



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>

Presentation

Tropicultura es una revista pluridisciplinaria que publica artículos originales, informes de investigación y síntesis, resúmenes de libros y tesis, anuncios, así como sinopsis de películas y soportes audiovisuales relativos a todos los ámbitos relacionados con el desarrollo rural y la gestión sostenible del medio ambiente en ultramar.

Patrocinio científico

La ASFL AGRI-OVERSEAS es quien edita Tropicultura y cuenta con el patrocinio científico de la Academia Real de Ciencias de Ultramar de Bélgica (ARSOM: www.kaowarsom.be).

Tropicultura ocupa el papel que desempeñó el Boletín agrícola del Congo belga y Ruanda-Urundi hasta 1963. El primer volumen de Tropicultura fue publicado en 1983 en soporte papel (ISSN 0771-3312). A partir de 2013, una versión electrónica tomó el relevo (eISSN 2295-8010).

Apoyo financiero

Tropicultura se edita con el apoyo financiero de la región de Bruselas-Capital (be.brussels.be) y de la Escuela Regional de Postgrado para la Ordenación y Gestión Integradas de los Bosques y Territorios Tropicales (ERAIFT: www.eraift-rdc.cd).

Tropicultura y el CAMES

Las publicaciones recogidas en Tropicultura son reconocidas por el Consejo Africano y Malgache de Enseñanza Superior para la promoción y los ascensos de los docentes - investigadores (CAMES : <http://www.lecames.org/>).

Miembros de la ASFL Agri-Overseas

Agri-Overseas asbl está compuesta por miembros individuales y representantes de las siguientes instituciones belgas : las cuatro facultades de ciencias agronómicas de Bélgica (Gembloux - GxABT/ULg, Gante - UGent, Lovaina - KULeuven y Lovaina-La-Nueva - UCL), las dos facultades de medicina veterinaria (Gante - UGent y Lieja - ULg), las unidades de salud animal del Departamento de Ciencias Biomédicas del Instituto de Medicina Tropical de Amberes - IMTA, la Sección Interfacultativa de Agronomía de la Universidad libre de Bruselas - ULB, la facultad de ciencias de la Universidad de Namur (Namur - UNamur), el Departamento de Ciencias y Gestión del Medio Ambiente de la Universidad de Lieja (Arlon - DSGE ULg), y la Academia Real de Ciencias de Ultramar (KAOW - ARSOM).

Campos científicos

Tropicultura publica artículos relacionados con el desarrollo rural y la gestión sostenible del medio ambiente en los países cálidos : producciones vegetales y animales, ciencias veterinarias, ciencias forestales, ciencias del suelo y de la tierra, ingeniería rural, ciencias del medio ambiente, pescas y piscicultura, bioindustrias, agroalimentaria, sociología y economía

Periodicidad

Tropicultura es una publicación trimestral que se edita en marzo, junio, septiembre y diciembre.

Publicación en Open Access

Desde su creación en 1983, todos los artículos de Tropicultura son publicados en acceso abierto. El texto íntegro y los resúmenes son gratuitos.

Los artículos son divulgados bajo la licencia Creative Commons (CC BY-NC 4.0 - <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/be/deed.fr>).

Indexación en las principales bases de datos

Tropicultura está indexada en las bases de datos AGRICOLA, AGRIS, CABI, SESAME y DOAJ.

Tropicultura tiene solicitada su indexación en la base de datos SCOPUS.

Factor de impacto

La obtención de un factor de impacto está en trámites.

Difusión de Tropicultura

Tropicultura se publicó en versión impresa de 1983 a 2012. La versión papel tenía una tirada de 2.650 ejemplares y se divulgaba en 110 países distintos).

Todos los artículos, desde el primer fascículo, son accesibles a texto completo en el sitio web (<http://www.tropicultura.org/content/>) y en el DOAJ (<https://doaj.org/toc/0771-3312>).

En 2014, Google analytics contabilizó 8.648 visitas procedentes de 141 países y regiones. En cuanto a la cifra de descargas ese mismo año, fue de 2.173 descargas procedentes de 101 países.

Tropicultura es asimismo accesible a través de los sitios EBSCO y Bielefeld (http://www.base-search.net/Search/Results?lookfor=dccoll%3Aftdoaj*+tropicultura.org&refid=dclink) y de google scholar (<https://scholar.google.be/scholar?q=Tropicultura>).

Informaciones complementarias

Comité de redacción

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

Redactor jefe : Prof. Dr. Ir. G. Mergeai (GxABT/ULg)

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

Ayudantes del redactor jefe : Dr. Ir. Germain Harelimana, Sra. Caroline Louvet

Consejo de administración de Agri-Overseas

El consejo de administración está compuesto por: Prof. Dr. J. Bogaert (presidente), Prof. Dr. Ir. G. Mergeai (consejero delegado), Prof. Dr. B. Losson (tesorero), Dr. E. Thys (secretario), Prof. Dr. J. Verducruysse (miembro), Prof. Dr. S. Geerts (miembro); Invitados permanentes: el Secretario vitalicio de la ARSOM y el director de la ERAIFT.

