

TROPICULTURA

2011 Vol. 29 N°3

Trimestriel (July, Augustus, September)
Driemaandelijks (juli- augustus- september)
Se publica po año (julio- agosto- septiembre)



Le lait des dromadaires est une source importante de nourriture pour les éleveurs turkanas au Kenya. Dans cette région aride, ces animaux peuvent rester plusieurs jours sans boire. © Roger Job, 2009 (Vétérinaires Sans Frontières Belgium).

Editeur responsable/Verantwoordelijke uitgever: J. Vercruyse
11, Rue d'Egmontstraat
1000 Bruxelles/Brussel

Avec les soutiens
de la Direction Générale de la Coopération au Développement (DGD) www.dg-d.be,
du Service public Fédéral Affaires étrangères, Commerce extérieur et Coopération au Développement, www.diplomatie.belgium.be
de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-mer ARSOM, www.kaowarsom.be,
du Conseil interuniversitaire de la Communauté française de Belgique CIUF, www.ciuf.be,
du Vlaamse Interuniversitaire Raad VLIR, www.vlir.be, et de la Région Bruxelles Capitale

Met de steun van
De Directie-Generaal Ontwikkelingssamenwerking (DGD), www.dg-d.be, de Federale Overheidsdienst Buitenlandse Zaken,
Buitenlandse Handel en Ontwikkelingssamenwerking, www.diplomatie.belgium.be,
de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen www.kaowarsom.be, de "Conseil interuniversitaire de la Communauté française
de Belgique (CIUF)", www.ciuf.be,
de Vlaamse Interuniversitaire Raad (VLIR), www.vlir.be, en van het Brussels Gewest

BUREAU DE DEPOT- AFGIFTEKANTOOR
BRUXELLES X/ BRUSSEL X



Avec le soutien de
**LA COOPÉRATION
BELGE AU DÉVELOPPEMENT** **.be**

Met de steun van
**DE BELGISCHE
ONTWIKKELINGSSAMENWERKING** **.be**

SOMMAIRE / INHOUD / SUMARIO

EDITORIAL/EDITORIAAL/EDITORIAL

- Le système de riziculture intensive a trente ans
The SRI Celebrates its 30th Anniversary
Het systeem van intensieve rijstbouw viert zijn 30^e verjaardag
El sistema del cultivo del arroz intensivo en un periodo de treinta años
G. Mergeai 129

ARTICLES ORIGINAUX / OORSPRONKELIJKE ARTIKELS / ARTICULOS ORIGINALES

- Consommation de la viande de brousse dans la zone du Parc National de Conkouati-Douli, Congo (Brazzaville): nature du gibier et modalités de consommation
Verbruik van bushmeat in het Conkouati-Douli Nationaal Park, Congo (Brazzaville): aard van het wild en eigenschappen van de consumptie
Consumo de carne de la selva en la zona del Parque Nacional de Conkouati-Douli, el Congo (Brazzaville): naturaleza de la caza y modalidades de consumo
G. Makosso Vheiyé, J. Massamba, A. Massamba & T. Silou 131

- Effets du séchage sur le rendement et la qualité de l'huile extraite de la pulpe de safou
Invloed van het drogen op de opbrengst en de fysico-chemische kenmerken van de olie van safou pulp
Efectos del secado en el rendimiento y en la calidad del aceite extraído de la pulpa del safu
G.B. Noumi, Yolande Mireille Njouokam, C.B. Njiné, E. Ngameni & C. Kapseu 138

- Field Evaluation of Three Entomopathogenic Fungi on Groundnut Pest
Champignons entomopathogènes dans la gestion des ravageurs de l'arachide
Drie entomopathogene schimmels in de controle van vernielers van aardnoten
Champiñones entomopatógenos en la gestión de los devastadores del maní
K. Sahayaraj & S.K.R. Namachivayam 143

- Study of Organic Matters Flows on Farms in the Western Cotton Zone of Burkina Faso
Etude des flux de matières organiques dans les exploitations agricoles en zone cotonnière Ouest du Burkina Faso
Studie van de stroom van organische stoffen in landbouwbedrijven van de katoenzone van West Burkina Faso
Estudio de los flujos de las materias orgánicas en las explotaciones agrícolas en la zona algodонера de Burkina Faso
B. Bacyé & A. Boro 148

- Conservation des pollens de deux plantes mellifères (*Vitellaria paradoxa* et *Steganotaenia araliacea*) de la région de l'Adamaoua Cameroun
Conservering van pollen van twee honinggevendende planten (*Vitellaria paradoxa* en *Steganotaenia araliacea*) in het Adamaoua gebied (Kameroen)
Conservación de los polen de las dos plantas melíferas *Vitellaria paradoxa* y *Steganotaenia araliacea* de la región del Adamawa Camerún
E. Youmbi, R. Tamnet & G. Tsala Ndzomo 153

- Impact des opérations d'abattage dans les tueries traditionnelles sur la qualité bactériologique de la viande de volaille à Meknès (Maroc)
Impact van het slachtproces in traditionele slachtplaatsen op de bacteriologische kwaliteit van kippenvlees in Meknès (Marokko)
Impacto de las operaciones de matanza en las carnicerías tradicionales en la calidad bacteriológica de la carne de aves de corral en Meknès (Marruecos)
A. Chaiba & F. Rhazi Filali 161

- Caractéristiques physico-chimiques des miels de la zone Soudano-guinéenne de l'Ouest et de l'Adamaoua Cameroun
Fysico-chemische kenmerken van honing uit de Sudano-guineese zone van West Kameroen en van de Adamaoua streek
Características psico-químicas de las mieles de la zona Soudano-guineana del Oeste y del Adamawa Camerún
Elise Mbogning, J. Tchoumboue, F. Damesse, M. Sanou Sobze & Antonella Canini 168

- Dynamics of Shifting Agricultural-Systems and Organic Carbon Sequestration in Southern Cameroon
Dynamique des agro-systèmes itinérants et séquestration du carbone organique au sud Cameroun
Dynamiek van zwerflandbouw systemen en opslag van organische koolstof in het zuiden van Kameroen
Rosaline Njomgang, M. Yemefack, L. Nounamo, A. Moukam† & J. Kotto-Same† 176

NOTES TECHNIQUES/TECHNISCHE NOTA'S/NOTAS TECNICAS

- Intensive Rice Farming in Madagascar
Le système de riziculture intensive
Het systeem van intensieve rijsteelt in Madagascar
El sistema malgache de cultivo intensivo de arroz
H. De Laulanié 183

- BIBLIOGRAPHIE/BOEKBESPREKING/BIBLIOGRAFIA 188

The opinions expressed, and the form adapted 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 conciernen unicamente la responsabilidad de los autores

Le système de riziculture intensive a trente ans

Dans le but d'honorer la mémoire du père missionnaire Henri de Laulanié, inventeur du Système de Riziculture Intensive (SRI), et compte tenu de l'importance de son œuvre pour lutter contre la faim dans les régions tropicales du monde où le riz constitue la base de l'alimentation, nous publions dans ce numéro de Tropicultura la traduction anglaise de l'article dont il est l'auteur que nous avons publié en 1993. Ce texte reprend les fondements de la méthode révolutionnaire de culture du riz qu'il a mise au point.

Le SRI a été élaboré à Madagascar par le Père de Laulanié au début des années 80. Parti du modèle de tallage de Katayama (1931), qui explique le mécanisme et la chronologie de la formation des talles à partir d'un brin de riz repiqué, il est arrivé à une combinaison de facteurs capables d'apporter aux producteurs de riz une augmentation importante du rendement. Cette technique, connue aussi sous l'appellation locale «vary maro anaka», a été vulgarisée auprès des producteurs dans les différentes zones d'intervention du missionnaire et, par la suite, reprise et vulgarisée par de nombreux organismes de développement aussi bien nationaux qu'internationaux.

Le Système de Riziculture Intensive, même s'il fait encore l'objet d'âpres discussions entre experts, a montré une réelle efficacité concrète, confirmée par de nombreux praticiens de terrains. Elle se diffuse d'ailleurs actuellement dans de nombreux pays de tradition rizicole (Chine, Sri-Lanka, Bangladesh, Inde, Thaïlande, Cambodge...), et rencontre une adhésion importante de la part des riziculteurs.

Cette technique a pour objectif d'augmenter de manière conséquente les rendements sans pour autant réaliser de lourds investissements matériels et monétaires, avec la même fumure et les mêmes semences. Elle se base sur le fort pouvoir de tallage du riz dans les 20 premiers jours après le semis. La méthode nécessite du travail supplémentaire pour les opérations de sarclage et le suivi de l'irrigation. Il s'agit donc avant tout d'une intensification par le travail. Une bonne maîtrise de la lame d'eau est nécessaire à l'application de cette technique. Moyennant la rencontre de ces conditions, le SRI permet une augmentation nette des rendements (de 50 à 200% de gain selon les sources bibliographiques), une économie de semences et une économie de l'eau d'irrigation.

Cette technique est particulièrement adaptée à la situation de petits exploitants ne disposant pas d'importantes capacités d'investissement, mais pouvant mobiliser une main-d'œuvre familiale ou communautaire abondante et bon marché. Ce qui est le cas dans de nombreuses régions rizicoles des pays en développement. Nous pensons donc qu'elle peut intéresser tous ceux qui travaillent sur le riz dans ce type d'environnement.

Je vous souhaite une très bonne lecture de ce nouveau numéro de Tropicultura.

Prof. Dr. Guy Mergeai,
Rédacteur en chef

(1) Katayama T., Analytical studies of tillering in paddy rice. J. Imp. Agric. Exp. Stn Jpn 1, 327-374 (1931).

The SRI Celebrates its 30th Anniversary

In memory of Henri de Laulanié, this edition of *Tropicultura* features an English translation of an article published by us in 1993, which was written by this missionary priest who invented the System of Rice Intensification (SRI). We would like to highlight the importance of his work in terms of combatting hunger in the world's tropical regions, where rice represents the staple diet. This article explains the basic principles of the revolutionary method that he developed for the cultivating rice.

The SRI was developed in Madagascar by Father de Laulanié in the early 1980's. Based on the Katayama (1931)⁽¹⁾ tillering model, which explains the mechanism and timing of the formation of tillers from a transplanted rice plantlet. He identified a combination of factors, which can help rice growers to significantly increase their yield. This technique, which is also known by its local name of "vary maro anaka", has become popular with growers in the various regions where the missionary was active. As a result, it has since been adopted and promoted by many development organisations both at national and international level.

The System of Rice Intensification, even though it is still hotly debated by the experts, has proven truly efficient in real terms, as confirmed by many practitioners in the field. It is also becoming more widespread in many rice-growing countries (China, Sri Lanka, Bangladesh, India, Thailand, Cambodia, etc.) and gaining major support from the rice growers.

This technique aims to increase yields consistently, but does not require any major investment in terms of equipment or funding and uses the same fertilisers and seeds as the traditional flooded rice cultivation method. It is based on rice's major potential for tillering during the first 20 days after sowing. The method requires additional work in terms of weeding and irrigation. This intensification is made possible mainly by increased labour. Careful handling of water height is necessary when using this technique. If these conditions are met, the SRI makes it possible to achieve a significantly greater yield (50 - 200% gain, according to bibliographic sources) and savings in terms of the quantity of seed and water required.

This technique is particularly suitable for small farmers who do not have major capacity for investment, but can call upon plentiful and cheap labour from their families and communities, which is the case in many rice-growing regions in the developing countries. We therefore believe that it could be of interest for anyone growing rice in this type of environment.

I hope you will thoroughly enjoy this new edition of *Tropicultura*.

Prof. Dr. Guy Mergeai
Chief Editor

(1) Katayama T., Analytical studies of tillering in paddy rice. *J. Imp. Agric. Exp. Stn Jpn* 1, 327-374 (1931).

ARTICLES ORIGINAUX

OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

ORIGINAL ARTICLES

ARTICULOS ORIGINALES

Consommation de la viande de brousse dans la zone du Parc National de Conkouati-Douli, Congo (Brazzaville): nature du gibier et modalités de consommation

G. Makosso Vheiyé¹, J. Massamba¹, A. Massamba² & T. Silou¹

Keywords: Hunting- Bushmeat- Consumption- Conkouati-Douli National Park- Congo (Brazzaville)

Résumé

*Afin d'identifier les espèces abattues au sein du Parc National de Conkouati-Douli (PNCD), Brazzaville (Congo) et d'apprécier les modalités de consommation de la viande de brousse par les populations riveraines, 52 chasseurs âgés de 16 à 62 ans ont été interrogés à l'aide d'un questionnaire sur une période d'un mois et demi. Les résultats indiquent que la chasse concernait des rongeurs, des bovidés, des carnivores, des suidés, des reptiles et des oiseaux. Cependant, les espèces les plus chassées étaient les athérures (*Atherurus africanus*) et les céphalophes bleus (*Cephalophus monticola*). Les modes de consommation de la viande de brousse étaient variables et diversifiés. Toutefois, la viande fumée était la plus utilisée (48,1%) suivie de la viande fraîche (40,2%). En somme, eu égard aux caractéristiques de la faune du PNCD, des mesures politiques et législatives s'avèrent nécessaires pour préserver les ressources de cette aire protégée.*

Summary

Consumption of Bushmeat in the Conkouati-Douli National Park, Congo (Brazzaville): Nature of Game and Characteristics of Consumption

*In order to identify the species hunted in the Conkouati-Douli National Park (CDNP), Brazzaville (Congo) and to appreciate the methods of consumption of the bushmeat by the bordering populations, 52 hunters from 16 to 62 years old were surveyed over a period of one month and half. The results indicate that hunt to involve rodents, bovidae, various carnivores, suidae, reptiles and birds. However, the african brush-tailed porcupines (*Atherurus africanus*) and blue duikers (*Cephalophus monticola*) were the most appreciated animals. The modes of consumption of the bushmeat were diversified. The smoked meat was used most frequently (48.1%) followed by fresh meat consumption (40.2%). All political and legislative measurements are to be necessary to preserve the resources of this protected area.*

Introduction

La consommation d'animaux sauvages, la «viande de brousse», constitue dans les zones rurales forestières d'Afrique subsaharienne, la principale source d'alimentation, vu l'environnement pastoral défavorable et le sous-développement de l'agriculture. Aussi, la viande de brousse reste-t-elle la principale et essentielle source des protéines animales des populations. Tel est le cas des communautés d'Afrique centrale, notamment du Congo (Brazzaville). Cette viande de brousse destinée à la consommation locale est également présente dans les aires protégées (21, 29). Au Congo, si la chasse est interdite dans les parcs nationaux -au nombre de trois-, une exception est observée au parc national de Conkouati-Douli. Créée en 1980, comme refuge de protection absolue de la totalité de la faune sauvage, la réserve de

faune de Conkouati a été érigée en Parc National de Conkouati-Douli. Elle comporte deux parties: la première (superficie: 131.900 ha) est celle où la chasse des animaux sauvages est totalement prohibée; la seconde (superficie: 373.050 ha), ouverte à l'exploitation forestière, est considérée comme zone de développement des communautés riveraines. Pour cela, la chasse de subsistance est autorisée dans cette seconde zone pour les populations y résidentes, aux fins de consommation; elle se limite à des espèces non protégées. Les espèces interdites de chasse sont: le gorille, le chimpanzé, l'éléphant et le lamantin. Cependant, toutes les zones du Parc National de Conkouati-Douli (PNCD) ne sont pas épargnées de la chasse de grande envergure malgré la présence des écogardes, comme le signale le rapport du projet

¹Equipe Pluridisciplinaire de Recherche en Alimentation et Nutrition (EPRAN-Congo), Faculté des Sciences, Université Marien NGOUABI, BP 69, Brazzaville, Congo.

²Laboratoire de Nutrition, Santé et Motricité Humaine, Institut Supérieur d'Education Physique et Sportive, Université Marien NGOUABI, BP 1100, Brazzaville, Congo.

Correspondance: Makosso Vheiyé G, BP 2429, Brazzaville, Congo. E-mail: gmaktan@yahoo.fr.

Reçu le 18.02.08 et accepté pour publication le 02.05.11.

UICN/PROGECAP-CONGO (32). Avec la démographie galopante de la ville de Pointe-Noire, port maritime, ville pétrolière proche du PNCD (88 km) et deuxième agglomération du Congo, cette activité cynégétique s'accroît, traduite par des prélèvements de plus en plus mercantiles. Les facteurs incriminés sont *a priori* d'une part la monétarisation et la modernisation de l'économie, et les habitudes alimentaires des habitants de la ville de Pointe-Noire et des villages frontaliers du Gabon d'autre part.

Ces constatations vont dans le même sens que celles d'autres études, quant à l'inquiétude des gestionnaires de la faune et la biodiversité en zone tropicale humide (7, 13). Toutefois, aucune donnée n'est disponible quant à la nature des espèces abattues par les populations avoisinantes du Parc National de Conkouati-Douli et à la destination de la viande de brousse dans les ménages.

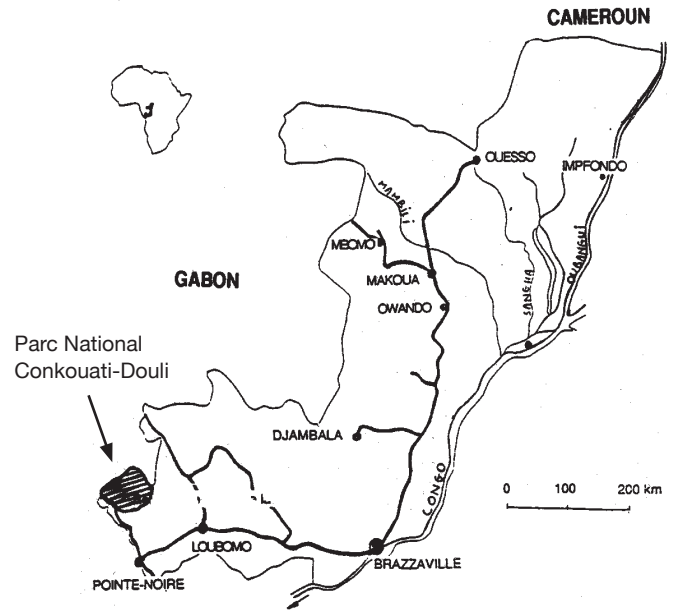
La présente étude se fixe pour objectifs d'identifier les espèces animales abattues dans le PNCD, d'apprécier et analyser les modes de conservation et de consommation de la viande de brousse et d'en déterminer les facteurs favorisants.

Matériel et méthode

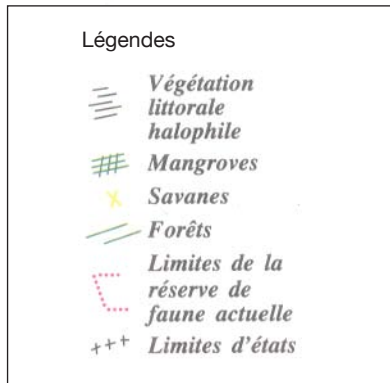
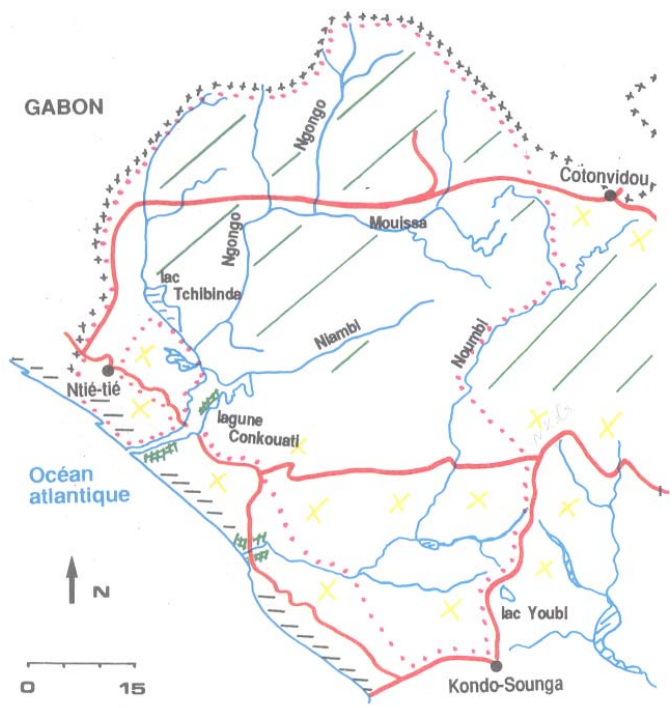
Milieu d'étude

Le parc national de Conkouati-Douli, de superficie totale 504.950 ha, est situé dans le Département administratif du Kouilou, sous-préfecture de Nzambi, dans la partie ouest du massif forestier du Mayombe (Figure 1). Il s'étend entre 3° 23- 4°18 et 11°06 - 11°43' E (14, 33) et limité au nord par la frontière avec le Gabon, à l'est par les savanes de Cotovindo, à l'ouest par l'océan atlantique et au sud par la lagune Conkouati et la rivière Ngongo (20). Le PNCD connaît deux tendances pluviométriques: d'octobre à décembre et de mars à mai, avec des précipitations variant entre 1200 et 1700 mm (27), entrecoupées par deux saisons sèches de mi-décembre à mi-mars et de juin à septembre. Cette dernière, plus marquée, est caractérisée par un ciel couvert la journée, une humidité relative de l'ordre de 85%, un rayonnement solaire net de 70 w/m², et des températures basses: 19 °C - 21 °C (6, 8) par rapport aux températures moyennes nationales: 24 °C - 27 °C (1). Les températures moyennes annuelles, modérées, se situent autour de 25 °C (extrêmes: 26 °C - 32 °C).

La végétation est composée d'une mosaïque d'écosystèmes: des forêts ombrophiles denses semi-caducifoliées, à *Akoumea kleineana*, *Terminalia superba*, *Dacryodes* spp., dans la partie nord; des forêts sublittorales à tendance semi-caducifoliée; des formations de transition et de contact avec des savanes à *Hyparrhenia* spp., des strates arbustives claires et des formations marécageuses à *Cyperus papyrus*; des mangroves à *Rhizophora racemosa* et



1-Situation du Parc National Conkouati-Douli.



Figures 1 et 2: Parc National Conkouati-Douli et ses limites.

Source: (2)

Phoenix reclinata et des formations de fourrés de type «bush» le long du littoral (11, 14, 20) (Figure 2). Ces biotopes abritent une grande partie de la faune classique des forêts et savanes congolaises et une avifaune, saisonnière ou permanente très variée: 48 espèces de mammifères, 400 espèces d'oiseaux et 41 espèces de reptiles (25). Cette faune est l'objet d'une chasse dont les instruments sont diversifiés: usage de fusils classiques de chasse (calibre 12), de traite, des filets à fibres végétales et parfois des armes de guerre (Kalachnikov) dans quelques cas; pièges de types variés (collet à fibre végétales, assommoirs, etc.); chasse à l'arc.

Echantillonnage

Selon le dernier recensement de la population (26), la zone du PNCD comptait environ 26 villages dont 6 sont situés à l'intérieur du parc. La population des 6 villages était de 1028 ménages. Cependant, si l'on prenait en compte les 20 villages riverains du parc, cette population était estimée à 5513 personnes au moment de l'étude (24). Cette population vivait de l'agriculture et principalement de la chasse.

L'enquête, de type transversal, s'est appuyée sur les modèles d'enquête d'écologie nutritionnelle. Elle a été réalisée au sein des 26 villages de septembre à octobre 2005 par un ingénieur des eaux et forêts (doctorant en nutrition), sur la base des données alimentaires et nutritionnelles existantes. Parmi les 26 villages situés au sein du parc et à quelques lieues des limites du parc, cinq ont été sélectionnés pour l'étude. Ceux-ci répondaient au critère d'inclusion suivant: avoir une population d'au moins 100 habitants. Ainsi, les villages retenus étaient Sialivakou, Ntié-tié, Ntandou-Ngoma, Ngoumbi et Mpella. Le village était considéré comme une zone de dénombrement (ZD). Chaque ZD était divisé en quartiers, lesquels se subdivisent en blocs. Dans chaque village, un tirage aléatoire à 1/3 a été effectué au niveau de l'ensemble des quartiers pour sélectionner ceux devant contribuer à la constitution de l'échantillon des chasseurs. Par la suite, la même procédure de sélection a été opérée au niveau des blocs dans chaque quartier retenu. A l'issue de ce processus, 1968 habitants ont été dénombrés. Cependant, la population cible était constituée des personnes habitant la zone du parc et pratiquant la chasse comme seule activité socioprofessionnelle, depuis plus de 5 ans. Elle se chiffrait à 726 sujets. A partir des chasseurs identifiés, le mode de tirage minimal au 1/10, fraction admise lors des enquêtes nationales (16), a permis de sélectionner 73 chasseurs. Cependant, l'autre critère d'éligibilité était la résidence permanente dans le Parc National de Conkouati-Douli (secteur de l'enquête).

Par ailleurs, le consentement du sujet constituait un autre critère d'inclusion. Au terme de ce processus de sélection, seuls 52 chasseurs ont été retenus.

Instrument d'enquête, passation du questionnaire et variables de l'étude

La méthode interrogative directe, à base d'un questionnaire, a été utilisée par l'enquêteur, assisté d'un autre doctorant en nutrition (écologie nutritionnelle) et de trois villageois (enseignants en vacances). Le questionnaire comportait 38 questions correspondant à 72 items, subdivisés en 5 parties: les données générales, le statut socioéconomique, les espèces abattues, les modalités et les interdits de consommation de la viande de brousse. Les chasseurs, informés au préalable des objectifs de l'étude, ont été interrogés dans la discrétion, en l'absence d'un membre de la famille ou d'une tierce personne. L'enquêteur faisait remplir le formulaire de façon directe, en utilisant le français et/ou une des langues utilisées dans la contrée. Les questions ont été posées par une seule personne; ce qui a permis d'expliquer les mots inconnus et d'éclaircir certains points obscurs du questionnaire de la même façon à chaque fois.

Analyse statistique

Les données ont été analysées en utilisant en premier lieu les indices de la statistique descriptive, notamment la fréquence et les pourcentages. Ainsi, les réponses ont été exprimées en termes de fréquences et de pourcentages du nombre total des personnes interrogées. En second lieu, les tests de la statistique inférentielle ont été utilisés. Il s'agissait du test t classique pour la vérification de la significativité des différences perçues entre deux pourcentages et du test de Sokal et Rohlf (28) pour la comparaison entre h pourcentages ($h > 2$). La relation entre deux facteurs qualitatifs a été examinée à partir du test de χ^2 .

Pour tous les tests, le seuil de signification statistique a été fixé à 5%. Enfin, les données recueillies ont été traitées à l'aide du logiciel STATA® version 10.0 (Computing Resource Center, Santa Monica, California, USA).

Résultats

Méthodes de chasse utilisées et nature des espèces abattues

La chasse était pratiquée dans 59,6% des cas à l'aide d'un fusil (Tableau 1). Les pièges étaient utilisés dans

Tableau 1
Forme de chasse pratiquée

Forme de chasse pratiquée	Effectif total
Fusil	31 (59,6%)
Piège	19 (36,5%)
Filet	2 (3,8%)
Total	52

36,5% des cas alors que le filet était rarement employé (3,8% des cas).

Concernant les espèces abattues, les plus fréquemment chassées intéressaient les rongeurs, les bovidés, divers carnivores, tandis que les suidés, les reptiles et les oiseaux l'étaient moins (Tableau 2). Concernant les rongeurs, l'espèce fréquemment abattue était représentée par les athérures africains (*Atherurus africanus*) avec un taux de citation de 84,6% ($p < 0,001$), soit 44 chasseurs sur 52. La deuxième position était occupée par l'aulacode (*Thryonomys swinderianus*); 5 chasseurs sur 52; soit 9,6%. Se situait en dernier rang le rat de Gambie (*Cricetomys gambianus*); avec 1,3% (1 chasseur sur 52). Parmi les bovidés, le céphalophe bleu (*Cephalophus monticola*) constituait l'espèce fréquemment chassée (86,5% des citations; $p < 0,05$).

Par ailleurs, 6 autres espèces d'animaux sauvages ont fait l'objet d'abattage: la civette (*Civettictis civetta*) citée 20 fois soit 38,5%; la genette sp. et la

nandinie (*Nandinia binotata*), 9 fois citées (17,3%) chacune, la mangouste sp. (8 fois, soit 15,4%), le chevrotain aquatique (*Hyemoscus aquaticus*) et le guib harnaché (*Tragelaphus scriptus*) 3 fois cités chacun; soit 5,8%. Concernant les singes (Tableau 1); 5 (9,6%) des chasseurs avaient rapporté l'abattage du gorille (*Gorilla gorilla gorilla*) et 12 (23,1%) celui des chimpanzés (*Pan troglodytes*). D'autres espèces de singes étaient également abattues. Il s'agissait du moustac (*Cercopithecus cephus*) cité une fois (1,9%), et divers singes (hocheur, *Cercopithecus nictitans*; vervet, *Cercopithecus aethiops tantalus*; talapoin, *Miopithecus talapoin*; cercocèbe noir, *Cercocebus aterimus*), cités 34 fois (65,4%).

L'éléphant par contre, bien qu'encore présent dans le parc, ne fait pas l'objet de chasse, moins encore de braconnage, de par l'action de surveillance et de répression des agents des eaux et forêts gestionnaires du Parc National de Conkouati-Douli.

Parmi les reptiles abattus, la tortue (*Kinixys* sp.) figurait au premier rang (23 fois citée; soit 44,2%); les deuxième et troisième positions étaient occupées respectivement par le python de sebae ($n = 18$; soit 30,8%) et le varan de forêt (*Varanus ornatus*) ($n = 10$; soit 19,2%). La vipère du Gabon (*Bitis gabonica*) se retrouvait en dernière position, avec 3 citations (5,8%). Quant aux oiseaux, il s'agissait dans la moitié des cas (26 chasseurs sur 52, soit 50,0%; $p < 0,05$) du pigeon vert (*Treron calva*), suivi de la tourterelle (36,5% soit $n = 19$).

Tableau 2
Espèces fréquemment abattues au Parc National de Conkouati-Douli

	Effectif total	Pourcentage (%)
<i>Rongeurs</i>		
Aulacode	5	9,6
Rat de Gambie	1	1,9
Athérure	44	84,6
<i>Bovidés</i>		
Buffle	8	15,4
Céphalophe à front noir	4	7,7
Sitatunga	38	73,1
Céphalophe bleu	45	86,5
<i>Primates</i>		
Gorille	5	9,6
Chimpanzé	12	23,1
Autres singes	34	65,4
<i>Oiseaux</i>		
Tourterelle	19	36,5
Pigeon vert	26	50,0
<i>Reptiles</i>		
Varan de forêt	10	19,2
Python de Sebae	16	30,8
Tortue terrestre	23	44,2

Modes de conservation du gibier

Les modalités de conservation du gibier étaient majoritairement le fumage (96,2%; $p < 0,001$) et rarement le séchage (Tableau 3). La viande fumée était soit directement consommée par les membres de la famille ou vendue sur le marché local. Dans le cas de la viande fumée, trois chasseurs sur cinq conservaient cette viande entre deux et cinq jours. Celle-ci l'était le plus souvent ($p < 0,001$) dans des sacs en polyéthylène (Tableau 3).

Modes de consommation et interdits de la viande de brousse

La consommation de la viande de brousse était diversifiée. La viande fumée était largement consommée dans 48,1% des cas ($n = 25$), tandis que la viande fraîche l'était dans 40,4% ($n = 21$). Dans tous les cas, les modes de consommation de la viande de brousse, indiquées dans le tableau 4, étaient souvent la cuisson avec la sauce ($n = 28$ soit 53,8%; $p < 0,05$) et bouillie à l'eau (23,1%). Par ailleurs, 49 (94,2%) chasseurs affirmaient l'existence ($p < 0,001$) d'interdits à la consommation de la viande de brousse, dont les motifs sont rapportés dans le tableau 5. Les gibiers concernés étaient dominés par les reptiles (73,1%; $p < 0,001$).

Tableau 3

Mode et lieu de conservation du gibier et de la viande de brousse

	Effectif total	Pourcentage (%)
<i>Mode de conservation du gibier</i>		
Séchage	2	3,8
Fumage	50	96,2
<i>Lieu de conservation de la viande de brousse</i>		
A l'air libre	1	1,9
Dans un sac de jute	2	3,8
Sur le fumoir	5	9,6
Dans un sac en polyéthylène	44	84,7

Tableau 4

Forme de consommation de la viande de brousse

	Effectif total	Pourcentage (%)
Cuite avec la sauce tomate	28	53,8
Bouillie à l'eau	12	23,1
Fraîche et frite	8	15,4
Fraîche et braisée	2	3,8

Tableau 5

Interdits de la viande de brousse

	Effectif total	Pourcentage (%)
<i>Motif d'interdit</i>		
Tabou	20	38,5
Totem	30	57,7
<i>Personne concernée</i>		
Femme	26	50,0
Enfant	9	17,3
Homme	6	11,5
Homme-femme	9	17,3
<i>Espèces interdites</i>		
Singes	10	19,2
Reptiles	38	73,1
Civette	2	3,8
Autres	2	3,8

Discussion et conclusion

Les espèces abattues sont similaires à celles rapportées par d'autres chercheurs ayant axé leurs enquêtes de chasse au niveau des forêts d'Afrique centrale de biotopes comparables à ceux du PNCD. Il

s'agit majoritairement, au nord du Gabon, de l'athérure africain, du céphalophe dorsalis et du céphalophe bleu (15). Dans les forêts du sud ouest du Centrafrique, les données de Peters (22) rapportent également, le céphalophe bleu (290.187 espèces chassées par an). De plus, 355 éléphants ont fait l'objet d'une chasse. Cependant, ces travaux ne spécifient pas l'aire de chasse (parc national, forêt non classée, etc.) de ces mammifères.

Dans le cas du PNCD, les seules données disponibles sont à ce jour celles de Maisels et Cruickshank (17), rapportant en 1996 pour les principaux mammifères des densités de: 3,9 gorilles/km²; 2,3 chimpanzés/km² et 2,1 éléphants/km². Cependant, cette constatation doit être relativisée.

Par ailleurs, les données de l'enquête récente de Tchitembo (31) indiquent que 83.460 animaux (toutes espèces confondues) ont été vendus sur les marchés de Pointe-Noire, dont 76,1% proviennent de la sous-préfecture de Madingo-Kayes (située au sud du PNCD et distante de 37 km). Une telle quantité ne peut être le résultat d'une chasse traditionnelle. Il y a donc lieu de suggérer qu'il existe une chasse illégale (braconnage), effectuée par des chasseurs professionnels à l'aide des fusils, comme le relève notre travail (Tableau 1). Ce fait est en concordance avec les observations d'Asibey (2), d'Auzel *et al.* (5) et de la FAO (12), relatives à l'influence de l'urbanisation sur la consommation de la viande de brousse en zone forestière tropicale. Dans notre cas, il sied aussi de signaler que la découverte de plus en plus fréquente de nouveaux champs pétroliers off-shore au large de Pointe-Noire a entraîné une augmentation démographique significative, avec un taux de croissance de 41,6% de 1982 (date de l'exploitation du premier gisement off-shore) à 2008 (30). De plus, d'autres facteurs comme l'occupation spatiale de la zone forestière par les communautés du parc, les demandes en viande de brousse par les populations des localités frontalières contribuent à cette «destruction zoologique» (4, 5, 9, 10, 19).

Concernant le mode de conservation de la viande de brousse, le caractère saisonnier de la chasse (1^{er} mai – 31 octobre) et l'étalement de la consommation de la viande de brousse sur toute l'année rendent son stockage nécessaire sur une longue période. C'est dans ce contexte que le fumage traditionnel de la viande de brousse est réalisé par nos chasseurs (Tableau 3). Celui-ci se singularise par l'utilisation des fumoirs à pieux et une diversité des espèces de bois pour le feu. Ces pratiques ancestrales, associées à l'usage des sacs en polyéthylène pour la conservation (Tableau 3), peuvent avoir des conséquences sur la qualité hygiénique et microscopique de la viande fumée. Cependant, une étude récente (18) sur l'effet du fumage sur la qualité hygiénique de la viande de

brousse a révélé l'absence de germes susceptibles de donner lieu à des toxi-infections alimentaires, malgré la présence de substances cancérigènes ou mutagènes dans la fumée de bois (23).

Quant à la forme de consommation de la viande de brousse par les communautés du PNCD, le tableau 4 rapporte que la viande est consommée une fois sur deux, cuite (53,8%; $p < 0,05$). Elle est fumée dans 48,1% des cas et fraîche dans 40,4%.

Le choix du premier mode de consommation est lié aux méthodes culinaires ancestrales, influencées par l'environnement (présence d'eau, cultures de tomate et de palmier à huile).

Par ailleurs, dans notre étude, les espèces interdites à la consommation (Tableau 5) sont majoritairement ($p < 0,01$) des reptiles. Et ce sont les femmes qui sont les plus incriminées dans cette étude: 50% des cas ($p < 0,05$). Ce fait, associé aux croyances et tabous (espèces interdites et marquées d'un caractère impur) des populations Vili et Lumbu dominantes dans la

contrée, est retrouvé également au Gabon par Lahm (15). Les esprits des forêts sont censés être incarnés par les reptiles, animaux considérés comme des protecteurs des tribus enquêtés (totems); et chaque clan (ou famille) a une espèce spécifique de reptile relative à la conservation de son aire forestière.

Les femmes et les enfants en sont victimes en raison des rôles qui leur sont dévolus dans la vie domestique villageoise. En outre, les reptiles, marqués d'un caractère sacré (tabou), sont censés protéger les vivants du clan (ou village) et les forêts avoisinant les villages.

En conclusion, en raison de la forte représentativité des espèces chassées parmi la faune recensée, l'équilibre durable de la forêt, des zones marécageuses et lagunaires au PNCD est menacé. Aussi, dans le cadre des réflexions concernant la gestion des aires protégées au Congo (3, 10), nos résultats appellent l'adoption d'une politique efficace de gestion durable de la faune.

Références bibliographiques

1. Agence nationale de l'Aviation Civile. Données climatiques de l'année 2008. Brazzaville (Congo): Service de la météorologie, 25 p. + annexes.
2. Anrenaz M., 1991, Protection de l'environnement au sud du Congo (Projet). Courrier de la nature, 129, 29-32.
3. Asibey E.O.A., 1974, Some ecological and economic aspects of the grasscutter *Thryonomys swinderianus* (Temminck) (Mammalia, Rodentia, Hystricimorpha) in Ghana [Thèse de Doctorat]. Université d'Aberdeen, Royaume-Uni, 305 p.
4. Auzel P.H. & Wilkie D.A., 2000, Wildlife use in northern of Congo. Hunting in a commercial logging concession. In: Robinson & Bennett (eds). Hunting for sustainability in tropical forests. New York, Columbia University Press: pp. 413-426.
5. Auzel P.H., Dethier M., Vermeulen C. & Delvingt W., 2000, Des villes, des sites forestiers industriels: usage actuel des ressources forestières, perspectives de gestion de la faune sauvage et son exploitation. Actes du séminaire international sur l'élevage intensif du gibier à but alimentaire en Afrique, Libreville, 23 et 24 mai 2000, Ministère de l'agriculture, de l'élevage et du développement rural, Gabon, pp. 174-185.
6. Bouka Biona C., Benech H., Druillet A., Minga A. & Nganga D., 2003, Evolution thermodynamique diurne de l'atmosphère dans et au-dessus de la forêt du Mayombe en saison sèche. In: UNESCO (ed). Echange forêt-atmosphère en milieu tropical humide. Paris: UNESCO, pp. 11-38.
7. Breuer T., 2007, Mbeli Bai-Forschung auf Waldlichtungen im tropischen Regenwald Afrikas. Zeitschrift des Kölner Zoo. **50**, 4, 147-160.
8. Clairac B., Cros B. & Sénéchal J., 1989, Climat du Mayombe. In: UNESCO (ed). Revue de connaissances sur le Mayombe. Paris: UNESCO, pp. 47-68.
9. Deconchat M. & Balent G., 2001, Exploitation forestière et faune. Ann for Sci. **58**, 315-328.
10. Doumenge C. & Dinga Assitou, 2005, La difficile conservation de la biodiversité. Géopolitique africaine, 17, Dossier «La forêt et le pouvoir», pp.127-140.
11. Dowsett R.J. & Dowsett-Lemaire F., 1991, Flore et faune du bassin du Kouilou (Congo) et leur exploitation. Tauraco Research Report n°4. Tauraco Press/CONOCO (éds), Belgique, 340 p.
12. FAO, 2000, Bushmeat consumption and trade in West Africa. Rome; FAO (éd), 85 p.
13. Fargeot C., 2004, La chasse commerciale en Afrique centrale: la venaison ou le négoce d'un produit vivrier. Bois et forêts des tropiques, **282**, 4, 27-40.
14. Hecketsweiler P., 1989, La conservation des écosystèmes forestiers du Congo. IUCN (éd). Gland, Suisse et Cambridge, Royaume Uni, 187 p.
15. Lahm S.A., 1993, Utilization of forest resources and local variation of wildlife populations in northeastern Gabon. In: Hladik C.M., Hladik A., Linares O. F., Pagezy H., Semple A. & Hadley M. (eds), Tropical forests, people and food. Paris: The Parthenon Publishing Group, pp. 213-226.
16. Levy P.S. & Lemshow S., 1999, Sampling of populations: methods and applications. New York, John Wiley, series in probability and statistics, 274 p.
17. Maisels E.G. & Cruickshand A.J., 1996, Inventaire et recensement des grands mammifères dans la réserve de faune de Conkouati. Rapport présenté au projet Conkouati. Pointe-Noire, Congo. 45 p. + annexes.
18. Makosso-Vheiey G., Massamba A., Massamba J. & Silou T., 2008, Influence du fumage sur la valeur nutritionnelle, les qualités microbiologiques et hygiéniques de la viande de brousse. Ann Afr Med. **2**, 1, 46-52.
19. MEFPRH/WCS, 2002, Parc National de Nouabalé-Ndoki: plan d'aménagement 2002-2006. République du Congo, 180 p.
20. Moutsamboté J.M. & Sita P., 1996, La végétation de la réserve de Conkouati (Nord-est, Cotovindou). PROGECA/GEF Congo. Rapport scientifique. 39 p. + 15 photos.
21. Muchaal P.K. & Gandjui G., 1999, Impact of village hunting on wildlife populations in western Dja reserve, Cameroon. Conservation Biology, **13**, 2, 385-396.
22. Peters H.P.J., 1999, Exploitation de la faune et développement rural en République centrafricaine. Nature & Faune, **9**, 1, 34-40.
23. Piette G., 1994, Le fumage des viandes et des produits carnés. Bulletin technique n°4-F- 2^e éd. Série Publitech., 27 p.
24. PNCD/WCS, 2005, Rapport sur les activités socio-économiques dans le Parc National de Conkouati-Douli. 22 p.
25. PROGECA (GEF-Congo), 1999, Réserve de faune de Conkouati. Plan d'aménagement de la réserve de Conkouati, région du Kouilou, République du Congo. Pointe-Noire; Ministère de l'Economie Forestière, de la Pêche et des Ressources Halieutiques, 49 p. + annexes.
26. Recensement Général de la Population et de l'Habitat, République du Congo, 1984, Données statistiques. Brazzaville: Ministère du Plan, 47 p.
27. Samba-Kimbata J.M., 1991, Précipitations et bilans de l'eau dans le bassin forestier du Congo et ses marges [Thèse de Doctorat d'Etat]. Dijon, France: Université de Bourgogne, 125 p.

-
28. Sokal R.R. & Rohlf F.J., 1995, *Biometry*. 3rd ed. Freeman & Co., New York, 887 p.
29. Sournia G., 1998, *Les aires protégées d'Afrique francophone*. Ed. De Monza, Paris, 272 p.
30. Tchicaya D., 2007, *Dynamique urbaine et pouvoir d'attraction de Pointe-Noire. Stratégie pour demain*. Bordeaux, CEGET, Travaux et Documents de Géographie Tropicale.
31. Tchitembo M., 2007, *Suivi de la vente de la viande de brousse dans les marchés de Pointe-Noire, Congo [Mémoire de fin d'études]*. Brazzaville, Congo: IEDA, 73 p.
32. UICN & PROGECAP/GEF-CONGO, 1996, *Connaissances locales sur les mammifères sauvages dans la zone de Conkouati*. Pointe-Noire, Congo, 9 p.+ annexes.
33. UICN, 1989, *La conservation des écosystèmes forestiers du Congo*. Gland, Suisse et Cambridge, Royaume Uni, 187 p.
-

G. Makosso Vheiyé, Congolais (Brazzaville), Docteur en Alimentation et Nutrition, Directeur du Parc Zoologique de Brazzaville (Ministère de l'Economie Forestière).

J. Massamba, Congolais (Brazzaville), Docteur ès Sciences Naturelles, Maître Assistant CAMES de Nutrition.

T. Silou, Congolais (Brazzaville), Professeur titulaire de Chimie Physique, Coordonnateur de la formation Doctorale «Transformation Alimentaire des Agro ressources (T2A)» et d'EPRAN-Congo.

A. Massamba, Congolais (Brazzaville), H.D.R., Biostatistiques.

Effets du séchage sur le rendement et la qualité de l'huile extraite de la pulpe de safou

G.B. Noumi^{1*}, Yolande Mireille Njouokam², C.B. Njiné², E. Ngameni² & C. Kapseu³

Keywords: *Dacryodes edulis*- Pulp- Drying- Oils- Cameroon

Résumé

En vue de contribuer à la valorisation des oléagineux non conventionnels, les fruits de safou de la localité de Makénéne ont été collectés et transportés au laboratoire où ils ont subi un séchage dans une étuve électrique à 50 °C jusqu'à différents teneurs en eau finales. L'influence du séchage sur le rendement d'extraction et sur les caractéristiques physico-chimiques de l'huile extraite de la pulpe de safou a été évaluée. De l'analyse de variance des résultats d'extraction, il ressort que le séchage a une influence significative ($p < 0,05$) sur le rendement d'extraction. La teneur en eau finale qui correspond au rendement d'extraction maximal et qui permet d'avoir le meilleur rapport quantité d'huile extraite sur consommation énergétique est 6,17%. De même les indices d'acide et de peroxyde sont significativement influencés par le séchage. A la teneur en eau de 6,17%; les valeurs de ces indices sont respectivement de 4,21 et 7,33. Le test de corrélation révèle une influence négative du séchage sur l'indice d'iode lorsque les teneurs finales en eau sont inférieures à 31,46%. A la teneur finale en eau de 6,17%; la valeur de l'indice d'iode est 54,18.

Summary

Influence of Drying on the Physicochemical Characteristics of Safou Pulp Oil

In order to contribute to the valorization of non-conventional oils seeds, safou fruits from the Makenene locality were collected and transported to the laboratory. There they underwent a drying at 50 °C to different water levels in an electrical oven. The influence of the final water content on the extraction yield and the physico-chemical characteristics of oil extracted from the pulp of the safou fruits were evaluated. Through variance analysis, this study reveals that the drying treatment significantly influences oil extraction yield. The best drying which produces maximal extraction yield and which gives the best ratio of the quantity of oil extracted to energy consumption, stands at 6.17%. Likewise, the acid and peroxide values are significantly influenced by the thermic treatment. At the final water content of 6.17%, these values stand at 4.21 and 7.33 respectively. Correlation tests show that the negative correlation between the iodine value and the final water content is significant only from water contents below 31.46%. At the final water content of 6.17%, the iodine value is 54.18.

Introduction

En Afrique, les populations rurales, pour couvrir l'essentiel de leurs besoins en matières grasses ont recours aux productions végétales fournies le plus souvent par les fruits de la forêt. Parmi les espèces exploitées au Cameroun, *Dacryodes edulis*, qui est l'objet du présent travail est un arbre fruitier typique des zones tropicales humides (17). Il est très répandu dans le Golfe de Guinée, et son aire de distribution va du Ghana à l'Angola en passant par le Congo Brazzaville (17).

Dacryodes edulis plus communément appelé safoutier est une plante appartenant à la famille des burseracées; c'est un grand arbre pouvant atteindre 30 m de haut. La période de production du fruit s'étend de mai à novembre avec un pic de production en juillet (11). Son fruit, le safou, est une drupe de formes variées ayant généralement 5 cm de long et 2,5 cm de diamètre. Ce dernier comprend de l'extérieur

vers l'intérieur: un épicarpe cireux, un endocarpe pulpeux, et une graine entourée d'un tégument (6, 8). Cet endocarpe, à l'instar de celui de certains autres oléagineux tel que l'avocat, au regard de sa teneur en huile entre 40 et 65% par rapport à la matière sèche (8) pourrait être une matière première pour l'huilerie. Arbre à usages multiples, le safoutier est une source d'énergie, d'alimentation, de médicaments et de revenus pour les paysans (3). Les fruits, très consommés à l'état frais par les populations des zones de production et des grandes métropoles, sont très fragiles à cause des phénomènes de pourrissement de la pulpe, ce qui cause un handicap majeur dans la conservation entraînant ainsi de nombreuses pertes post-récoltes (plus de 50% enregistrées) (8). Ces pertes peuvent être réduites par la production de l'huile. Cependant, comme dans la plupart des aliments, l'eau est le constituant le plus abondant

¹Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré, B.P. 454, Ngaoundéré, Cameroun.

²Laboratoire de Chimie Analytique, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé 1, B.P. 812, Yaoundé, Cameroun.

³Département de Génie des Procédés, Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles (ENSAI), Université de Ngaoundéré, B.P. 455, Ngaoundéré, Cameroun.

*Correspondance: gnoumi@yahoo.fr

Reçu le 24.11.09 et accepté pour publication le 02.05.11.

des fruits de safou. Cette prépondérance explique l'influence que peut avoir le séchage sur le rendement et la qualité de l'huile extraite.

Dans le cadre de notre recherche sur la valorisation des produits tropicaux, nous avons étudié l'influence du traitement thermique de séchage sur le rendement de l'extraction de la matière grasse d'une part et les caractéristiques physico-chimiques de l'huile extraite de la pulpe de safou d'autre part.

Matériel et méthodes

1. Matériel biologique

Les fruits de safou fraîchement cueillis, utilisés pour cette étude proviennent de la zone de Makénéne (Région du Centre, Cameroun). Ils sont ensuite acheminés à Yaoundé dans des sacs en filet de forme rectangulaire d'environ 25 cm de largeur et 60 cm de longueur. A leur réception au laboratoire, les fruits sont triés, lavés et tranchés en quatre dans le sens de la longueur à l'aide d'un couteau en acier inoxydable. Les échantillons ainsi traités sont séchés à l'étuve à 50 °C. Au cours du séchage, des échantillons sont prélevés à des temps différents pour suivre l'évolution de la quantité et de la qualité de l'huile extraite.

L'étude menée sur les fruits de safou est effectuée selon le schéma de la figure 1.

2. Détermination des caractéristiques de la pulpe de safou

2.1 Détermination de la teneur en eau finale

La teneur en eau finale a été déterminée selon la méthode décrite par Noumi (10).

2.2 Détermination du rendement d'extraction

L'extraction s'effectue par chauffage à reflux selon la méthode de Soxhlet, avec l'hexane comme solvant. Le rendement d'extraction, qui est le rapport de la quantité d'huile extraite sur la teneur en matière sèche du fruit, a été déterminé selon la méthode décrite par Noumi *et al.* (12) et par Womeni *et al.* (19).

3. Détermination des caractéristiques chimiques des huiles extraites

Les caractéristiques chimiques dont les indices d'acide, de peroxyde et d'iode sont déterminées sur la matière grasse extraite de la pulpe de safou selon les méthodes normées (1).

4. Analyse statistique

Les données obtenues à l'issue des diverses analyses ont été traitées statistiquement à l'aide du logiciel SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) (9) en analyse de la variance afin d'évaluer les relations entre les conditions de séchage et les caractéristiques physico-chimiques de la matière grasse. Le test de comparaison multiple de Duncan a été utilisé pour juger la différence entre les moyennes des traitements au seuil de probabilité de 5%.

Tableau 1
Influence du séchage sur le rendement d'extraction

Teneur en eau (%)	Rendement d'extraction (% MS)
74,37	11,61 ± 0,83 ^a
53,85	21,52 ± 1,11 ^b
31,46	32,71 ± 0,70 ^c
12,38	41,36 ± 0,65 ^d
6,17	50,82 ± 1,10 ^e
5,94	52,33 ± 0,81 ^e

Les chiffres ayant les mêmes lettres en exposant sur la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil de probabilité p inférieur ou égal à 0,05.

Résultats et discussions

1. Influence du séchage sur le rendement d'extraction

L'influence de la déshydratation de la pulpe du fruit sur le rendement d'extraction de l'huile est présentée dans le tableau 1.

De l'examen du tableau 1, il ressort que le rendement d'extraction de l'huile en début de séchage de la pulpe de safou est de 11,61% pour une teneur en eau de la pulpe de 74,33%. Ce faible rendement d'extraction peut s'expliquer d'une part par la forte hydratation de la pulpe de safou et d'autre part par la présence des substances colloïdales. L'analyse de la variance montre que la teneur en eau de la pulpe influence de façon significative ($p < 0,05$) le rendement d'extraction de l'huile. Ce dernier croît et atteint à la fin du séchage la valeur maximale de 52,33% pour une teneur en eau résiduelle de 5,94%. La corrélation entre la teneur en eau et le rendement d'extraction de l'huile est forte et négative avec un coefficient $R = -0,97$. Le test de comparaison multiple de Duncan montre qu'il n'y a pas de variation significative à $p < 0,05$ du rendement d'extraction de l'huile pour des teneurs en eau comprises entre 5,94 et 6,17%. La teneur en eau de 6,17% correspond au rapport le plus élevé entre la quantité d'huile et la consommation énergétique. Les travaux de Womeni (18) montrent qu'un séchage poussé entraîne la formation des croûtes, ayant pour conséquence la diminution du rendement d'extraction. Nos résultats sont similaires à ceux de Karleskind et Wolff (7), Raoult-Wack *et al.* (13), Silou *et al.* (15) et Tchankou (16) mais différent de ceux de Gupta (5). Karleskind et Wolff (10) ont en effet montré que, pour les oléagineux ayant plus de 50% de matière grasse, le rendement d'extraction est maximal pour des teneurs en eau inférieures à 7,5%. Raoult-Wack *et al.* (13) ainsi que Silou *et al.* (14,15), ont constaté que le maximum d'extraction de l'huile des pulpes d'avocat et de safou est obtenu pour des teneurs en eau variant entre 5 et 10%. Tchankou (16) a obtenu le meilleur rendement d'extraction de l'huile de la pulpe de l'ailé pour une teneur en eau de 6,34%. Gupta (5) préconise une teneur en eau comprise entre 9 et 10% pour obtenir l'extraction maximale de l'huile des graines de soja.

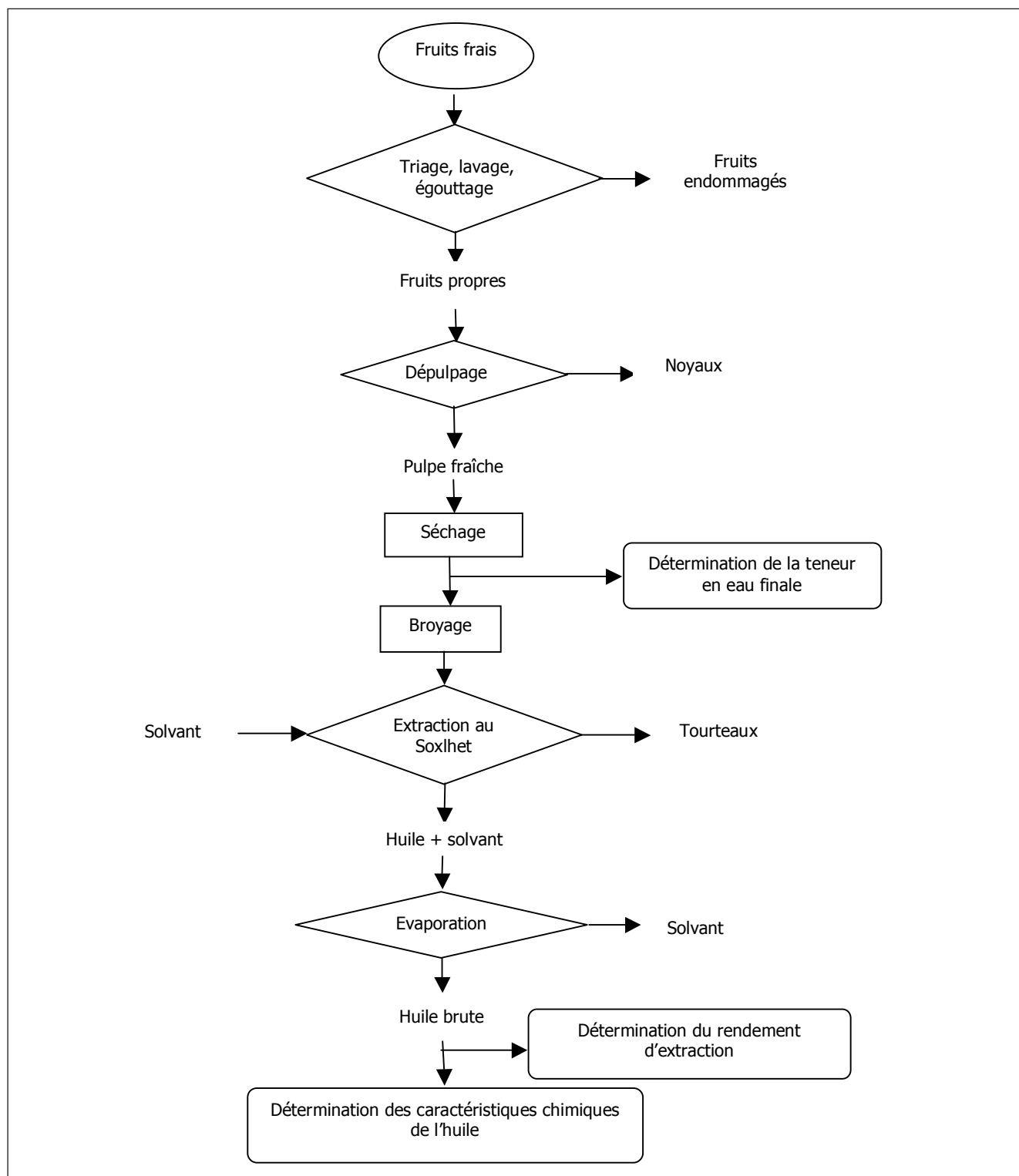


Figure 1: Schéma général de l'étude menée sur les fruits de safou.

Les rendements d'extraction optimale proches de 50% obtenus dans nos essais montrent bien que la pulpe des fruits de safou est riche en huile; ce qui correspond aux résultats de Silou *et al.* (15) qui signalent un taux de lipide variant entre 49 et 70% pour les fruits de safou récoltés au Congo-Brazzaville. De même, ce taux est comparable à la valeur obtenue par Kapseu *et al.* (6) entre 47,4 et 61,1%. Comparée aux teneurs en huile des oléagineux

couramment utilisés en huilerie (arachide 50%, graine de coton 35-40%, germe de maïs 45-50%, soja 15-25%) (7), la pulpe de safou du Cameroun de par la teneur en huile qu'elle renferme est intéressante sur le plan quantitatif et permet de classer ce fruit parmi les oléagineux potentiels pour la production d'huile végétale.

2. Influence du séchage de la pulpe sur les caractéristiques chimiques de l'huile

Le séchage étant un traitement par la chaleur, on

Tableau 2
Influence du séchage de la pulpe sur les caractéristiques chimiques de l'huile

Teneur en eau (%)	Caractéristiques chimiques		
	Indice d'acide	Indice de peroxyde	Indice d'iode
74,37	1,03 ± 0,08 ^a	4,58 ± 0,41 ^a	55,49 ± 0,12 ^{bc}
58,85	2,48 ± 0,04 ^b	5,84 ± 0,02 ^b	48,95 ± 0,78 ^a
31,46	3,45 ± 0,09 ^c	6,49 ± 0,14 ^c	62,64 ± 1,47 ^d
12,38	4,11 ± 0,17 ^d	7,02 ± 0,05 ^d	57,52 ± 1,16 ^c
6,17	4,21 ± 0,14 ^d	7,33 ± 0,16 ^d	54,18 ± 0,90 ^b
5,94	4,30 ± 0,08 ^d	8,15 ± 0,16 ^e	55,41 ± 0,68 ^{bc}

Les chiffres ayant les mêmes lettres en exposant sur la même ligne ne sont pas significativement différents au seuil de probabilité p inférieur ou égal à 0,05.

peut s'attendre à une dégradation de l'huile extraite de la pulpe du fruit après ce traitement. Le tableau 2 présente l'influence du séchage sur les caractéristiques chimiques de l'huile.

a) Influence sur l'indice d'acide (Ia)

L'indice d'acide d'un corps gras est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaire pour neutraliser les acides gras libres présents dans 1 g de matière (17). La connaissance de l'indice d'acide permet une quantification des acides gras libres dans l'huile, leur présence constituant un facteur d'altération de l'huile. Dans le tableau 2 est présentée la variation de l'indice d'acide en fonction de la teneur en eau. Il ressort que l'indice d'acide de l'huile de la pulpe de safou varie entre 1,03 et 4,30 pour des teneurs en eau respectives de 74,37% et 5,94%. Cette augmentation de l'indice d'acide peut s'expliquer par l'hydrolyse des triglycérides sous l'effet de la chaleur.

L'analyse de variance montre que le séchage influence significativement ($p < 0,05$) l'indice d'acide de l'huile de la pulpe safou. La corrélation négative entre l'humidité de la pulpe et l'indice d'acide est très forte avec un coefficient $R = -0,99$. Le test de comparaison multiple de Duncan montre que, au seuil de probabilité inférieur ou égal à 5%, la valeur de l'indice d'acide en début de séchage est différente de celle obtenue en fin de séchage. De plus les indices d'acide de l'huile de la pulpe de safou ne sont pas significativement différents à partir des teneurs en eau résiduelles inférieures ou égales à 12,38%.

A la teneur en eau de 6,17% de la pulpe pour laquelle on obtient le meilleur rendement d'extraction de l'huile, l'indice d'acide est 4,21 mg de KOH /g d'huile. Cette valeur est très proche de la norme supérieure 4 préconisée par Codex Alimentarius pour les huiles alimentaires (2). La faible valeur de l'indice d'acide observée correspond à un faible taux d'acides gras libres dans l'huile (18).

b) Influence sur l'indice de peroxyde (Ip)

L'indice de peroxyde d'un corps gras est le nombre de milligramme d'oxygène actif par kilogramme de matière grasse oxydant l'iodure de potassium avec libération d'iode (1). Il est mesuré afin d'évaluer le

degré d'oxydation de l'huile, il constitue un paramètre de qualité des huiles alimentaires. Dans le tableau 2 est présentée l'évolution de l'indice de peroxyde en fonction de la teneur en eau. Il ressort que l'indice de peroxyde initial de l'huile de la pulpe de safou est de 4,58 mEq O_2 /kg matière grasse (MG), ce dernier croît avec la diminution de la teneur en eau et atteint la valeur maximale de 8,15 mEq O_2 /kg MG. Cette augmentation progressive et irréversible de l'indice de peroxyde se traduit par l'accumulation des hydroperoxydes.

L'analyse de variance montre que, au seuil de probabilité $p < 5\%$, la teneur en eau influence de façon significative l'indice de peroxyde de l'huile de la pulpe de safou. La corrélation négative entre la teneur en eau et l'indice de peroxyde est très forte avec $R = -0,96$. Le test de comparaison multiple de Duncan montre que, au seuil de probabilité inférieur ou égal à 5%, la valeur de l'indice de peroxyde en début de séchage est significativement différente de celle obtenue en fin de séchage. L'huile extraite de la pulpe de safou à 5,94% d'eau a un indice de peroxyde de 8,15 mEq O_2 /kg MG. A la teneur en eau de 6,17% on a le meilleur rapport quantité d'huile sur qualité d'huile; l'indice de peroxyde obtenu à cette teneur en eau est 7,33 mEq O_2 /kg MG. Cette valeur est inférieure à la norme de 15 mEq O_2 /kg MG préconisée par Codex Alimentarius pour les huiles alimentaires vierges et 10 mEq O_2 /kg MG pour les huiles raffinées (2). L'huile de safou pourrait être consommée sans un raffinage préalable.

c) Influence sur l'indice d'iode (Ii)

L'indice d'iode d'un lipide est le poids d'iode exprimé en milligramme, qui se fixe sur les doubles liaisons des acides gras de 100 g d'échantillon (1). Il mesure le degré d'insaturation des acides gras. On constate une variation de l'indice d'iode entre 48,95 et 62,64. L'analyse de variance montre que la teneur en eau n'influence significativement l'indice d'iode de l'huile de safou qu'à partir des teneurs en eau inférieures ou égales à 31,46%. L'analyse de la corrélation entre l'indice d'iode et la teneur en eau n'est pas significative ($r = -0,34$; $p = 0,23$). Le test de comparaison multiple de Duncan montre que la valeur

de l'indice d'iode obtenue en début de séchage n'est pas significativement différente au seuil de probabilité 5% de celle obtenue à partir des teneurs en eau inférieures ou égales à 6,17%. A la teneur en eau de 6,17%, on aurait le meilleur rapport qualité d'huile sur la consommation énergétique. A cette teneur en eau, la valeur de l'indice d'iode obtenue est 54,18. Cette faible valeur indique que l'huile de safou est majoritairement constituée d'acide gras saturé (AGS). Cette caractéristique la rapproche de l'huile de palme qui est une huile riche en AGS. Comparée aux indices d'iode des huiles usuelles tels que soja 125-138 g d'iode/100 g de lipides, coton 102-115 g d'iode/100 g de lipides, arachide 80-106 g d'iode/100 g de lipides, olive 75-95 g d'iode/100 g de lipides (9), cette valeur est très faible. Quelle que soit la teneur en eau, la valeur de l'indice d'iode montre que l'huile de safou peut être considérée comme une huile non siccative (4).

Conclusion

Les résultats obtenus au terme de ce travail montrent une influence significative ($p < 5\%$) de la déshydratation sur le rendement d'extraction.

Le meilleur rendement d'extraction s'obtient pour une teneur en eau égale à 6,17%. L'étude des caractéristiques chimiques de l'huile montre que les indices d'acide et de peroxyde sont significativement influencés ($p < 5\%$) par la teneur en eau. Cependant quelle que soit la teneur en eau, l'indice d'acide reste très proche de la norme 4. La valeur de l'indice de peroxyde croît avec l'augmentation de la teneur en eau mais reste malgré tout inférieure à la norme (15 mEq O_2 /kg de MG). Ces deux caractéristiques nous ont permis de conclure que quelle que soit la teneur en eau obtenue l'huile analysée n'était pas significativement altérée. Quant à l'indice d'iode, les résultats montrent qu'il n'est significativement influencé par la teneur en eau qu'à partir des teneurs en eau inférieures ou égales à 31,46%. D'une manière générale, le meilleur rendement d'extraction et la meilleure qualité physico-chimique de l'huile sont obtenus pour la teneur en eau de 6,17%.

Remerciements

Les auteurs remercient l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) pour le soutien apporté à ce travail.

Références bibliographiques

1. AFNOR (Association Française de Normalisation), 1981, Recueil des normes françaises, corps gras, graines oléagineuses, produits dérivés, 2^{ème} édition, Paris, (France), 438 p.
2. Codex Alimentarius, 2005, Alinorm 01/17: Norme pour les huiles végétales portant un nom spécifique, Codex-Stan 210, 14 p.
3. Eromosele I.C., 1998, Biochemical and nutritional characteristics of seed oils from wild plants, Actes du 2^{ème} séminaire international sur la valorisation du safoutier et autres oléagineux non conventionnels, Presses Universitaires de Yaoundé (Cameroun), 185-192.
4. Graille J., 2003, Lipides et Corps Gras Alimentaires, Collection Sciences et Techniques Agroalimentaires, Tec & Doc, 469 p.
5. Gupta M.K., 1993, Processing improve soybean quality, Inform, 4,11, 1267-1272.
6. Kapseu C., Mapongmetsem P.M., Silou T. & Roques M., 1999, Physico-chimie des fruits du safoutier (*Dacryodes edulis*) camerounais, Tropicultura, 16-17, 37-42.
7. Karleskind A. & Wolff J.P., 1992, Manuel des corps gras, Tome 1, Tec & Doc, 78, 491- 633.
8. Kengué J., 2002, Safou-*Dacryodes edulis*, International Centre for underutilised Crops, Southampton, UK: Hughes, A., Haq, N., Smith, R., 147 p.
9. Logiciel SPSS 13.0, 2006, Statistical Package for the Social Sciences.
10. Noumi G.B., 2003, Contribution à l'étude physico-chimique des fruits de *Canarium scheinfurthii* Engl.: cinétique de déshydratation, composition chimique de la pulpe, analyse de l'huile extraite, Thèse de doctorat/Ph.D., Université de Yaoundé I, Cameroun, 169 p.
11. Noumi G.B., Aboubakar Dandjouma A.K., Kapseu C. & Parmentier M., 2006, Le savoir-faire local dans la valorisation alimentaire des fruits du safoutier (*Dacryodes edulis* (G.Don) H.J.Lam) au Cameroun, Tropicultura, 24, 1, 58-62.
12. Noumi G.B., Ngameni E., Kapseu C. & Parmentier M., 2002, Variation de la composition en acides gras et en triglycérides de l'huile des fruits de l'aïélé en fonction des conditions d'extraction et de la couleur du fruit, La Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse, 79, 315-318.
13. Raoult-Wack A.L., Lisse L., Rouziere D., Montet, Dumas J.C. & Noel J.M., 1997, Séchage des produits gras par friture: cas des fruits oléagineux (coco, avocat) et des sous-produits carnés, Récents progrès en génies des procédés, 11, 59, 69-76.
14. Silou T. & Kama Niamajoua R., 1999, Contribution à la caractérisation des safous d'Afrique centrale (*Dacryodes edulis*), Oléagineux, Corps gras, Lipide, 6, 5, 39-43.
15. Silou T., Rocquelin G., Gallon G. & Molagui T., 2000, Contribution à la caractérisation des safous (*Dacryodes edulis*) d'Afrique centrale, Note II- composition chimique et caractéristiques nutritionnelles des safous du district de Boko (Congo-brazaville) Variation inter arbre, La Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse, 77, 85-89.
16. Tchankou Leudeu B.C., 2001, Influence de l'humidité sur l'extraction du beurre des amandes des fruits de Karité (*Butyrospermum parkii* G. Don Kotschy) et de l'huile de la pulpe de l'aïélé (*Canarium schweinfurthii* Engl.). Mémoire de DEA en Sciences Alimentaires et Nutrition, ENSAI, Université de Ngaoundéré (Cameroun), 66 p.
17. Troupin G., 1950, Les Burseracées du Congo Belge et du Ruanda-Burundi, Butt.Soc.Bot, Royale de Belgique, 83, 111-136.
18. Womeni H.M., 2004, Identification et analyse des opérations critiques de préparation des fruits, des graines et amande du karité (*Butyrospermum parkii* (G. Don) kotschy): étude de leur influence sur le beurre de karité, Thèse de Doctorat/Ph.D. Université de Ngaoundéré (Cameroun), 248 p.
19. Womeni H.M., Kamga R., Tchiegang C. & Kapseu C., 2002, Extraction du beurre de karité: influence du séchage des amandes et de la technique d'extraction, La Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse, 79, 33-37.

G.B. Noumi, Camerounais, Doctorat/Ph.D., Enseignant-chercheur, Université de Ngaoundéré, Cameroun.

Yolande Mireille Njouokam, Camerounaise, DEA, Doctorante, Université de Yaoundé 1, Cameroun.

C.B. Njiné, Camerounais, DEA, Doctorant, Université de Yaoundé 1, Cameroun.

E. Ngameni, Camerounais, Doctorat/HDR, Enseignant-chercheur, Université de Yaoundé 1, Cameroun.

C. Kapseu, Camerounais, Doctorat d'Etat, Enseignant-chercheur, Université de Ngaoundéré, Cameroun.

Field Evaluation of Three Entomopathogenic Fungi on Groundnut Pests

K. Sahayaraj^{1*} & S.K.R. Namachivayam²

Keywords: Biological control- Groundnut pests- *Beauveria bassiana*- *Paecilomyces fumosoroseus*- *Verticillium lecanii*- Persistence- India

Summary

Entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Deuteromycotina: Hyphomycetes), *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) (Deuteromycotina: Hyphomycetes), *Verticillium lecanii* Viegas (Deuteromycotina: Hyphomycetes) were tested against groundnut pests, *Aphis craccivora* (Koch) (Homoptera: Aphididae), *Aproaerema modicella* (Deventer) (Lepidoptera: Gelechiidae), *Mylabris pustulata* Faust (Coleoptera: Meloidae) and *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) in field conditions. Among the tested fungi, *V. lecanii* suppressed 62% of *A. craccivora* population at 39 Days After Seedling Emergence (DASE). During the same period, *B. bassiana* reduced 72% of *S. litura* larval population (0.73 larvae). The infestation of *S. litura* and *A. modicella* were greatly reduced after the treatment of *B. bassiana*; subsequently the yield (1721.31 kg/ha⁻¹) and cost benefit ratio (1: 1.93) were increased. *P. fumosoroseus* and *V. lecanii* were less effective than *B. bassiana*. The persistence of fungal pathogens was found to be higher in soil than the phyllosphere indicating that they can be naturally favored for the control of pests in groundnut.

Résumé

Champignons entomopathogènes dans la gestion des ravageurs de l'arachide

L'utilisation éventuelle de *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Deuteromycotina: Hyphomycetes), *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) (Deuteromycotina: Hyphomycetes), *Verticillium lecanii* Viegas (Deuteromycotina: Hyphomycetes) ont été testés contre les ravageurs de l'arachide, *Aphis craccivora* (Koch) (Homoptera: Aphididae), *Aproaerema modicella* (Deventer) (Lepidoptera: Gelechiidae), *Mylabris pustulata* Faust (Coleoptera: Meloidae) et *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) dans les conditions de terrain. Parmi les champignons testés, *V. lecanii* a supprimé 62% de la population de *A. craccivora* à 39 jours après la levée. L'infestation de *S. litura* et *A. modicella* ont été considérablement réduite après le traitement de *B. bassiana*, ce qui a entraîné une augmentation du rendement et le rapport coûts-avantages. *P. fumosoroseus* et *V. lecanii* se sont montrés moins efficaces que *B. bassiana*. La persistance des agents pathogènes fongiques a été trouvée plus élevée dans le sol que dans la phyllosphère ce qui indique qu'ils peuvent être naturellement favorisés pour le contrôle des ravageurs de l'arachide.

Introduction

Biopesticides based on bacteria, viruses, entomopathogenic fungi and nematodes are often considerable scope as plant protection agents against several insects. Recent advances in fungal production, stabilization, formulation, and application have led the way toward commercialization of a large number of new fungus-based biopesticide products (5, 30). Many workers extensively investigated the field bioefficacy of the entomopathogenic fungi such as *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Deuteromycotina: Hyphomycetes) (24, 31), *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) (Deuteromycotina: Hyphomycetes) (6, 26) and *Verticillium lecanii* Viegas (Deuteromycotina: Hyphomycetes) (7, 12, 13). Information obtained from such studies is the fundamental for testing the success of a biological control agent; provide information on the persistence and epidemiological

development. Since simple, viable and cheapest mass production technology of these fungi (22) is available in the literature it is worthwhile to test their bioefficacy and possible utilization of these fungi in groundnut IPM is imperative. Furthermore, monitoring of introduced control agent is essential for understanding the interactions with their living environment and needs to be the part of ecological impact and safety assessment. Persistence of the entomopathogenic fungi on field was investigated (2, 21) in different fields. However, the information about the persistence of these entomopathogenic fungi on groundnut pest is not available in the literature. We hypothesized that application of the neem oil-based *B. bassiana*, *P. fumosoroseus* and *V. lecanii* control the chosen insect pests, increase the groundnut production and the persistence of spores in the field.

¹Crop Protection Research Centre, Department of Advanced Zoology and Biotechnology, St. Xavier's College (Autonomous), Palayamkottai - 627 002, Tamil Nadu, India.

²Department of Biotechnology, Sasthyabama University, Chennai - 600119, Tamil Nadu, India,

Received on 28.01.11 and accepted for publication on 07.06.11.

The present study was undertaken to evaluate the field bioefficacy of *B. bassiana*, *P. fumosoroseus* and *V. lecanii* on the groundnut pests and the persistence of these fungi.

Materials and methods

1. Plot description

Field experiment was conducted to evaluate the bioefficacy of three entomopathogenic fungi on groundnut (TMV 7 variety) in 43,600 square feet area at Vallam (76° 24' E 7° 96' N) Tirunelveli District, Tamil Nadu, India. Groundnut was cultivated under recommended irrigation method. All the other recommended management practices of groundnut were applied except the insecticide application. The trial was carried out in a randomized block design with five treatments including untreated control and standard with three replications for each treatment. The total area was divided into 5 plots having 8, 720 square feet each [A - *B. bassiana*, B - *P. fumosoroseus*, C - *V. lecanii*, D - Endosulfan (standard) and E - Untreated Control]. Each plot was again divided into three sub-plots. Each sub-plot was separated from the adjacent plot by providing one feet soil.

2. Preparation and application of fungal conidia

The fungal conidia were obtained from well sporulated cereals (*B. bassiana* from Wheat, *P. fumosoroseus* and *V. lecanii* from Sorghum). The number of conidia/g was counted using a haemocytometer. Immediately prior to application, the conidia were suspended in 0.5% neem oil (*Azadirachta indica*). The treatments were applied with knapsack sprayer (India) using a spray fluid of 625 litre/ha. Spraying was carried out in the evening hours mainly during low wind velocity (> 4 m/s). Target concentration of conidia in oil formulation was 1.0×10^{10} spores/ml. First and second spray was carried out at 30 and 59 Days After Seedlings Emergence (DASE). The pest populations (no/plants) were counted one day before and 7 days after the treatment from 30 randomly selected plants in each plot. Leaf damage (both defoliation and infestation) was assessed by visual method (29).

3. Persistence of fungi on leaves and soil

Five grams of the leaves per sub-plot was collected randomly from the top and middle of the plants 10 and 30 days after the application of conidia separately. Within one hour after collection, the leaves were transported to the laboratory in sterilized plastic bags kept in ice bags and stored at 5 °C for a maximum of 12 hours, phyllosphere populations were recorded. The phyllosphere is a term used in microbiology to refer to leaf surfaces or total above-ground surfaces of a plant as a habitat for microorganism. Soil samples were also taken for this study from 20 different sites of each treated plots separately. Using a sterilize spoon, these samples were taken within the top 2 cm of soil, because the majority of fungal inocula are usually concentrated in this soil layer. Samples were collected in sterile

polythene bags and kept in ice bag. Persistence of the fungal pathogens in the field was also recorded by collecting the dead insects after the subsequent spray. The dead insects were kept under observation for a period of 20 days at 25 ± 1 °C temperature and relative humidity $70 \pm 10\%$ percent to observe mycosis. Collected leaves were suspended in 100 ml of sterile distilled water with 0.01% Tween-80 for 1 hour on a rotatory shaker at 100 rpm. The suspension was serially diluted. One gram aliquots of soil (sample from 20 different sites were pooled) in each treated plot collected from different sites were suspended for 1 hour at 100 rpm in 250 ml of conical flask containing 100 ml of sterile distilled water along with Tween 80 at 0.01%. The resulting suspension was serially diluted. 0.1 ml of aliquots of leaves and soil sample plated on iodine based modified wheat meal agar media (DBMWA) and potato dextrose agar (PDA). After three weeks of incubation at 26 °C in darkness, the fungal growth was assessed to quantify the number of colony forming units (CFU). Temperature, mean relative humidity and rainfall were recorded from the nearest weather station (Courtallam, Tirunelveli District, Tamil Nadu, India) (Table 1).

Table 1

Weather data recorded during the crop age from first to 15th week

Crop age in week	Maximum Temperature	Minimum Temperature	Rainfall (in mm)	Relative humidity (%)
1	24.34	21.82	21.50	81.3
2	23.71	21.17	7.21	86.7
3	26.17	23.12	4.12	79.8
4	24.12	21.24	11.13	81.1
5	24.17	21.19	4.23	81.6
6	27.17	24.12	3.17	78.2
7	26.11	22.17	-	79.1
8	23.12	21.11	6.17	86.1
9	24.12	21.34	3.19	81.1
10	26.17	23.14	-	78.6
11	25.12	22.17	4.12	80.1
12	24.17	21.19	-	80.9
13	22.12	19.17	11.13	90.1
14	22.17	19.21	7.12	89.4
15	24.12	20.17	4.12	80.2

4. Cost benefit ratio

On the harvest day, the production of groundnut from each subplot was recorded and expressed as kg/ha⁻¹. From the data the cost benefit ratio was worked out. The data was subjected to Duncan Multiple Range Test (DMRT) to assess the significance of fungal treatment with untreated control and standard (pesticide treatment) using the statistical software SPSS version 11.5.

Results

1. Pest population

Pre-treatment observations showed that *A. craccivora* was found to be predominant pest, followed by *S.*

litura, *A. modicella* and *M. pustulata*. From the table 1 it was very clear that incidence of all pests was reduced greatly after the application of fungal pathogens as well as endosulfan sprayed groundnut field. Among the four treatments, *V. lecanii* completely reduced *A. craccivora* populations than by endosulfan treatment at 46 Days After Seedling Emergence (DASE). *S. litura* populations was significantly ($P < 0.05$) reduced by endosulfan compare with entomopathenic sprays with *B. bassiana*, *P. fumosoroseus*, and *V. lecanii*. A similar observation was also observed for *A. modicella* (Table 2). Except the comparison between the *V. lecanii* and control, all other comparisons were statistically significant ($df=1,58$; $F= 2.40$; $P < 0.05$). The reduction of *M. pustulata* population was 0.51, 0.52, 0.52 and 0.10 for *B. bassiana*, *P. fumosoroseus*, *V. lecanii* and endosulfan treated plots respectively. Statistical comparison between *B. bassiana* and endosulfan separately with control were also significant at 5% level ($df= 1,58$; $F= 2.44$; $P < 0.05$).

2. Pest infestation

The infestation of two groundnut pests such as *S. litura* and *A. modicella* were greatly reduced after the treatment of the fungal pathogens. Between the two defoliators recorded during the study period the infestation due to *S. litura* was the highest (7.3/plant)

followed by *A. modicella* (5.1/plant). The infestation due to *S. litura* was reduced to 0.6 and 0.3 in first and second spray of *B. bassiana*. Similarly the infestation decreased to 4.9 and 0.9 during the first and second spray of *P. fumosoroseus*. A similar observation was also observed in *V. lecanii* treated plot (4.8 and 1.1 for first and second spray respectively). In the case of *A. modicella*, the infestation reduced from 5.1 to 1.9 and 0.5, 2.7 to 0.9 and 3.1 to 1.4 during first and second spray for *B. bassiana*, *P. fumosoroseus* and *V. lecanii* treated plot respectively. Since both *A. craccivora* and *M. pustulata* caused minor infestation, their infestation levels were not recorded.

3. Persistence of entomopathogenic fungi

In general the persistence of all the three entomopathogenic fungal population was higher in the soil than in the phyllosphere. For instance, the persistence of *B. bassiana* was found to the maximum in soil (22.1×10^{11} CFU/g) followed by *P. fumosoroseus* (7.1×10^{11} CFU/g) and *V. lecanii* (5.4×10^{11} CFU/g). In the phyllosphere, the population was found to be 26.4×10^{11} , 17.3×10^{10} and 3.2×10^{10} CFU/g for *B. bassiana*, *P. fumosoroseus* and *V. lecanii* respectively.

4. Yield and cost benefit ratio

High production of groundnut was recorded in

Table 2
Effect of three entomopathogenic fungi on *A. craccivora*, *A. modicella* and *M. pustulata* populations (all data presented here are mean values)

Pests	Treatment	I spray			II spray		
		31	39	46	52	59	66
<i>A. craccivora</i>	Control (A)	44.76	59.12	62.17	77.19	84.13	89.19
	<i>B. bassiana</i> (B)	44.46	27.49	19.19	12.47	10.64	10.64*
	<i>P. fumosoroseus</i> (C)	44.70	26.12	19.17	12.20	10.10	8.17*
	<i>V. lecanii</i> (D)	44.96	17.13	0.0	0.00	0.00	0.00*
	Endosulfan (E)	44.06	10.7	0.07	0.07	0.07	0.07*
<i>A. modicella</i>	Control (A)	1.39	1.76	1.91	1.97	2.01	2.01
	<i>B. bassiana</i> (B)	1.89	0.77	0.61	0.37	0.37	0.11*
	<i>P. fumosoroseus</i> (C)	1.22	0.91	0.81	0.49	0.41	0.23*
	<i>V. lecanii</i> (D)	1.30	0.94	0.87	0.67	0.42	0.34
	Endosulfan (E)	1.32	0.62	0.57	0.22	0.19	0.08*
<i>M. pustulata</i>	Control (A)	0.71	0.77	0.77	0.75	0.77	0.76
	<i>B. bassiana</i> (B)	0.74	0.71	0.67	0.67	0.55	0.51*
	<i>P. fumosoroseus</i> (C)	0.70	0.71	0.70	0.69	0.57	0.52
	<i>V. lecanii</i> (D)	0.72	0.71	0.71	0.69	0.58	0.52
	Endosulfan (E)	0.71	0.46	0.31	0.27	0.27	0.10*
<i>S. litura</i>	Control (A)	2.11	2.18	2.37	3.11	3.17	3.17
	<i>B. bassiana</i> (B)	2.62	0.73	0.61	0.35	0.21	0.10*
	<i>P. fumosoroseus</i> (C)	2.71	1.54	1.17	0.75	0.35	0.19*
	<i>V. lecanii</i> (D)	2.44	1.57	1.24	0.79	0.56	0.37
	Endosulfan (E)	2.01	0.57	0.49	0.27	0.27	0.07

A, B, C, D and E denotes plots name;

*Values are statistically significant when compared to the control. Statistical analysis (Duncan Multiple Range Test) was made between control with fungal pathogens and expressed at 5% level

B. bassiana treated plot (1721.31 kg/ha⁻¹) than *P. fumosoroseus* (1682.43 kg/ha⁻¹) and *V. lecanii* (1298.67 kg/ha⁻¹). Total of 1096.4 and 1117.2 kg/ha⁻¹ was recorded in untreated control and endosulfan treated plot, respectively. Similarly, the cost benefit ratio was higher in *B. bassiana* treatment (1: 1.93) followed by *P. fumosoroseus* (1: 1.86) and *V. lecanii* (1: 1.73). The cost benefit ratio was found to be lower in untreated control (1: 1.10) and in endosulfan treated plot it was found to be 1: 1.11.

Discussion

Field study revealed that all the entomopathogenic fungi effectively control the groundnut pest populations and their incidence. Environmental factors play a vital role on entomopathogenic fungi. Higher humidity and frequent rainfall observed in the study area favors the activity of the fungal pathogens as reported in other studies (15, 18, 21). Generally, entomopathogenic fungi survive well in nature between 10 °C and 30 °C (15). Temperature dependent processes such as rate of disease development and level of disease are higher at the optimum temperature (18). Observations revealed that in the study area, the temperature and humidity ranged from 19.21 to 24.12 °C and 78.6 to 84.4% respectively (Table 1). The dead caterpillars of *S. litura* and *A. modicella* could be observed within 5 days after the application of fungal pathogens. Fully mycosed larvae were observed after 15 to 20 days after the treatment of the fungi. The spores from this dead cadavers might be carried away by the wind and caused further infection and enhanced the fungal activity.

Apart from the environment factors, fungi have considerable epizootic potential and spread quickly through the insect populations (10, 27). Our results showed that the pest population except *M. pustulata* was found to be higher. A critical factor that appears to influence the fungal pathogenicity is the population densities of the insects. Uneven population density on different leaves may modify the microenvironment in which the interaction between the host and pathogen takes place. For instance, high host population densities may enhance the pathogen fitness by facilitating the development and dissemination among insects due to the increased abundance of honeydew (8). This may enhance the fungal activity. The successful use of biological control agents depends on the suitable formulation technique. Moreover, the fungal pathogens applied with oil formulation increases their persistence and their dependability on the prevailing environment (28). They also revealed that the infective propagules of fungus either in the form of blastospores or conidiospores showed better activity than they were mixed with suitable ingredients, which may act as nutrients, additives or wetting agents. It was also revealed that oil formulation was found to be highly effective compare to other agents tested in their study (19). The lipophilic conidia of deuteromycete fungi

readily suspend in oil uniformly and dispersed its conidia might favor uniform coverage of plant surfaces. Oil based formulation effect of *Nomuraea rileyi* and *B. bassiana* on *S. litura* and *Myzus persicae* was reported respectively (28). It was reported earlier that one spray of *V. lecanii* caused 100% inhibition of aphid's population after two weeks of application in cucumber (9). In the present study, 100% eradication of *A. craccivora* was observed and this might be due to the favorable environmental condition and higher aphid population, which directly or indirectly increased the fungal activity. However, application of talc-based formulation of *B. bassiana* and *Pseudomonas fluorescens* strains mixture through seed, soil and foliar spray effectively reduced the incidence of leaf miner and collar rot in groundnut compared to individual bio-formulation and control treatments both under glasshouse and field conditions (25).

Studying the persistence of the entomopathogenic fungal pathogen is essential for their successful application and efficacy in the soil (4). In the present study, the pathogens density was found to be higher in soil than leaves except, *B. bassiana*. To dominate both the *V. lecanii* and *P. fumosoroseus*, *B. bassiana* established its population more as phyllosphere. Fungi in soil are generally protected from desiccation, UV radiation and extreme temperature. This may enhance the more number of CFU of fungal pathogens. Padmaja and Gurvinder Kaur (17) found that *B. bassiana* fungal spores can be viable upto 30 days after treatment. Conidia of *B. bassiana* (21) survive in or on the surface of the soil for a longer period. In the present study, all entomopathogenic fungi density was found to be high in soil than phyllosphere. Soil is a natural reservoir for the entomopathogenic fungi and kills the pest subsequently and falls to the ground (14). Our results revealed that at each test site all the fungi were recovered one month after the application of fungi. This indicated that when the larvae or beetle comes in contact with the soil, the infective propagules bind readily to the insect epicuticle upon the contact. Moreover, they also infect insects pupae present in the soil. The pupae may be highly susceptible to these viable infectious fungal propagules in the soil. In phyllosphere the numbers of CFU of all entomopathogens were found to be lower than the soil. There are several factors such as sunlight, nature of leaves and normal antagonistic microflora that may inactivate the conidia. In general, the half-life of spores of most fungi when exposed to stimulated sunlight ranged from one to four hours (3, 11). Density of hairs, waxiness, veins, size and shape angle of leaves of the stem the leaf, number of stomata and density of the canopy also influence the microclimate of the leaf. The phyllosphere pH may also exert some impact on the pathogens (32). The hyphomycetous entomopathogenic fungi *M. anisopliae*, *V. lecanii* and *B. bassiana* have been used to target pest insects for over a century.

This field study clearly revealed that the

entomopathogenic fungal treatment distinctly decreased the pest population and their infestation, cost benefit ratio and yield were higher in *B. bassiana* treated plot than *P. fumosoroseus* and *V. lecanii*

treatments. We then concluded that the use of *B. bassiana* in groundnut increased the groundnut production and showed persistence in the field for the next cultivation.

Literature

- Altre J.A., Vandenberg J.D. & Cantose F.A., 1999, Pathogenicity of *Paccilomyces fumosoroseus* to diamond block moth *Plutella xylostella* correlation with spore size, germination speed and attachment cuticle. *Phili. Entomol.* 73, 332-338.
- Douglas Ingalis, Mark Goettel S. & Dan Johnson L., 1993, Persistence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* on phylloplanes of created wheat grays and alfalfa. *Biol. Control*, 3, 258-271.
- Elliot L.S., Sabelis M.W., Jennsen A., Van der Geest, Beerling A.M. & Franssen J., 2000, Can plants use entomopathogens as holygrands. *Ecol. Letters*, 3, 228-235.
- Enkerli J., Widmar F. & Keller S., 2004, Long-term field persistence of *Beauveria brongniartii* strains applied as biocontrol agents against European cockchafer larvae in Switzerland. *Biol. Control*, 29, 115-123.
- Faria M.R. & Wraight S.P., 2007, Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. *Biol. Control*, 43, 237-256.
- Feng M.G., Chen B. & Ying S.H., 2004, Trails of *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces fumosoroseus* and imidacloprid for management of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) on greenhouse grown lettuce. *Biol. Sci. Tech.* 14, 10, 531-544.
- Gillespie A.T., 1988, Use of *Verticillium lecanii* to control thrips (*Thrips tabaci*) and red spider mite (*Tetranychus urticae*) on cucumber. *In: Proceeding of 20th Annual Meetings for Society of Invertebrate Pathology August (1987)*.
- Gindin G., Geschtovt Niu, Raccab B. & Burash I., 2000, Pathogenicity of *Verticillium lecanii* to different developmental stages of the silver leaf whitefly. *Phytoparasitica* 28, (3), 1-11.
- Hall R.A., 1981, Laboratory studies on the effects of fungicides, acaricides and insecticides on the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii*. *Medical Ento. Verti. Amster.* 29, 39-48.
- Hoffmann M.P. & Frodsham A.C., 1993, Natural enemies of vegetable insect pests. Cooperative extension, Cornell University, Ithaca, New York. p. 63.
- Ignoffo C.M., Garcia C., Alyoshina O.A. & Lappa N.V., 1979, Laboratory and field studies with Boverin. A mycoinsecticide preparation of *Beauveria bassiana* produced in the Soviet Union. *J. Econ. Entomol.* 72, 562-565.
- Jayaraj S., Easwaramoorthy S. & Santhanam G., 1978, Control of coffee green bug with the fungal pathogen *Cephalosporium lecanii* Zinn. *Kissan World*, 5, 60-61.
- Kennedy J.S., Saira Banu B. & Rabindra R.J., 2001, Entomopathogenic fungi for the management of diamond block moth *Plutella xylostella* on cauliflower. *In: Ignachimuthu S., Sen, A.P. (eds.)*, Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi, pp. 174 p.
- Koller S. & Zimmermann G., 1989, Mycopathogens of soil insects, *in: N. Wilding, N. Collins, N.M. Hammond, P.M. Webber & J.R. Webber (eds.)*, Academic Press, London. p. 289.
- Mc Coy C.W., Samson R.A. & Boucias D.G., 1988, Entomogenous fungi. *In: Ignoffo C.M. (ed.)*, CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 296 p.
- Nahar P., Yadav M., Kulye A., Hadapad A., Hassani M., Tuor U., Keller S., Chandele A.G., Thomas B. & Deshpande M.V., 2004, Evaluation of indigenous fungal isolates. *Metarhizium anisopliae* M 24412, *Beauveria bassiana* B 3301 and *Nomuraea rileyi* N 812 for the control of *Helicoverpa armigera* in pigeonpea field. *J. Biol. Cont.* 18, 1, 1-8.
- Padmaja V. & Gurrinder Kaur, 1998, Relative susceptibility of brinjal spotted beetle, *Henosepilachna vigintioctopunctata* (Fabricius) to certain isolates of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. *J. Biol. Cont.* 12, 2, 147-151.
- Padmaja V., 2005, Role of entomopathogenic fungi in insect pest management. *In: Green pesticides for insect pest management. Ignachimuthu S., Jayaraj S. (eds.)*, Narosa Publishing House, New Delhi, pp. 324 p.
- Prior C., Jolvands P. & Le Patourel G., 1988, Infectivity of oil and water formulation of *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) to the coconut weevil pest *Pantorohtes plutus* (Coleoptera: Curculionidae). *J. Invertebr. Path.* 52, 66-72.
- Ramesh K., Mohan C.M., Lakshmi K.A., Padmavathi J. & Devi K., 1999, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Hyptomycetes: Moniliates) in cotton pest management a field trail on the cotton leaf roller *Syllepte derogata* Fabricius (Lepidoptera: Pyrausidae). *J. Entomol. Res.* 52, 278-282.
- Roberts D.W. & Campbell A.A., 1977, Stability of entomopathogenic fungi. *In: Ignoffo G.M., Hostetter D.L. (eds.)*, Entomological Society of America, College Park, MD. 10, 19-76.
- Sahayaraj K. & Karthick Raja Namasivayam S., 2008, Mass production of entomopathogenic fungi using agricultural products and byproducts. *Afri. J. Biote.* 7, 12, 1907-1910.
- Sandhu S.S., Unkles S.E., Rajak R.C. & Kingdom J.R., 2001, Generation of benomyl resistant *Beauveria bassiana* strains and their infectivity against *Helicoverpa armigera*. *Biol. Scie. Tech.* 11, 245-256.
- Saxena R.C., 1997, Antifeedant in tropical pest management. *Insect Sci. Appl.* 8, 731-736.
- Senthilraja G., Anand T., Durairaj C., Raguchander T. & Samiyappan R., 2010, Chitin-based bioformulation of *Beauveria bassiana* and *Pseudomonas fluorescens* for improved control of leafminer and collar rot in groundnut. *Crop Prot.* 29, 9, 1003-1010.
- Shelton A.M., Vanderberg I.D., Ramos M. & Wilsey W.T., 1998, Efficiency and persistence of *Beauveria bassiana* and other fungi for the control of diamond block moth on cabbage seedlings. *J. Entomol. Sci.* 33, 2, 142-151.
- Tanada Y. & Kaya H.K., 1993, *Insect Pathology*, Academic Press, London. p. 276.
- Vimala Devi P.S., Prasad Y.G. & Chowdary A., 2002, Effect of drying and formulation of conidia on virulence of the entomofungal pathogen *Nomuraea rileyi* (F.) Samson. *J. Biol. Cont.* 16, 1, 43-48
- Wightman J.A. & Rao G.V.R., 1994, A groundnut insect identification handbook for India, Information Bulletin N° 39. ICRISAT, Patancheru-, Andhra Pradesh, India.
- Wraight S.P., Jackson M.A. & De Kock S.L., 2001, Production, stabilization, and formulation of fungal biocontrol agents. *In: T.M. Butt, C.W. Jackson & N. Magan (eds.)*, CAB International, Wallingford, UK, 253-28.
- Wraight S.P., Ramos M.E., Avery P.B., Jaronski S.T. & Vandenberg J.D., 2010, Comparative virulence of *Beauveria bassiana* isolates against lepidopteran pests of vegetable crops. *J. Invertebr. Path.* 103, 186-199.
- Young S.Y., Yearian W.C. & Kim S.Y., 1977, Effect of due from cotton and soybean foliage on activity of *Heliothis nucleohydrosis* virus. *J. Invertebr. Path.* 29, 105-114.

Acknowledgement

The first author K. Sahayaraj highly thankful to the management of St. Xavier's College (Autonomous), Palayamkottai for providing necessary laboratory facilities and the encouragements.

K. Sahayaraj, Indian, PhD, Associate Professor, Crop Protection Research Centre, Department of Advanced Zoology and Biotechnology, St. Xavier's College (Autonomous), Palayamkottai - 627 002, Tamil Nadu, India. Tel: + 91 462 4264376, Fax: + 91 462 256 1765, E-mail: ksraj42@gmail.com

S.K.R. Namachivayam, Indian, Associate Professor, Professor, Department of Biotechnology, Sasthyabama University, Chennai -600119, Tamil Nadu, India. E-mail: skrn.microbio@gmail.com

Study of Organic Matter Flows on Farms in the Western Cotton Zone of Burkina Faso

B. Bacye^{1*} & A. Boro¹

Keywords: Organic matter flows- Farms- Western cotton zone- Burkina Faso

Summary

In the sub-Saharan zone, it has become necessary to use organic manure as a means of maintaining or improving cultivated soil fertility. The expertise developed by the farms, in terms of how various organic matters can be used by rural populations, plays an essential role when it comes to promoting the use of organic manure. In this way, organic matter inflows and outflows were quantified at farms in a village in the western cotton zone of Burkina Faso over the period of one year. Results show that the average plant biomass production was estimated at 38.1 tonnes per farm, 33.8% of which were harvested products, 65.2% crop residues (mainly cereal straw) and 1% shrub shoots. This is in addition to an average manure production estimated at 8.6 tonnes, based on average livestock numbers on each farm. However, only 30% of the organic residues produced were used on the farms, 14% of which were returned to the soil as manure. This low return ratio can lead to the depletion of organic matter in the soil, which makes it necessary to identify other methods for crop residue management on the farms.

Résumé

Etude des flux de matières organiques dans les fermes agricoles en zone cotonnière Ouest du Burkina Faso

La connaissance des matières organiques disponibles au niveau des exploitations agricoles et de leur utilisation, est indispensable pour le renforcement de la fumure organique qui est devenue nécessaire pour le maintien de la fertilité des sols cultivés en zone soudano-sahélienne. Les flux d'entrée et de sortie des matières organiques au sein des exploitations agricoles dans la zone cotonnière ouest du Burkina Faso, ont été quantifiés au cours d'une année. La production moyenne de plantes de biomasse par ferme a été évaluée à 38,1 tonnes constitués par 33,8% de produits récoltés; 65,2% de résidus de plantes composés en très grande partie par les pailles de céréales et; 1% de rejets d'arbustes. A cela s'ajoute la production de fumier estimée à 8,6 tonnes de fèces en moyenne compte tenu du nombre moyen de ruminants par ferme. Mais seulement 30% des résidus organiques produits ont été utilisés dans l'exploitation agricole dont 14% ont été restitués aux sols essentiellement sous forme de fumier. Face à ce faible taux de restitution pouvant conduire à terme à un appauvrissement des sols en matières organiques, il est indispensable de trouver des modes de gestion permettant de mieux valoriser les fortes quantités de matières organiques disponibles sur les fermes pour l'entretien de la fertilité des sols.

Introduction

As a substrate, which can provide nutritional elements, increase water storage capacity and mineral elements, maintain microbial life and stabilise the structure, organic matter plays a central role in increasing soil productivity (2, 9, 11, 14). Improving organic matter stocks has therefore proven vital for maintaining cultivated soil fertility (2, 4, 9, 12).

The main methods of increasing organic matter stocks in cultivated soils essentially involve fallowing and organic amendments (1, 8, 11, 12). But long-term fallowing, which is the traditional method previously used to restore soil fertility, in particular its organic status after cultivation, tends to cause the disappearance of cropping systems. In addition, for most growers, increasing organic stocks in soils

has to involve reinforcing the use of organic matters available on the farms and, if possible, making use of external sources. This requires sound knowledge of the stocks available on the farms and how they are used by rural populations.

This study subscribes to this approach and aims to quantify organic matter flows on the soil surface at field and farm level in the western cotton zone of Burkina Faso.

Materials and methods

1. Physical environment

The study was conducted in the Kadomba region, which is located between 11°23 and 11°41 north latitude and, 3°45 and 4°8 west longitude. The

Institut du Développement Rural, Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, BP: 1091, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

Tel.: 00(226) 70 26 03 00 E-mail: bbacye@gmail.com

Received on 02.06.09 and accepted for publication on 24.06.11.

climate is South Sudanese (6) and characterised by a rainy season lasting from April/May-October, with an average annual rainfall of 1062 mm for 1990-2000.

2. Description of farms

The farms were studied based on surveys, observations and field measures focusing on a sample of 23 farms.

3. Evaluation of organic matter production on the farms

Biomass production has been estimated on the basis of field surface areas and crop yields (grains, fibres or husks and harvest residues) and that of shrub shoots. Crop and shrub shoot production was assessed on square areas measuring 25 m² and 100 m² respectively and expressed in kg/ha of dry matter. For fallow land, only herbaceous biomass was evaluated using 9 m² plots.

Theoretical manure production was quantified according to the number of cattle and small ruminants, assuming average annual manure production of 750 kg per cow (3) and 125 kg per small ruminant (13).

4. Evaluation of organic matter flows in the fields

Organic matter flows entering the fields correspond to harvest residue and/or manure/compost applications. Harvest residue applications, which correspond to residues remaining in the soil after field preparation, were evaluated using 100 m² plots and quantities expressed in kg/ha of dry matter. For manure/compost applications, the quantities applied were evaluated according to the number of cart loads, which was converted into kg, based on the figure of 200 kg per load (15).

Harvest residue exports, which correspond to organic matter outflows, were evaluated by quantifying samples taken during harvesting and the dry season. The former were assessed by direct measurement after picking, while the latter were estimated by measuring the difference between the initial yield and samples taken during harvesting, plus residues remaining at field preparation stage. Quantities of burnt biomass correspond to the remaining crop and shrub shoot residue quantities for fields that were burnt at preparation stage.

Results

1. Farm characteristics

The farms are family-run, with a workforce ranging from 4 - 45 people, one third of whom are under 10 years old. The cultivated areas, including fallow land, range from 2.5-22.5 hectares, with an average size of 10.9 hectares. Figure 1 shows that maize covers the largest area (32.8%), followed by cotton, which covers 26.5% of the land. Sorghum comes next with 16.3%. Other crops, such as millet, peanuts, cowpeas and rice come next, each of which occupies less than 0.5

hectare. The average amount of fallow land on each farm represents 15.4% of its total surface area.

Livestock are kept with, on average, 9.6 cattle and 11.1 small ruminants. At least one third of cattle are draught oxen. The farming method adopted is the intensive type. Most of the animals are kept in natural pastures during the rainy season. During the dry season, residues remaining in the fields represent the main food source for the animals, which are also provided with additional harvest residue feed stocks. This is especially true of draught oxen.

2. Organic matter production on the farms

2.1. Plant biomass quantities

Data concerning plant biomass quantities produced in cultivated fields is shown in table 1 for crops and shrub shoots.

- Crop biomass

The total quantity of biomass harvested in the form of grains, husks or fibres has been estimated at an average of 12.90 tonnes for each farm. The distribution per crop type shows that cereals represent 76%, which includes 58% for maize alone; the share of cotton grain is 23% and remainder (1%) consists of pulses.

Harvest residue biomass has been estimated at 24.85 tonnes on average for each farm. Cereal straw represents 81%, cotton stalks 18% and pulse stalks 1%.

- Shrub shoot biomass

The main shrub species identified are: *Piliostigma* sp., *Lanena microcarpa*, *Diospyros mespiliformis*, *Detarium microcarpum*. The shoots develop in the form of clumps with a height of between 0.20 and 0.80 m. Average quantities of shoot biomass are small. When all fields are considered, they range from 29.3-67.1 kg/ha, with an average yield of 369.9 kg for each farm.

- Fallow biomass

Land is left fallow for 1-15 years on 70% of the farms studied. The main herbaceous species found on fallow land are: *Pennisetum subanguustum*; *Pseudapricus pseudodrella*; *Andropogon* sp.; *Imperata cylindrica*.

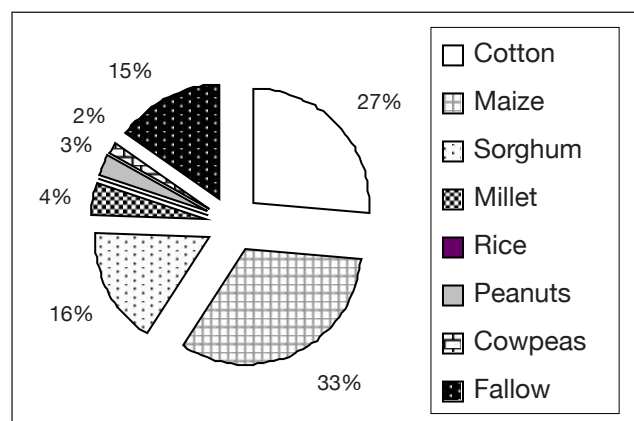


Figure 1: Average crop rotation per farm in 2000.

Table 1
Mean amount of dry matter produced by crops per farm

	Crops						
	Cotton	Maize	Sorghum	Millet	Rice	Peanuts	Cowpeas
a Average area (in ha)	2.87	3.55	1.76	0.46	0.03	0.30	0.17
b Yield: grains, husks and fibres (in kg/ha)	1039.6 ± 474	2046.0 ± 496	1059.1 ± 475	1002.6 ± 431	935.4 ± 946	291.8 ± 89	424.4 ± 124
c Harvest residues (in kg/ha)	1613.2 ± 666	3160.8 ± 733	4045.4 ± 1360	3332.4 ± 1296	1154.1 ± 436	554.7 ± 138	674.4 ± 198
d Shrub shoots (in kg/ha)	29.3 ± 24	43.5 ± 42	46.1 ± 25	44.0 ± 41	62.1 ± 12	53.8 ± 18	67.1 ± 43
e Total plant biomass (in kg/ha) e = b+c+d	2682.1	5250.3	5150.6	4379.0	2151.6	900.3	1165.9
f Total average yield (in kg) f = e x a	7697.6	18638.6	9065.1	2058.1	64.5	270.1	198.2

Table 2
Number of livestock and theoretical manure production per farm

	Number of cattle			Theoretical manure production (kg/year)		
	Cows	Small ruminants	Total	Cows	Small ruminants	Total
Mean values	9.6	11.1	20.8	7206.5	1391.3	8597.8
Extreme values	0-46	0-46	2-80	0-34500	0-5750	1125-37000

Herbaceous biomass from fallow land was estimated at 6.79 tonnes/ha on average with values ranging from 1.91-15.19 tonnes/ha, with an average total yield of 11.34 tonnes per farm.

2.2. Converted organic matter production

Theoretical annual manure production was calculated according to cattle numbers at each farm (Table 2), based on 750 kg dung per cow and 125 kg per small ruminant. The number of animals distributed between cattle and small ruminants ranges from 2 - 80 on average per farm. Estimated manure quantities range from 1.13 - 37 tonnes, with an average manure production of 8.60 tonnes per farm.

For converted organic matters applied in the form of compost and manure, quantities range from 0 - 20 tonnes with an average of 6.55 tonnes per farm.

3. Use of organic matters

3.1. Harvest samples taken from crop residues in the fields

The results (Table 3) refer to crop residue samples. Samples collected during harvesting are larger for pulse stalks and rice straw than for major cereals. Other exports take place throughout the dry season, between November-April, and focus on all remaining pulse residues, 58.7-80.4% of cereal straw and 24.3% of cotton residues. For the entire farm, out of

a total average yield of 24.85 tonnes of crop residues, 76.7% is exported from the fields, including 14.3% during harvesting and 62.4% during the dry season. This means that, at the end of the dry season, there is still an average of 5.75 tonnes of residues, 60.4% of which consists of cotton stalks.

3.2. Manure and/or compost applications in the fields

Manure and/or compost applications are applied mainly to maize, cotton and sorghum fields. The average quantity applied per farm was estimated at 6.55 tonnes, of which 73.9% for maize fields, 39.1% for cotton fields and 8.7% for sorghum fields (Figure 2).

4. Figures for quantities of organic matters used by farms

Figures for the use of various sources of organic matters (Figure 3) show that, out of a total average organic residue yield of 33.82 tonnes per farm (not including fallow land), only 10.10 tonnes were used, which includes 3.55 tonnes in the form of crop residues collected during harvesting and 6.55 tonnes as manure or compost applied in the fields, with a usage rate of 29.9%. The majority of organic matter produced (70.1%) is more or less lost to the farm – either due to burning or consumption by animals from outside the farm.

Table 3
Use of crop residues on farms

	Crops						
	Cotton	Maize	Sorghum	Millet	Rice	Peanuts	Cowpeas
1 Residue production (kg)	4629.9	11220.8	7119.9	1566.2	34.6	166.4	114.6
2 Quantity of residues collected during harvesting (kg)	0	1030.4	2113.0	228.3	34.6	97.3	49.3
3 Quantity of residues remaining at the end of the dry season (kg)	3472.4	1469.3	536.8	271.2	0	0	0
4 Quantity of residues lost during the dry season (kg) 4 = 1-2-3	1123.5	8721.1	4470.1	1066.7	0	69.1	65.3
Export rate for harvest residues (%)	24.3	86.9	92.5	82.7	100	100	100

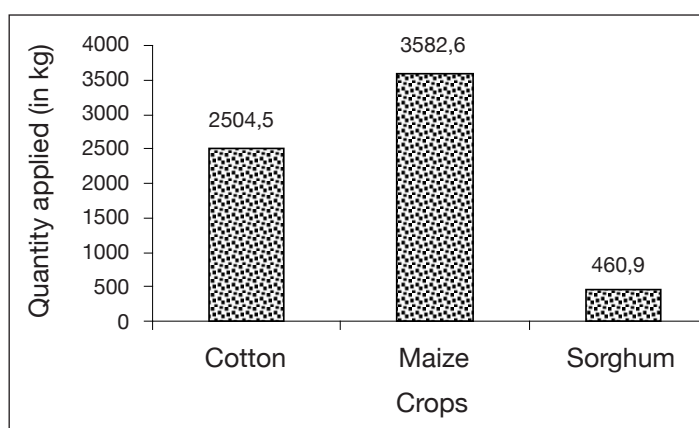
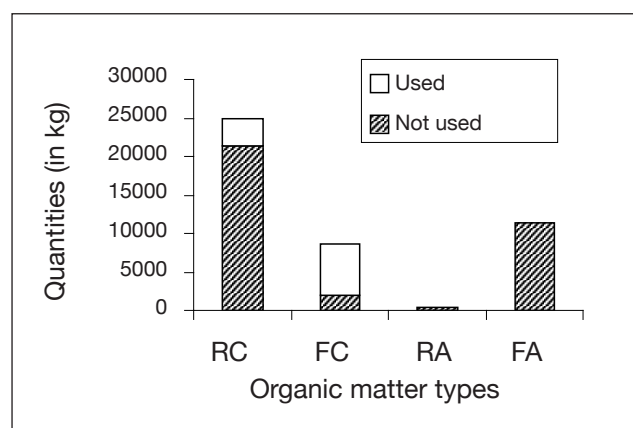


Figure 2: Average amounts of manure or compost applied per crop (kg).

Discussion

The farms studied are of the family-run agro-pastoral type and focus chiefly on crop production. The area cultivated by each farm (10.9 hectares on average) is quite high compared to the national figure, which is 3.7 hectares (7). The crop system is of the cotton-based cereal type (10).

The harvest residues assessed represent the majority of plant biomass available on the farms, with average quantities estimated at close to 25 tonnes per farm. These residues can be categorised according to crop type: cereal straw (maize, sorghum, millet and rice), which form the largest group with 81%, pulse stalks (peanuts and cowpeas), which account for only 1% and cotton stalks, which represent 18%. Shrub shoot biomass can be used to increase quantities of organic matter produced in the fields. It has been estimated at around 370 kg per farm. The average quantities harvested per field are quite small. This can be explained not only by the duration of continuous cultivation in the fields (5-20 years) but also by the intensive work required for annual tillage. All of these factors are detrimental to shrub regeneration.



RC: Crop residues FC: Manure and/or compost RA: Shrub shoots FA: Fallow

Figure 3: Total quantities of organic matters used per farm.

The management of these organic matters is open throughout the region. This could lead to losses for the farm. For example, 72% of cereal residues or an average of about 14.5 tonnes per farm were removed during the dry season. This organic matter is consumed mainly by livestock on the land or under transhumance. This is explained by the major pressure caused by animals on cultivated land during the dry season, after natural pastures have been burnt during bush fires (5). However, part of the problem can be put down to the removal of organic matters by other parties for domestic use.

In addition to plant biomass, the farms use converted organic matters created from manure and compost. Due to the relatively high number of ruminants per farm (an average of 9.6 cattle and 11.1 small ruminants), the farms can produce enough manure, which can be used for external applications of organic matters from natural pastures and/or cultivation areas (2, 5, 9). But manure production is relatively low. In fact, keeping livestock, which means allowing animals to graze in pastures and fields during the day

and bringing them into enclosures or parks at night, enables an average theoretical manure production estimated at 8.60 tonnes. With a single pair of adult draught oxen fed in the stable, it possible to produce 4-6 tonnes of manure per year by feeding them 2.5-4.5 tonnes of straw per year (3). With 9.6 oxen and 25 tonnes of harvest residues, each farm should therefore produce an average of 19.2 tonnes of manure, if the animals are fed in the stable. In addition to low manure production linked with the current livestock farming system, some of the manure is ultimately spread on the land, due to the extensive nature of this farming method (9).

The composting conducted in the region can enable all harvest product residues to be recovered, which are produced close to living accommodation (11) and not included in the study. Unfortunately, quantities of manure and compost effectively recovered are significantly below the real potential of the farms.

The various results indicate low use of organic matters as additives on farms. In fact, out of an average yield estimated at 46.7 tonnes, only about 14% is applied to the soil in the form of manure or compost. This may result in reduced soil fertility on the farms (2, 8, 9, 14). Cereal residues remaining in the fields and shrub shoots are mostly collected into piles before being burned during soil preparation. The same applies to cotton stalks, most of which are burned. As a result, the total amount of material lost to the farms due to burning in the fields can be estimated at 20% of plant residues.

Conclusion

In Burkina Faso, soil organic matter plays a central part in soil productivity and the application of organic matters onto soils is considered crucial for the development of sustainable agricultural systems. This makes it vital to encourage the use of any organic matters produced in order to increase soil organic stocks.

The presence of ruminants (especially draught oxen) on most farms in the cotton-growing region represents a major asset for more effective use of organic matters. Crop residues should therefore be used to feed the animals, which will convert them into manure to be used as a fertiliser. Most farms therefore have the resources to produce enough manure, because of the large quantity of crop residues that they produce. The problem to be solved is how cereal residues should be collected and stored and how animals should be kept. This makes it necessary to develop the technique of integrating agriculture and breeding on farms.

Cotton stalks, which are very rarely consumed by the animals, can be used as compost in the fields. The current burning system is wasteful and prevents the soil from gaining nutritional elements. However, it will be necessary to identify appropriate composting techniques for this type of wood residue.

In addition to livestock farming and composting, the identification of solutions for the promotion of organic manure could also focus on techniques for direct use that are appropriate for conditions on the farms.

Literature

- Bacyé B., Feller C. & Moreau R., 1998, Décomposition d'une poudrette de fumier incorporée dans un sol sableux de versant et un sol argilo-limoneux de bas-fond en milieu soudano-sahélien (Burkina Faso). AFES, Etudes et Gestion des Sols, pp. 109-121.
- Bationo A., Buerkert A., Sedogo M.P., Christianson B.C. & Mokwunye A., 1993, A critical review of crop-residues use as soil amendment in West African semi-tropics. In: Livestock and sustainable nutrient cycling in mixed farming systems of sub-Saharan-Africa. Volume II Technical papers. Proceeding of an internal Conference International Livestock Center for Africa (ILCA). Addis Ababa, Ethiopia 22-26 November 1993. pp. 305-322.
- Berger M., 1996, L'amélioration de la fumure organique en Afrique Soudano-sahélienne. Agriculture et Développement N° hors-série. 35 pages.
- Bielders C.L., Michels K., Schlecht E. & Mahler F., 1998, Le potentiel de la fumure organique et du paillage pour l'intensification de la production agricole sur terres dégradées du sahel. In: Breman H. & Sissoko K./Karthala Ed. L'intensification agricole au sahel. Pp. 747-758.
- Dugué P., 1998, Les transferts de fertilité dus à l'élevage en zone de savane. Agriculture et Développement N° 18 juin 1998. pp. 102-106.
- Fontes J. & Guinko S., 1995, Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso: notice explicative. Ministère de la coopération Française. 67 pages.
- Gbikpi P., 1995, Agriculture Burkinabè. Session d'accueil des nouveaux coopérants. Ouagadougou 6-8 décembre. 50 pages.
- Latham M., 1997, Crop residues as strategic resources in mixed farming systems. In: Crop residues in sustainable mixed crop/livestock farming systems. Pp. 181-190.
- Manlay R., 2000, Dynamique de la matière organique à l'échelle d'un terroir agro-pastoral de savane ouest-africaine (Sud-Sénégal). Thèse de Doctorat, ENGREF, Montpellier, France. 185 pages.
- MARA, 1997, Etude sur la typologie des exploitations agricoles familiales et adoption d'une nouvelle stratégie agricole. Rapport provisoire, Ouagadougou, Burkina Faso. 230 pages.
- Ouédraogo E., Mando A. & Zombré N.P., 2001, Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. Agriculture, Ecosystems and Environnement 84 (2001) 259-266.
- Roose E. & Barthès B., 2001, Organic matter management for soil conservation and productivity restoration in Africa: a contribution from Francophone research. Nutrient Cycling in Agroecosystems 67: 159-170, 2001.
- Sanfo R., 1983, Connaissance et amélioration de l'embouche traditionnelle. Eléments d'analyse et propositions de développement de l'embouche intensive ovine dans le milieu rural. Province du Yatenga Burkina Faso. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur du développement rural, Université de Ouagadougou. 86 pages.
- Sédogo M.P., 1993, Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture: incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse d'Etat, FAST/ Université Nationale de Côte-d'Ivoire, 285 pages.
- Waneukem V., 1996, Appréciation de la fourniture d'azote par le sol. Cas des sols en maïs de la zone sud-soudanienne du Burkina Faso. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. ENSA de Montpellier (France). Pp. 45-46.

B. Bacyé, Burkinabè, PhD, Research Professor, Institute of Rural Development / Polytechnic University of Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

A. Boro, Burkinabè, Rural Development Engineer, Specialist field: Agronomy, Research Engineer, Institute of Rural Development / Polytechnic University Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

Conservation des pollens de deux plantes mellifères (*Vitellaria paradoxa* et *Steganotaenia araliacea*) de la région de l'Adamaoua (Cameroun)

E. Youmbi^{1*}, R. Tamnet¹ & G. Tsala Ndzomo²

Keywords: Male gametophyte- Germination- Dehydration- Storage, Melliferous species- Cameroon

Résumé

La Région de l'Adamaoua au Cameroun est une zone apicole importante. Les menaces qui affectent la biodiversité végétale de cette zone font de la conservation des pollens un pôle d'intérêt pour l'amélioration et la préservation des plantes mellifères. Afin d'optimiser les paramètres de conservation des pollens de deux plantes mellifères menacées: *Vitellaria paradoxa* et *Steganotaenia araliacea*, des tests de germination *in vitro* (milieu de base, concentration en saccharose, température, pH), de déshydratation, puis de stockage au réfrigérateur (+ 10 °C) et au congélateur (- 20 °C) de pollens ont été effectués. Les résultats montrent que les pollens de ces deux espèces présentent un pourcentage de germination élevé sur milieu Heslop-Harrison additionné de 10 et 15% de saccharose respectivement pour *V. paradoxa* et *S. araliacea*. Les taux optimaux de germination (39, 20%) ont été obtenus dans le même ordre aux pH 5,6 et 5,9 et à une température de 30 °C. Les pollens de *S. araliacea* ont été plus tolérants à la déshydratation après 8 semaines de dessiccation aux cristaux de silice. Les pollens de deux espèces germent encore à plus de 1% après 8 semaines de conservation au congélateur. La déshydratation d'une semaine au dessiccateur a permis de prolonger considérablement la durée (22 semaines) de stockage des pollens des deux espèces, comparée au témoin. Dans les conditions ainsi définies, les pollens de deux espèces peuvent être stockés et utilisés ultérieurement dans les programmes de création variétale.

Summary

Conservation of Pollens of Two Honey Species (*Vitellaria paradoxa* and *Steganotaenia araliacea*) in the Region of Adamawa (Cameroon)

The Adamaoua Region of Cameroon is a significant apiculture zone. The threats on the plant biodiversity of this zone calls for the conservation of pollens, which in turn is necessary for the improvement and conservation of melliferous plants. Permanent maintenance of the flora is essential in research where pollens serve as base of plant material. In order to optimize conservation parameters of pollens of the two melliferous plants threatened (*Vitellaria paradoxa* and *Steganotaenia araliacea*), *in vitro* tests (base medium, sucrose concentration, temperature, pH), dehydration time, and then storage of pollens in the fridge (+ 10 °C) as well as in the freezer (- 20 °C) were carried out. According to the results, pollen of the two plant species showed high germination rate in the Heslop-Harrison medium supplemented with 10 and 15% sucrose respectively for *V. paradoxa* and *S. araliacea*. The optimum germination rates (39% and 20%) were obtained respectively at pH 5.6 and 5.9 while optimum temperature was at 30 °C. Pollen of *S. araliacea* were more tolerant to dehydration 8 weeks after drying in a desiccator containing silice grains. Pollen of two species still germinated more than 1% after 8 weeks of storage in the freezer. One week dehydration considerably extended storage period of pollens of the two plant species compared to the control. In the defined conditions, pollen grains of the two species can be stored for future use in plant breeding programs.

Introduction

Les grains de pollen se présentent sous forme de grains microscopiques pulvérulents dont les dimensions varient de 2,5 à 300 µm. Ce sont les gamétophytes mâles dont le rôle est de transmettre à la descendance, l'information génétique des parents mâles lors de la fécondation (2, 6, 15).

La préservation des capacités germinatives du pollen et plus particulièrement de sa viabilité utilisant des moyens de conservation et de stockage

efficaces est d'une grande importance dans les programmes d'amélioration génétiques des plantes. Car le stockage facilite le transport et la diffusion du pollen, et permet d'effectuer des hybridations entre les espèces éloignées dans l'espace et à floraison décalée dans le temps (9, 10, 12). L'intégrité physiologique du pollen ainsi plus ou moins préservée est indispensable à la réalisation d'une culture *in vitro*, procédé biotechnologique aboutissant à l'obtention

¹Laboratoire des Biotechnologies Végétales et de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I - Cameroun.

²Laboratoire associé francophone (AUELF-UREF) des Biotechnologies Végétales, Ecole Normale Supérieure, Université de Yaoundé I- Cameroun.

*Auteur pour correspondance: youmbi_emmanuel@yahoo.fr

Reçu le 25.08.08 et accepté pour publication le 12.07.11.

de plantes diploïdes homozygotes (variétés pures) ou à la recherche de mutations intéressantes (3).

Le secteur apicole des états africains subsahariens en général et celui du Cameroun en particulier ne bénéficie pas toujours des moyens conséquents de recherche axée sur la protection et l'amélioration des plantes mellifères. Pourtant, diverses menaces (désertification galopante, abattage incontrôlé d'espèces, feux de brousse, etc...) affectent ces plantes utiles à l'activité des abeilles butineuses. La région soudano-guinéenne de l'Adamaoua, malgré sa végétation propice à l'apiculture, présente toutes les difficultés sus-évoquées. Or, il est reconnu que la productivité des colonies d'abeilles mellifères dans une zone déterminée est proportionnelle à l'abondance et à l'attractivité des plantes pollinifères présentes (22, 26). Ces difficultés entravent considérablement l'expansion de son secteur apicole et constitue un handicap à l'amélioration du pouvoir d'achat des populations impliquées dans cette activité.

Afin de contribuer à l'éradication de ces difficultés, la présente étude s'est fixée pour but de constituer une banque de pollens viables et durables des espèces *Vitellaria paradoxa* et *Steganotaenia araliacea*. Plus spécifiquement, il s'agit de déterminer d'une part les paramètres pouvant permettre une germination optimale *in vitro* des pollens, et d'autre part les conditions favorables à la conservation et au stockage des pollens.

Matériel et méthodes

1. Site de l'étude

L'Adamaoua est une région administrative de la partie septentrionale du Cameroun (LN6°02' - 7°38' et LE 11°36' - 14°57'). Elle s'étend sur une superficie de 63.691 km². C'est une zone importante pour la production du miel. En effet, la région de l'Adamaoua, seule, assurerait plus de 90% de cette production (23). Elle se compose de hauts plateaux situés entre 1000 et 2000 m d'altitude. Son climat est relativement frais et la température journalière moyenne se situe entre 22 et 25 °C. Cette région appartient à la zone soudano-guinéenne d'Afrique (26).

La végétation principale est la savane. Cette savane est boisée dans sa partie sud. Ce boisement diminue progressivement au fur et à mesure que l'on s'éloigne du sud, pour donner place à une savane herbacée dans sa partie Nord.

2. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué des pollens de *Vitellaria paradoxa* et *Steganotaenia araliacea*. Ce sont des espèces mellifères abondantes sur le site de l'étude. Elles fleurissent de novembre à mars. Le prélèvement sur le site se fait par les anthères (50 anthères par arbre sur 20 arbres) qui sont récoltées tôt le matin (7 heures) avant déhiscence de celles-ci (25). Elles sont conservées dans des sachets spéciaux

capables de préserver la viabilité des pollens, et une fois au laboratoire, les pollens sont extraits des anthères à l'aide de pinces et spatules.

3. Tests de germination *in vitro*

Deux milieux de base ont été utilisés pour les tests de germination *in vitro* des pollens. Il s'agit de ceux de Brewbaker et Kwack (BK) (7) et de Heslop-Harrison (HH) (16). Un volume de 12,5 ml de chaque solution stock est prélevé et porté à chaud auquel, de l'agar est ajouté à une concentration de 1% (0,125 g).

Après refroidissement, le saccharose (SOSUCAM) y est ajouté à des concentrations variables (0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%). En ce qui concerne la détermination du pH favorable à la germination des pollens, le milieu de base (HH) ayant montré le taux élevé de germination a été préparé comme indiqué ci-dessus et ajusté à différents pH à l'aide de la soude (NaOH 0,1 N) et d'acide chlorhydrique (HCl 0,1 N). La lecture des valeurs du pH de la solution est faite au moyen d'un pH mètre de marque HANNA. Diverses valeurs de températures d'incubation (20, 25, 30, 35, 40 °C) ont été testées en vue d'identifier celle qui permet une germination optimale de pollens. Les pollens contenus dans des piluliers de type VB T3 5 ml ouverts ont été introduits dans un dessiccateur contenant des cristaux bleus de silice pendant des durées variables pour déshydratation. La conservation ultérieure des pollens déshydratés et les témoins non déshydratés a été faite simultanément à - 20 °C (congélateur) et à + 10 °C (réfrigérateur). Les tests de germination *in vitro* ont été effectués chaque semaine. Les différents milieux ainsi préparés et réajustés sont coulés sur lames et laissés au refroidissement pendant quelques minutes avant d'êtreensemencés de pollens et mis en culture pour 24 heures. Au bout de 24 heures, les lames sont sorties de l'incubateur et colorées à l'Alexander (1), puis elles sont recouvertes de lamelles et sont ensuite observées au microscope photonique de marque Olympus CH-2 à l'objectif (4 x 100) pour déterminer le taux de germination des pollens.

Les pollens germés sont comptés au microscope photonique (grossissement 40) et le pourcentage est évalué par rapport à un nombre total de pollens (germés ou non) recensés sur chaque lame. Ce nombre est supérieur ou égal à 400. Un grain de pollen est considéré comme ayant germé lorsque la longueur du tube pollinique est supérieure à la moitié de son diamètre (5, 28).

4. Analyse des données

Le dispositif expérimental de type Split-plot a été utilisé. Les facteurs principaux étaient constitués de deux milieux de culture: HH et BK. Les facteurs secondaires étaient constitués de la concentration en saccharose, de la température de culture, du pH de culture et de la période de dessiccation. Le logiciel

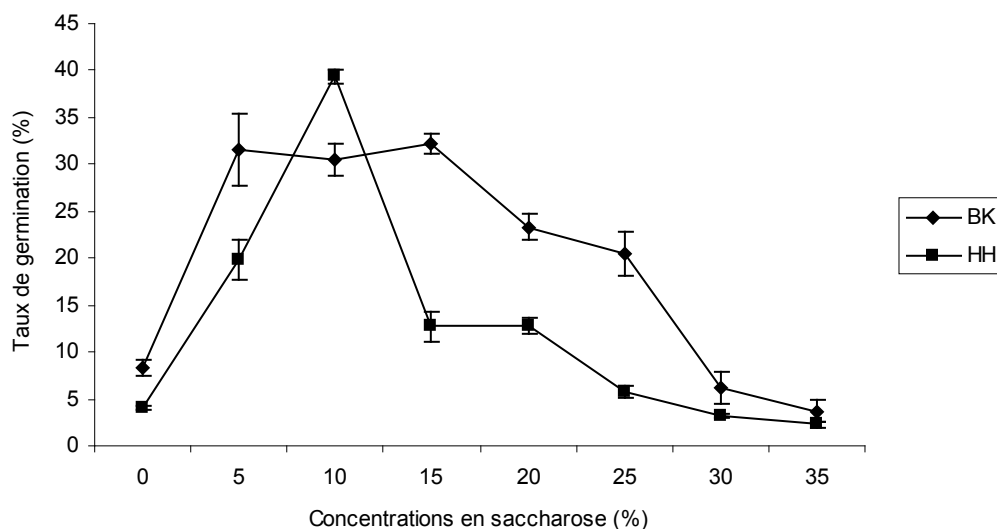


Figure 1: Influence du milieu de base (BK et HH) et des concentrations en saccharose sur la germination des pollens de *Vitellaria paradoxa*.

de statistique SPSS a permis d'effectuer les analyses des variances des données obtenues. Les tests de comparaison multiple ont été effectués en utilisant le test de Duncan.

Résultats

1. Influence des milieux de culture et des concentrations en saccharose sur la germination des pollens

Le taux de germination le plus élevé ($39,35 \pm 0,84\%$) chez *Vitellaria paradoxa* est obtenu sur milieu de culture d'Heslop-Harrison (HH) additionné de 10% de saccharose. A cette même concentration, le taux de germination est de $30 \pm 0,78\%$ sur milieu de culture de Brewbaker et Kwack (BK). Le taux de germination maximum sur ce milieu est de $32,17 \pm 1\%$, mais avec une concentration de 15% en saccharose. Au-delà de ces taux optimums, les pourcentages de germination diminuent progressivement avec l'accroissement de la concentration en saccharose. Sur les deux milieux de base additionnés de 35% en saccharose, leurs valeurs minimales sont de 3,69 et de 2,29%, obtenues

respectivement sur milieu BK et HH (Figure 1). La germination chez *Vitellaria* n'est pas nulle mais faible (4 % et 8%) sur les deux milieux (HH & BK) dépourvus de saccharose.

Chez *Steganotaenia araliacea* et sur milieu de base BK, le taux de germination est nul à 0% de saccharose. Le taux le plus élevé ($36,67 \pm 3,09\%$) est obtenu à la concentration de 10% en saccharose tandis que sur le milieu HH dépourvu de saccharose (0%), le taux de germination est faible ($2,89\%$). Le taux le plus élevé ($49,48 \pm 2,15\%$) est obtenu avec 15% en saccharose (Figure 2).

Chez *S. araliacea*, comme chez *V. paradoxa* les taux de germination diminuent progressivement avec l'accroissement de la concentration en saccharose pour devenir minimums (11,27 & 9,80%) à 35% en saccharose respectivement sur milieu BK et HH.

Ces résultats montrent que les deux espèces ont une germination optimale sur le milieu de base de Heslop-Harrison. Le taux de germination nul ou faible chez les deux espèces montre l'importance de ce composé pour optimiser la germination de leurs pollens, mais à une concentration bien donnée.

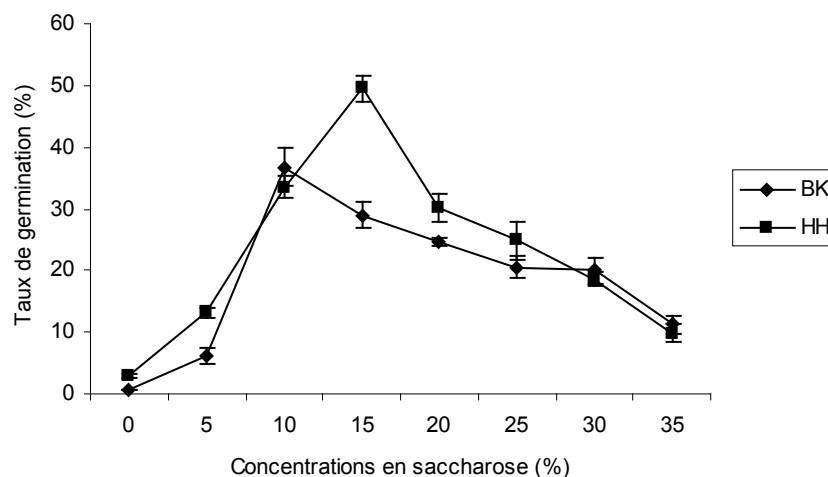


Figure 2: Influence du milieu de base (BK et HH) et des concentrations en saccharose sur la germination des pollens de *Steganotaenia araliacea*.

Tableau 1
Germination des pollens en fonction de la température de culture

Espèces	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C
<i>V. paradoxa</i>	15,27 ± 1,61 ^a	29,78 ± 2,01 ^b	39,35 ± 2,84 ^c	11,13 ± 0,64 ^d	6,42 ± 0,20 ^e
<i>S. araliacea</i>	10,43 ± 1,47 ^{td}	11,62 ± 1,40 ^d	49,48 ± 2,15 ^g	7,56 ± 0,53 ^{ef}	3,21 ± 0,012 ^h

**

2. Influence de la température de culture sur le taux de germination des pollens

Chez les deux espèces, les taux de germination sont faibles: 15,27 ± 1,61; 29,78 ± 2,01 pour *Vitellaria*; 10,43 ± 1,47; 11,62 ± 1,40 pour *Steganotaenia* aux faibles valeurs de température testées ici (20, 25 °C) respectivement. Ils sont maximums (39,35 ± 2,84 et 49,48 ± 2,15) à 30 °C respectivement pour *V. paradoxa* et *S. araliacea* (Tableau 1). Au-delà de 30 °C, les taux de germination diminuent et deviennent minimums (6,42 ± 0,20 et 3,21 ± 0,012) à 40 °C respectivement pour *V. paradoxa* et *S. araliacea*.

3. Effet du pH sur la germination du pollen

L'étude de l'influence du pH sur la germination des pollens des deux espèces montre (Figure 3) que les pollens des deux espèces présentent des optimums de germination (41,12 ± 12% et 49,60 ± 2,80%) aux

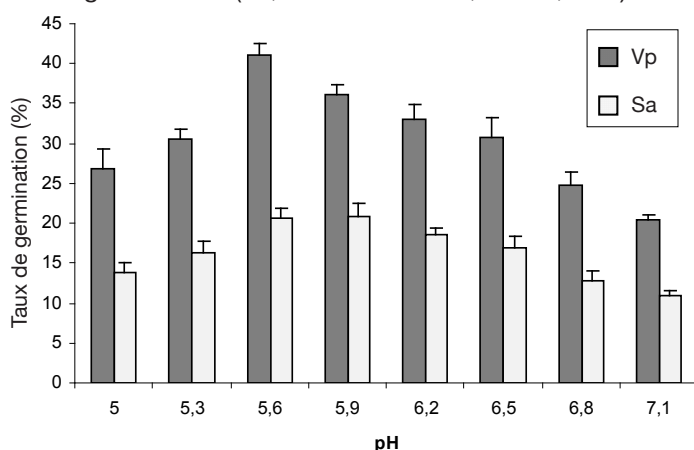


Figure 3: Germination des pollens de *Vitellaria paradoxa* et *Steganotaenia araliacea* en fonction du pH du milieu de culture HH.

pH 5,6 et 5,9 respectivement pour *Vitellaria paradoxa* et *Steganotaenia araliacea*. La germination des pollens chez les deux espèces diminue légèrement au-delà de ces valeurs de pH avec des taux inférieurs à 21% (20,51 ± 1,02% et 18,32 ± 1,12%) à la dernière valeur de pH testée (pH 7,1). Ces résultats montrent néanmoins que ces pollens peuvent germer encore au-delà de valeurs pH 7,1.

4. Influence de la durée de dessiccation sur le pouvoir germinatif

L'étude de l'effet de la dessiccation sur la conservation du pouvoir germinatif montre (Tableau 2) que ce traitement entraîne une baisse du pouvoir germinatif chez les deux espèces. L'ampleur de cette baisse diffère significativement au cours de la première semaine de dessiccation chez les deux espèces. Elle est faible chez *Vitellaria paradoxa* avec une valeur de 8% [39,35 ± 0,84% contre 36,09 ± 1,28% au temps témoin (0)], alors qu'elle est élevée chez *Steganotaenia araliacea* avec 80% [49,48 ± 2,15% contre 9,80 ± 1,25% au temps témoin (0)]. Après la première semaine de dessiccation, le pouvoir germinatif diminue faiblement chez *S. araliacea* où la germination persiste même chez quelques pollens après deux mois de déshydratation. Par contre chez *V. paradoxa*, si la baisse du pouvoir germinatif a été plus modérée chez les pollens dès la première semaine de dessiccation jusqu'à une durée de quatre semaines, on observe une baisse plus sensible à la cinquième semaine, de l'ordre de 67% (24,23 ± 1,04% contre 8,03 ± 0,48%) suivie d'une perte complète du pouvoir germinatif à la septième semaine de dessiccation (Tableau 2).

Tableau 3
Influence des durées de dessiccation sur le pouvoir germinatif des pollens réfrigérés (+ 10 °C) et congelés (- 20 °C) de *Vitellaria paradoxa*

Espèces	Stock.	Dessic.	2 s	4 s	6 s	8 s	10 s
V. p		Tém.	20,11±2,63 ^a	14,52±0,75 ^d	4,20±1,39 ^g	1,46±0,50 ^{ijklmno}	1,03±0,22 ^{lmno}
	+10 °C	1 sem.	23,75±2,51 ^b	16,39±1,68 ^c	9,90±1,48 ^e	4,13±0,79 ^{gh}	2,69±0,58 ^{ghijk}
		2 sem.	15,36±1,43 ^{cd}	13,89±1,22 ^d	5,21±0,48 ^f	3,66±0,26 ^{gh}	3,10±0,31 ^{ghi}
		3 sem.	11,20±1,46 ^e	9,70±1,18 ^e	3,88±0,32 ^{gh}	2,01±0,50 ^{ijklm}	1,90±0,16 ^{ijklmn}
		Tém.	18,56±2,23 ^a	10,14±1,27 ^d	3,91±0,77 ^g	1,87±0,25 ^{ijkl}	0,86±0,19 ^{klmn}
	-20 °C	1 sem.	20,72±2,28 ^b	14,19±1,39 ^c	8,26±1,15 ^e	3,89±0,67 ^g	3,03±0,78 ^{ghi}
		2 sem.	13,59±1,13 ^c	10,38±0,94 ^d	5,36±0,37 ^f	2,14±0,07 ^{ijk}	1,84±0,13 ^{ijkl}
		3 sem.	9,86±1,56 ^d	7,17±0,90 ^e	3,70±0,41 ^{gh}	1,51±0,26 ^{ijklmn}	1,36±0,33 ^{ijklmn}

*** Test de Duncan (0,05): les chiffres affectés de la même lettre dans chaque compartiment de température de stockage ne sont pas significativement différents dans la ligne et dans la colonne.

Tableau 2
Effet de la dessiccation sur la germination des pollens des deux espèces

Esp.	0 Sem.	1 Sem.	2 Sem.	3 Sem.	4 Sem.	5 Sem.	6 Sem.	7 Sem.	8 Sem.
V.p	39,35±0,84 ^a	36,09±1,28 ^c	35,83±1,52 ^c	32,28±1,71 ^d	24,34±1,00 ^e	8,03±0,48 ^{gh}	0,86±0,12 ⁱ	-	-
S.a	49,48±2,15 ^b	9,80±1,25 ^f	9,61±0,71 ^g	7,06±0,54 ^h	4,05±0,2 ⁱ	3,75±0,53 ⁱ	3,04±0,44 ⁱ	2,81±0,60 ⁱ	2,36±0,35 ⁱ

** Test de Duncan (0,05): Test de Duncan au seuil 0,05: les chiffres affectés de la même lettre ne sont pas significativement différents dans la ligne et dans la colonne.

5. Effet de la dessiccation initiale sur le stockage des pollens de *Vitellaria paradoxa*

Chez le karité, le stockage des pollens ayant subi les quatre traitements (Tableau 3) se caractérise par une diminution de leur pouvoir germinatif tant au réfrigérateur (+ 10 °C) qu'au congélateur (- 20 °C).

Au réfrigérateur, après deux semaines de stockage, les pollens témoins et ceux ayant subi une dessiccation d'une semaine présentent un taux de germination supérieur ou égal à 20%. Les pollens ayant subi trois à quatre semaines de dessiccation présentent des taux de germination faibles: 15,36% ± 1,43 et 11,20 ± 1,46 respectivement. Après six semaines de conservation, les taux de germination sont dans l'ensemble inférieurs à 10%. A douze semaines de stockage, les pollens témoins présentent un taux de germination inférieur à 1% alors que les pollens ayant subi une dessiccation ne germent plus qu'à 1% qu'après seize semaines de stockage.

Au congélateur (- 20 °C), (Tableau 3), après deux semaines de stockage, les taux de germination des pollens issus des quatre traitements sont tous inférieurs à ceux obtenus avec le stockage au réfrigérateur. A six semaines de stockage, les taux de germination sont inférieurs à 10%. Les pollens témoins présentent à dix semaines, un taux de germination inférieur à 1% (0,86 ± 0,19%). Ce même taux est plutôt obtenu après douze semaines de stockage au réfrigérateur (0,90 ± 0,14%). Ces pollens témoins persistent néanmoins et présentent de faibles taux: 0,51 ± 0,12% et 0,45 ± 0,07%; respectivement après 18 et 20 semaines de stockage, alors qu'au réfrigérateur ces pollens ne germent plus après quatorze semaines de stockage. Seuls les pollens déshydratés pendant

une et deux semaines présentent encore un taux de germination supérieur à 1% après 16 semaines de stockage. On note cependant de faibles taux de germination après vingt-deux semaines de stockage chez les pollens déshydratés pendant une semaine.

6. Effet de dessiccation initiale sur le stockage des pollens de *Steganotaenia araliacea*

Les taux de germination diminuent avec la durée de stockage (Tableau 4). Au réfrigérateur, le taux de germination des pollens témoins est faible (11,18 ± 1,70%) après deux semaines de stockage et ne dépasse pas 1% (1,00 ± 0,06%) après huit semaines de stockage. Les pollens ayant subi une dessiccation présentent après huit semaines des taux de germination supérieurs ou égaux à 1%. Ces taux sont inférieurs à 1% après 14 semaines de stockage et deviennent très faibles ou nuls à seize semaines de conservation.

Au congélateur, après deux semaines de stockage, les taux de germination ne sont pas différents de ceux obtenus avec le réfrigérateur. A huit semaines de stockage, les pollens de tous les traitements ont encore un taux de germination supérieur à 1%. Les pollens des témoins et ceux ayant subi une dessiccation pendant une ou deux semaines présentent un taux de germination (1,37 ± 0,08; 3,80 ± 0,79; 1,09 ± 0,18%) supérieur à 1% après 16 semaines de stockage (Tableau 4). Ces pourcentages de germination varient très peu après vingt semaines de stockage.

Les pollens frais de *S. araliacea* tolèrent mieux la congélation que le stockage au réfrigérateur. De même, les pollens déshydratés se conservent mieux au congélateur qu'au réfrigérateur.

12 s	14 s	16 s	18 s	20 s	22 s
0,90±0,14 ^{lmno}	0,64±0,36 ^{lmno}	-	-	-	-
2,67±0,48 ^{hijk}	1,73±0,64 ^{ijklmno}	1,14±0,55 ^{lmno}	0,69±0,16 ^{lmno}	0,43±0,07 ^{no}	-
3,03±0,34 ^{ghi}	2,12±0,14 ^{ijkl}	1,07±0,06 ^{lmno}	0,51±0,11 ^{mno}	-	-
1,86±0,17 ^{ijklmn}	1,26±0,40 ^{ijklmno}	1,16±0,19 ^{klmno}	0,71±0,31 ^{lmno}	0,23±0,02 ^o	-
0,74±0,07 ^{mn}	0,77±0,05 ^{mn}	0,75±0,12 ^{lmn}	0,51±0,12 ^{mn}	0,45±0,07 ^{mn}	-
2,55±0,63 ^{hij}	1,71±0,43 ^{klmn}	1,29±0,64 ^{ijklmn}	0,97±0,14 ^{klmn}	0,61±0,08 ^{lmn}	0,39±0,08 ⁿ
1,68±0,37 ^{ijklmn}	1,27±0,08 ^{ijklmn}	1,03±0,05 ^{klmn}	0,73±0,05 ^{lmn}	-	-
1,01±0,06 ^{klmn}	0,81±0,18 ^{mn}	0,51±0,11 ^{mn}	-	-	-

Tableau 4
Influence des durées de dessiccation sur le pouvoir germinatif des pollens réfrigérés (+ 10 °C) et congelés (- 20 °C) de
Steganotaenia araliacea

Espèces	Stock.	Dessic.	2 s	4 s	6 s	8 s	10 s
S. a	+10 °C	Tém.	11,18±1,70 ^a	6,34±1,01 ^d	2,08±0,18 ^{gh}	1±0,06 ^{ghij}	-
		1 sem.	14,09±3,09 ^b	8,46±1,36 ^c	5,11±0,92 ^{de}	2,48±0,98 ^f	2,08±0,78 ^{gh}
		2 sem.	8,10±1,51 ^c	4,14±0,25 ^e	2,19±0,20 ^{fg}	1,37±0,15 ^{ghij}	0,92±0,18 ^{ghij}
		3 sem.	4,57±0,75 ^e	2,29±0,59 ^g	1,72±0,45 ^{ghi}	0,91±0,46 ^{ghij}	0,69±0,17 ^{hij}
	-20 °C	Tém.	15,27±1,12 ^a	7,80±0,92 ^{de}	7,44±0,56 ^{ef}	6,03±0,71 ^{gh}	3,80±0,56 ⁱ
		1 sem.	13,78±1,62 ^b	6,47±0,73 ^{fg}	8,72±1,60 ^{cd}	9,30±1,60 ^c	6,19±0,97 ^{gh}
2 sem.		9,81±1,20 ^c	7,71±0,71 ^{de}	5,46±0,50 ^{gh}	3,41±0,45 ^{ij}	2,68±0,54 ^{ijk}	
	3 sem.	5,68±0,79 ^{gh}	3,46±0,50 ⁱ	2,81±0,2 ^{6ijk}	1,13±0,09 ^{mnoqr}	0,93±0,22 ^{opqrs}	

*** Test de Duncan (0,05): les chiffres affectés de la même lettre dans chaque compartiment de température de stockage ne sont pas significativement différents dans la ligne et dans la colonne.

Discussion

Des investigations de l'effet du saccharose sur la germination des pollens des deux espèces étudiées, il ressort que l'apport en saccharose est nécessaire pour stimuler la germination de ces pollens. En effet, en milieu témoin, si les pollens de *V. paradoxa* présentent un faible taux de germination, ceux de *S. araliacea* ne germent même pas. Cette observation a aussi été faite sur d'autres espèces tropicales telles que *P. lameiri*, *C. roseus* et *A. obesum* (29). Si le sucre est nécessaire pour la germination des pollens, sa concentration varie largement entre espèces d'une même famille et entre les taxons appartenant à des familles différentes. Il a été montré qu'il joue non seulement un rôle osmotique dans le milieu de culture, mais sert aussi d'élément nutritif pour la croissance du tube pollinique (28).

Par ailleurs, il a été démontré que le pourcentage et la vitesse de germination, de même que celle du développement du tube pollinique, sont maximaux lorsque la concentration maximale et spécifique en saccharose est atteinte (4, 14, 19, 28). Les éléments minéraux du milieu de culture constituent un facteur pouvant influencer de manière significative la germination des pollens.

Les taux de germination ont été plus élevés dans le milieu HH que dans celui de BK. Ceci pourrait s'expliquer par la forte concentration en sulfate de calcium dans le milieu HH. De plus, le milieu BK contient K^{2+} qui est absent dans le milieu HH. Il a été reporté que les ions K^{2+} et Ca^{2+} sont antagonistes (21) et la présence des deux ions dans le milieu BK semble ralentir la germination des pollens. Des résultats similaires ont été observés lors de la germination des pollens de *Dactylis glomerata* (Poaceae) (11). Ce milieu a été développé pendant l'étude de la germination *in vitro* des pollens de *Secale cereale* (16).

La germination des pollens est sous le contrôle du facteur température. Chez les deux espèces étudiées, la germination est optimale à 30 °C. Cette température est identique à celle obtenue par

Dabandata (13) sur les espèces oléagineuses *Moringa oleifera* et *Balamites aegyptiaca*, à celle observée lors de la germination des pollens des genres *Adenium*, *Eucharis* et *Euphorbia* (28), mais elle diffère (25 °C) de celle observée par Tamnet (24) chez la variété troncata de *Musa acuminata*.

La germination des pollens est aussi sous l'influence du pH du milieu de culture. Chez les deux espèces (*V. paradoxa* et *S. araliacea*), l'optimum de germination est atteint aux pH 5,6 et 5,9, respectivement. Ces valeurs sont différentes de celles observées lors de la germination des pollens de certaines espèces tropicales (*Dacryodes edulis*, *Pachypodium lamerei*, *Euphorbia millii* et *Streptocarpus* sp., présentant des optimums de germination respectivement au pH 5,3; 6,0; 5,8 et 6,2 (29, 30). De même, ces résultats sont différents de ceux obtenus chez *Arapidopsis* (5,8) (18). Ces résultats confirment les observations selon lesquelles le pH est un facteur stimulant la germination des pollens dont la valeur est fonction de l'espèce (15).

Chez les deux espèces, les pollens non-déshydratés se conservent peu au réfrigérateur et la durée de stockage ne dépasse pas dix et huit semaines, respectivement pour *V. paradoxa* et *S. araliacea*. Si les pollens déshydratés de *V. paradoxa* supportent mieux le stockage au réfrigérateur, ceux de *S. araliacea* y perdent rapidement leur pouvoir germinatif.

En ce qui concerne la durée de dessiccation, il est à remarquer que les pollens des deux espèces supportent mieux la déshydratation comparativement aux pollens de *Musa acuminata* var. parayong et var. troncata qui ne germent plus après une semaine de dessiccation (24) et aux pollens de *Zea mays* où cette durée n'excède pas un jour (31).

D'après la classification de Brewbaker (8), les pollens de *V. paradoxa* (Sapotaceae) et de *Steganotaenia araliacea* (Apiaceae) appartiennent à ce genre d'espèces qui possèdent un pollen trinué et supportant peu la dessiccation. Contrairement aux observations de cet auteur, les

12 s	14 s	16 s	18 s	20 s	22 s
-	-	-	-	-	-
1,09±0,29 ^{ghij}	0,71±0,11 ^{hij}	0,36±0,15 ^{ij}	-	-	-
0,70±0,07 ^{hij}	0,19±0,08 ^j	-	-	-	-
0,41±0,16 ^{ij}	0,33±0,14 ^{ij}	0,20±0,03 ^j	-	-	-
2,33±0,56 ^{klj}	1,86±0,18 ^{klmnopq}	1,37±0,08 ^{lmnopq}	1,32±0,08 ^{lmnopqr}	1,28±0,2 ^{lmnopqr}	-
5,12±0,93 ^h	2,79±0,72 ^{ijk}	3,80±0,79 ^j	2,75±0,49 ^{ijk}	2,22±0,39 ^{klm}	1,9±0,14 ^{klmno}
2,13±0,49 ^{klmn}	1,97±0,94 ^{klmno}	1,09±0,18 ^{nopqrs}	0,59±0,32 ^{qrs}	0,23±0,11 ^{rs}	0,14±0,03 ^s
0,77±0,12 ^{pqrs}	0,61±0,22 ^{qrs}	0,59±0,07 ^{qrs}	0,21±0,15 ^{rs}	-	-

pollens de ces deux espèces supportent bien deux semaines de déshydratation et germent bien à plus de 1% après 16 semaines de stockage au congélateur. Ces résultats sont aux contraires ceux obtenus par Cerceau-Larrival (9, 10) et Cerceau-Larrival et Challe (11) qui ont montré que la germination était élevée après trois heures de déshydratation et qu'elle n'était plus que de 10% après 24 heures de déshydratation chez *Impatiens balfourii*. Cependant, leur optimum de germination obtenu sur milieu Heslop-Harrison corrobore ceux de Cerceau-Larrival et Challe (11). En effet, les pollens binucléés germent mieux sur milieu Brewbaker et Kwack alors que les pollens trinucleés germent mieux sur milieu Heslop-Harrison (16). La chute rapide du pouvoir germinatif des pollens non déshydratés de *V. paradoxa* serait due suite à la formation de cristaux de glace intracellulaires, endommageant ainsi le contenu cytoplasmique des pollens (20).

Conclusion

La présente étude avait pour objectif principal de mettre en évidence à travers divers tests, les conditions de germination *in vitro* d'une part, et celles de conservation et de stockage des pollens de deux espèces mellifères menacées de la région de

l'Adamaoua (Cameroun), d'autre part. Les résultats obtenus ont permis de relever que les pollens des deux espèces germent mieux sur le milieu de base d'Heslop-Harrison additionné de 10 et de 15% de saccharose, respectivement pour *Vitellaria paradoxa* et *Steganotaenia araliaceae*. Cette germination est optimale à 30 °C et aux pH 5,6 et 5,9 respectivement pour *V. paradoxa* et *S. araliaceae*. La déshydratation permet de prolonger le pouvoir germinatif des pollens, car les pollens déshydratés germent mieux que les pollens non-déshydratés. Les pollens déshydratés de *V. paradoxa* se conservent aussi bien au réfrigérateur (+ 10 °C) qu'au congélateur (-20 °C), et dans les deux cas des taux de germination supérieurs à 1% sont observés après 16 semaines de stockage. En ce qui concerne les pollens de *S. araliaceae*, une déshydratation d'une semaine permet d'obtenir un taux de germination supérieur à 1% après 22 semaines de stockage. Ceci montre que les pollens des deux espèces peuvent se conserver au-delà de 4 mois, présentant encore des taux de germination acceptables dans les programmes d'amélioration génétique. Ce travail mérite d'être étendu à d'autres espèces d'utilité publique menacées de l'Adamaoua ou d'ailleurs.

Références bibliographiques

- Alexander M.P., 1969, Differential staining of aborted and non aborted pollen. *Stain Technology*, **44**, 3, 117-122.
- Ambougou-Atisso V., 1991, *Apis mellifica adansonii* Lat. et les plantes mellifères gabonaises (Département de l'lvindo). Recherches palynologiques. Thèse de Doctorat. Université Paris 6°.
- Augé R., Bauchesne G., Boccon-Gibod J., Decourtye L., Digat B., Jalouzot R., Minier R., Morand J.-Cl., Reynoard J.P., Strullu D.G. & Vidalie H., 1989, La culture *in vitro* et ses applications horticoles. 3^e édition. Lavoisier 225 p.
- Baloch M.J., Lakho A.R., Bhutto H.U. & Solangi M.Y., 2001, Impact of sucrose concentrations on *in vitro* pollen germination of *Okra, Hibiscus esculentus* Pakistan *Journal of Biological Sciences*, **4**, 4, 402-403.
- Bocquel C., 1995, Technologie de conservation et de stockage du pollen de bouleau (*Betula verrucosa*). Germination *in vitro* de pollen frais et pollué: action des facteurs environnementaux. *Grana*, **34**, 413-420.
- Bonnemain J.L. & Dumas C., 1998, La biologie végétale. Que sais-je ? PUF. 93-104.
- Brewbaker J.L. & Kwack B.H., 1963, The essential role of calcium ion in pollen germination and pollen tube growth. *American Journal of Botany*, **50**, 859-865.
- Brewbaker J.L., 1967, The distribution and phylogenetic significance of binucleated and trinucleated pollen grain in angiosperms. *American Journal of Botany*, **54**, 1069-1083.
- Cerceau-Larrival M.T., 1989, La conservation à long terme du pollen par lyophilisation au service des plantes menacées. *In: Plantes sauvages menacées. Bilan et protection. Actes du colloque, Brest, 1987* (ed. M. Chaudet), Bureau des ressources génétiques, Paris. 355-373.
- Cerceau-Larrival M.T., 1990, Le pollen: gamétophyte mâle, *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **137** Actual. Bot. 2, 7-20.
- Cerceau-Larrival M.T. & Challe J., 1986, Biopalynology and maintenance of germination capacity of stored pollen in some angiosperm families. *In: Pollen and spores. Form and function.* (Ed. S. Blackmore & I.K. Ferguson), pp. 151-164. *Linn. Soc. Sym. Ser. V. 12.* Academic Press, London.
- Charrier A., 1990, Pollen et ressources génétiques. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **137**, Actual Bot. 2, 101-104.
- Dabandata C., 2000, Effet des conditions de conservation sur la viabilité du pollen de trois oléagineux du Grand Nord-Cameroun: *Balanites*

- aegyptiaca*, *Moringa oleifera*, *Vitellaria paradoxa*. Mémoire de Maîtrise. Université de Ngaoundéré, 33 p.
14. Dumas C., 1984, Ecologie florale et pollinisation. *In*: pollinisation et productions végétales. INRA p. 31-46.
 15. Goddard R.E. & Mathews F.R., 1981, Pollen testing. *In*: Pollen Management Handbook (ed. E.C. Franklin) pp. Agriculture Handbook V. 587.
 16. Heslop-Harrison J., 1979, Aspect of the structure, cytochemistry and germination of the pollen of Rye (*Secale cereale* L.). *Ann. Bot.* 44, 2-65.
 17. Iwanami Y., Sasakuma T. & Yamada Y., 1988, Pollen: illustrations and scanning electronmicrographs. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New-York, London, Paris, Tokyo, Kodansha Tokyo, 198 p.
 18. Liu-Min F., Yong-Fei W., Hong Wang & Wei-Hua W., 2001, *In vitro Arabidopsis* pollen germination and characterization of the inward potassium currents in *Arabidopsis* pollen grain protoplasts. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 52, 361, 1603-1614.
 19. Malik C.P., Chawla J. & Gill P.K., 1982, *Journal of Botany*, Italy, 116, 211-215.
 20. Mazur P., 1984, Freezing of living cells: mechanisms and applications. *Am. J. Physiol.* 247.
 21. Richard M., Stephan M., Loubet E. & Bobiloit J.T., 1970, Atlas de biologie. N° Edit. 3354 Italie. P. 565
 22. Sabot J., 1980, 150 plantes mellifères. Paris: La Maison Rustique.
 23. SNV (Schweizerische-Normen-Vereinigung), 2006, Honey and bee product market study. Commission Report's. 61 p.
 24. Tamnet R., 2002, Etude de quelques conditions de conservation des pollens de deux variétés diploïdes de bananier (*Musa acuminata*). Mémoire de DEA. Université de Yaoundé I, 42 p.
 25. Tchuenguem F.F.N., Mapongmetsem P.M., Hentchoya H.J., 1997, Activités d'*Apis mellifica* L. (Hymenoptera, Apidae) sur les fleurs de quelques plantes ligneuses à Dang (Adamaoua, Cameroun). *Cam. J. Bioch. Sc.* 7, 1, 86-91.
 26. Tchotsoua M., 2005, Evolution récente des territoires de l'Adamaoua central, de la spatialisation à l'aide pour un développement maîtrisé. HDR. Université d'Orléans, V. 3. Mémoire original et projet de recherche, 131 p.
 27. Villiers B., 1987, Le point sur l'apiculture en Afrique tropicale. 220 p.
 28. Visser T., 1955, Germination and storage of pollen. *Meded. Landbouwhog. Wageningen*, 55, 1-68.
 29. Youmbi E., 1993, Recherche sur la germination *in vitro* des pollens de quelques espèces tropicales vivantes du Muséum, contrôle de la viabilité de certains pollens conservés et stockés dans la banque de pollens du laboratoire de palynologie. Mémoire de Recherche Post-Doctorale. Palynologie. Muséum National d'Histoire Naturelle. Paris.
 30. Youmbi E., Cerceau-Larrival M.T., Verhille A.M. & Carbonnier-Jarreau M.C., 1998, Morphologie et germination *in vitro* du pollen de *Dacryodes edulis* (Burseraceae). *Grana*, 37, 87-92.
 31. Youmbi E., Thé C. & Tedjacno A., 2005, Conservation of germination capacity of pollen grains in three varieties of maize (*Zea mays* L.). *Grana*, 44, 159.

E. Youmbi, Camerounais, Docteur ès Sciences (Biologie Végétale), Maître des Conférences à la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I, BP. 812, Yaoundé, Cameroun.

R. Tamnet, Camerounais, Doctorant en Biotechnologies Végétales, au Département de Biologie et Physiologie Végétales de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I, BP. 812, Yaoundé, Cameroun.

G. Tsala Ndzomo, Camerounais, Docteur ès Sciences (Biologie Végétale), Maître des Conférences à l'Ecole Normale Supérieure de l'Université de Yaoundé I, Vice-Recteur chargé de la Recherche, de la Coopération et de l'Innovation à l'Université de Yaoundé I, BP. 332 Yaoundé, Cameroun.

Impact des opérations d'abattage dans les tueries traditionnelles sur la qualité bactériologique de la viande de volaille à Meknès (Maroc)

A. Chaiba ^{1*} & F. Rhazi Filali ²

Keywords: Traditional slaughterhouses- Poultry- Contamination- Bacteria- Critical points- Morocco

Résumé

L'objectif de cette étude est la détermination des points majeurs à l'origine des contaminations bactériennes au cours des opérations d'abattage dans les tueries traditionnelles de volailles à Meknès (Maroc). Pour cette raison, quinze visites ont été effectuées dans trois sites d'abattage. Dans chaque visite, onze échantillons de dix grammes de peau du cou ont été prélevés par tuerie après chaque opération. Les échantillons ont été soumis au dénombrement de la flore mésophile aérobique totale (FMAT), des coliformes totaux (CT), des entérobactéries et des staphylocoques. Les résultats de ce travail montrent que les conditions d'hygiène à l'abattoir conditionnent fortement la qualité du produit fini. Ainsi, l'échaudage, la plumaison et l'éviscération constituent des points critiques de contaminations croisées des carcasses.

Summary

Impact of Slaughtering Operations in Traditional Slaughterhouses on the Bacteriological Quality of Poultry Meat in Meknès (Morocco)

The aim of the present study was to determine the critical control points during operations of slaughtering in the traditional slaughterhouses in Meknès (Morocco). For this reason, fifteen visits have been done in three sites of poultry slaughtering. In all visit, eleven samples (ten grams of neck skin) were collected from poultry carcass after every operation. Aerobic total, total coliform, enterobacteria and staphylococcus were counted by the spread-plate method. Results indicated that the microbiological quality of poultry meat is associated to hygiene level in slaughterhouses. Therefore, scalding, plucking and eviscerating were noted as critical operations.

Introduction

Au long de la chaîne de production avicole, les modes de contamination et de dissémination des germes pathogènes sont très variés, et tous les maillons de la filière peuvent être incriminés (20, 21, 22). Cependant, les ateliers d'abattage sont des sites privilégiés d'inter-contamination lorsque plusieurs paramètres peuvent apparaître potentiellement favorables (10, 16).

Pendant l'échaudage, la contamination peut être due au nettoyage ou à la désinfection mal effectués des bacs, la contamination par les fientes libérées lors du relâchement sphinctérien consécutif à la mort et à la contamination des pattes des oiseaux (6). Cette étape est le siège d'importantes contaminations croisées, d'autant plus lorsque la température est basse. Cependant, une température trop élevée est aussi déconseillée en raison de l'abrasion cutanée qu'elle provoque et qui facilite ensuite la pénétration des bactéries (6).

Lors de la plumaison mécanique, la pression exercée par les doigts plumeurs entraîne un transfert de la contamination des plumes gorgées d'eau d'échaudage vers les follicules plumeux et la surface de la peau. Les doigts plumeurs lorsqu'ils sont sales peuvent constituer une source de contamination

supplémentaire de micro-organismes (3).

Une mauvaise manipulation au cours de l'éviscération, provoque la contamination fécale des carcasses à cause de la perforation de l'intestin (19). En plus, le manipulateur dont les mains sont souillées intervient dans cette contamination (11).

L'amélioration de la productivité avicole au Maroc a permis de réduire les coûts de production. Aujourd'hui, le poulet produit par les élevages modernes fournit la viande la moins chère aux consommateurs marocains. Cependant, dix pourcents de la production nationale annuelle de volaille sont fournis par des abattoirs avicoles qui sont soumis aux contrôles sanitaires (17). Quatre-vingt-dix pourcents qui restent sont fournis par des locaux aménagés de façon très rudimentaire dans des conditions d'hygiène très précaires. Pour assurer la résistance de ce produit à la concurrence des morceaux de découpe congelés (cuisses, ailes), il est essentiel de contrôler sa qualité, notamment du point de vue sanitaire. En effet, le consommateur marocain, très sensibilisé aux crises de la grippe aviaire et de la dioxine, devient exigeant et souhaite avoir accès à des aliments dont l'innocuité est vérifiée.

L'objectif de cette étude est la détermination des

^{1,2}Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc.

*Corresponding author: A. Chaiba Email: abchaiba@yahoo.fr

Reçu le 28.04.11 et accepté pour publication le 31.08.11.

Tableau 1
Caractérisation des trois tueries étudiées

	Tuerie A	Tuerie B	Tuerie C
Niveau socioéconomique	Elevé	Moyen	Bas
Production journalière	Importante	Importante	Importante
Volailles vivantes dans un locale séparé	Oui	Non	Non
Abattage et vente dans un même locale	Oui	Oui	Oui
Approvisionné en eau potable	Oui	Oui	Oui
Renouvellement de l'eau d'échaudage	Fréquemment	2 fois par jour	2 fois par jour
Ventilation suffisante	Oui	Oui	Oui
Eclairage suffisant	Oui	Oui	Oui
Comptoir imperméable et lavable	Oui	Oui	Oui
Murs lisses, imperméables, enduits d'un revêtement lavable et clair	Oui	Non	Non
Plafond propre et facile à maintenir propre	Non	Non	Non
Sol en matériaux imperméables, faciles à nettoyer et à désinfecter, et disposés de façon à permettre un écoulement facile de l'eau	Oui	Non	Non
Dispositifs pour l'évacuation des eaux usées	Oui	Oui	Oui
Dispositifs pour le nettoyage et la désinfection des mains	Oui	Oui	Non
Hygiène du personnel (vêtements de travail propres)	Bonne	Moyenne	Faible
Equipements et outils de travail faciles à nettoyer et à désinfecter	Oui	Oui	Oui

points majeurs à l'origine des contaminations au cours des opérations d'abattage dans les tueries traditionnelles de volailles, ce qui permettra en conséquence la maîtrise de la qualité du produit fini.

Matériel et méthodes

1. Justification du choix des tueries traditionnelles

Quatre-vingt-dix pourcents de la production avicole au Maroc sont fournis par des tueries traditionnelles de volaille. Dans ces locaux, l'on procède, dans des conditions d'hygiène défectueux, à la fois à l'abattage et à la vente de la viande. Cette situation nous a incités à choisir ces tueries, au lieu des abattoirs avicoles modernes, pour étudier l'influence des procédés d'abattage sur la contamination bactérienne des carcasses.

2. Caractéristiques des tueries traditionnelles

Notre étude a porté sur 3 tueries traditionnelles de volaille, ayant bien voulu participer au travail, où nous avons essayé de couvrir les principaux points de vente

de la ville de Meknès. Le choix de ces trois sites a été basé sur leur emplacement géographique et socio-économique. Le tableau 1 résume les caractéristiques des trois sites étudiés dans ce travail.

Toutes les tueries traditionnelles opèrent de la même manière. Après la saignée, les oiseaux sont abandonnés dans des containers afin d'évacuer leur sang. Pour faciliter la plumaison, le cadavre est ensuite trempé dans une cuve à échauder contenant de l'eau chaude (50 °C à 55 °C). Dans la majorité des tueries, cette eau est réutilisée pendant toute la journée. L'oiseau est ensuite plumé mécaniquement par une plumeuse à doigts de caoutchouc. Une fois plumée, la carcasse est placée sur une pailleuse, la tête et les pattes sont coupées et les viscères sont enlevés. Après éviscération, la carcasse et les abats sont enfin lavés et fournis au client dans un sac en plastique.

3. Sites et nombre de prélèvements effectués

L'objectif de notre étude est d'étudier l'impact des

procédures d'abattage dans les tueries traditionnelles de la volaille sur la contamination de la viande. Pour cette raison, quinze visites ont été effectuées dans chaque site d'abattage. Dans chaque visite, six échantillons ont été prélevés par tuerie: après saignée, après échaudage, après plumaison, après premier lavage, après éviscération et après lavage final sous le robinet.

Pour étudier l'effet de l'abattage sur le niveau de contamination des carcasses, dix grammes de la peau du cou ont été prélevés aléatoirement après chaque opération. Les prélèvements sont effectués dans des flacons stérilisés au préalable, puis transportés rapidement au laboratoire dans des glacières.

4. Analyses microbiologiques

A partir de la solution mère, des séries de dilutions décimales sont réalisées. Ainsi, un millimètre de cette suspension est transféré aseptiquement dans un tube à essai contenant 9 ml d'eau peptonée stérile à 0,1%. On procède de la même manière jusqu'à la dilution 10^{-6} (Figure 1).

Les échantillons ont été soumis au dénombrement de la flore mésophile aérobie totale (FMAT), des coliformes totaux (CT), des entérobactéries, des staphylocoques, et à la recherche des salmonelles. Ces analyses ont été faites conformément aux normes AFNOR (Tableau 2).

5. Analyse statistique

L'analyse statistique des résultats est réalisée après transformation logarithmique décimale des résultats issus de l'analyse microbiologique. Cette transformation est destinée à normaliser la distribution. Le test de *Tukey* à 5% est utilisé pour la détermination de l'effet de chacun des deux facteurs suivant: origine du prélèvement et stade de l'abattage. Le traitement statistique des données a été réalisé sous le logiciel *Statistica 6.0* (Statsoft Ltd., Chicago, Ill.).

Résultats

1. Effet de l'abattage sur le niveau de contamination des carcasses par la FMAT

Les résultats relatifs à l'effet des opérations de

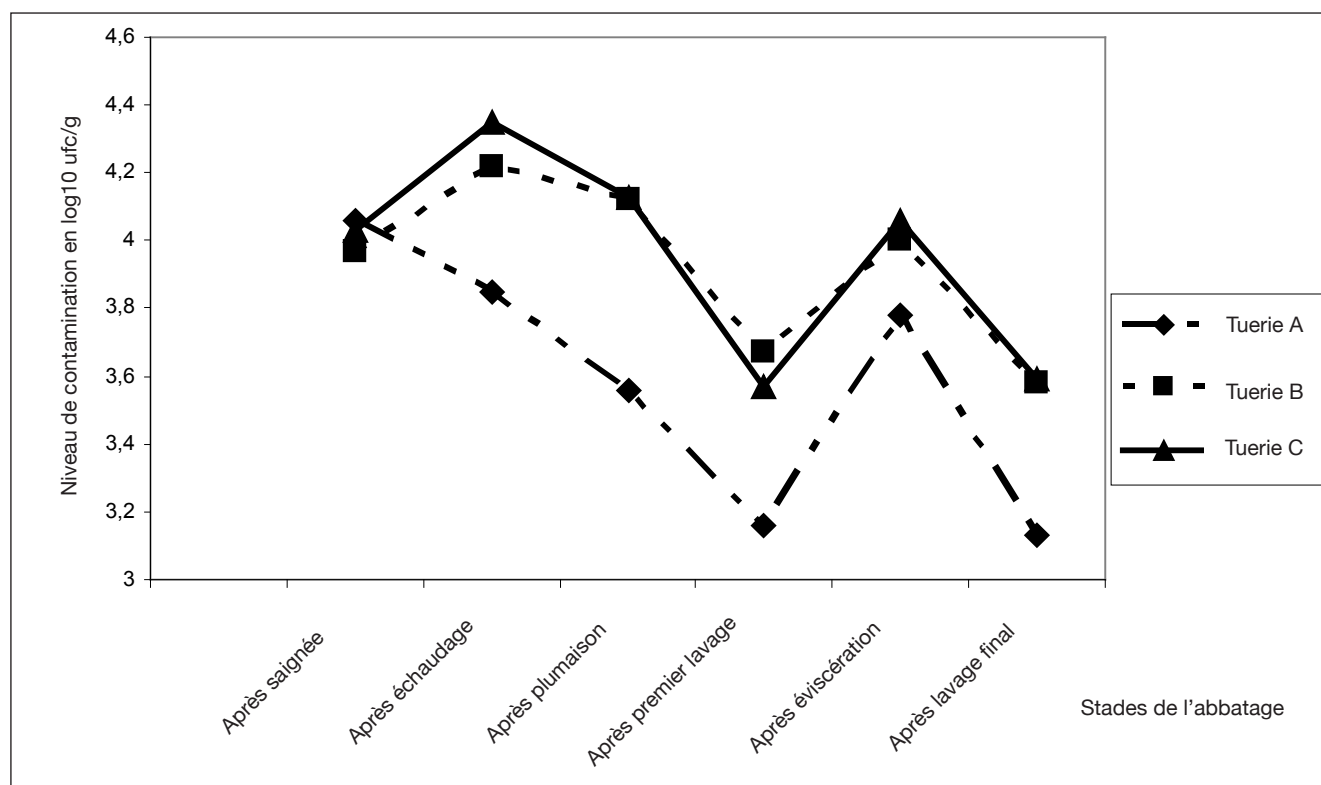


Figure 1: Evolution de la contamination des carcasses par les Coliformes Totaux aux différents stades de l'abattage.

Tableau 2
Milieux et conditions de culture des différentes microflores dénombrées

Microflore	Milieu de culture	Conditions d'incubation
Flore Mésophile Aérobie Totale (FMAT)	Plat Count Agar (PCA)	30 °C pendant 72 heures
Entérobactéries	Gélose glucosée au VRBG	37 °C pendant 24 heures
Coliformes Totaux (CT)	