Editor

Agri-Overseas

Avenue Louise, 231

B-1050 Bruxelles (Bélgica)

teléfono 32(0)2-540 88 60, 32(0)2-540 88 61

e-mail ghare.tropicultura@belgacom.net, clouvet.tropicultura@belgacom.net

<http://www.tropicultura.org>

Guía de autores

Idiomas de publicación

Tropicultura publica artículos redactados en inglés, español, francés y neerlandés. Los resúmenes son publicados en inglés y francés (español o neerlandés si los manuscritos se presentan en estos idiomas).

Contenido de los manuscritos

Se favorecerán los artículos que presenten temas originales, con un alcance lo más amplio posible, es decir, cuyo contenido concierna sobretudo aspectos metodológicos transferibles a una amplia gama de medio ambientes y regiones del mundo.

Se hará especial hincapié igualmente en la fiabilidad de las informaciones publicadas; es decir, cuando se trate de resultados experimentales, sobre la cantidad de repeticiones de los ensayos, en el tiempo y el espacio, que hayan dado lugar a los datos obtenidos.

Los manuscritos habrán de ser inéditos y no haber sido sometidos para su publicación simultánea a ninguna otra revista científica.

Derechos de reproducción

Al someter el artículo, los diferentes autores asociados conceden a Tropicultura autorización, no exclusiva, de difusión en acceso libre. El autor conserva sus derechos de autor.

Certificado de publicación

Con el fin de garantizar la originalidad del manuscrito y la aceptación de su publicación por parte de los organismos de tutela de los autores, el autor principal deberá firmar una declaración por su honor.

Contribución a los gastos de publicación

El importe de la contribución de los autores a los gastos de publicación del artículo asciende a 200 euros. En el momento de su presentación, el autor correspondiente deberá aceptar dichos gastos. La contribución a los gastos es pagadera en cuanto quede aprobada la publicación del manuscrito.

Detector de plagio

Todos los manuscritos serán sometidos a una verificación de plagio antes de ser transmitidos a los lectores.

Comité de lectura

El comité de lectura de Tropicultura está compuesto por lectores voluntarios pertenecientes a la comunidad científica internacional, especializados en los campos relativos al desarrollo rural y la gestión sostenible del medio ambiente en los países de ultramar.

Los autores deberán proponer tres lectores de renombre internacional, cuando presenten sus obras.

Los artículos serán sometidos a uno o varios lectores seleccionados por el comité de redacción.

Estos lectores son anónimos para los autores y viceversa.

El comité de redacción se reserva el derecho de rechazar cualquier artículo no conforme con las prescripciones de la revista.

La tasa de aceptación de los artículos sometidos a Tropicultura entre 2010 y 2015 fue del 32%.

Ayudas a la redacción

La Secretaría de redacción puede dar a los autores consejos para la mejora de sus manuscritos. Asimismo, puede poner en contacto a los lectores que lo deseen con los autores del manuscrito que están evaluando.

TROPICULTURA

2015 Vol. 33 N° 4

Four issues a year (October- November- December)

EDITORIAL

Proficiat Jef (*in English and French*)

G. Mergeai 259

ORIGINAL ARTICLES

Jozef Vercruyssen's Love for Parasites: a 40 Years Carrier (*in English*)

P. Dorny, P. Geldhof & E. Claerebout 261

Diversity and Inter-ethnic Variability in Consumption of Wild Fungi from N'Dali Region in Benin (*in French*)

S. Boni & N.S. Yorou 266

Effect of *Panicum maximum* Jacq. Associated with *Euphorbia heterophylla* (L.) Klotz. & Garcke on Productivity of Females (*Cavia porcellus* L) During the Reproductive Cycle (*in French*)

N'G. D.V. Kouakou, E. Thys, Y.M. Yapi, E.N. Assidjo, P.-G. Marnet & J.-F. Grongnet 277

The One-humped Camel in the Canary Islands: History and Present Status (*in English*)

R.T. Wilson & C. Gutierrez 288

Reduced Vegetative Growth at High Planting Density as Varietal Adaptation Strategy for Late Sowing in Rainfed Cotton Cultivation in Benin (*in French*)

E. Sekloka, J. Lançon, M. Batamoussi & G. Thomas 299

Study of the Production Possibilities of *Jatropha curcas* L. in Permanent Cover of *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Schwartz in Association with Maize (*Zea mays* L.) and Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) under the Conditions of the Batéké Plateau in Kinshasa (*in French*)

J.D. Minengu, P. Mobambo & G. Mergeai 309

Scaling up the Benefits of Smallholder Forestry beyond Timber: Success story of Teak (*Tectona grandis* L.f.) Leaves Marketing in Southern Benin (*in English*)

A.K.N. Aoudji, P. Burny, A. Adégbidi, J.C. Ganglo & P. Lebailly 322

Should *Limnothrissa miodon* be Eaten and *Lamprichthys tanganicanus* Thrown? Proximate Analysis-based Arguments for a Lake Kivu Fish Resource Marketability (*in English*)

J. Walumona Riziki, F. Amisi Muvundja, P. Mande, M. Isumbisho, M. Kaningini & P.M. Masilya 333

Indigenous Knowledge on Production Processes of *Pentadesma butyracea* Sabine Butter in Benin (*in French*)

M.V. Aïssi, R.A. Sogbégnon, A.K. Natta & M.M. Soumanou 340

IN MEMORIAM/ IN MEMORIAM / IN MEMORIAMA

Prof Dr. Ir. Jacques Hardouin (27.09.1929 - 18.10.2015) (*in English and French*)

E. Thys 351

ANNOUCEMENTS

353

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

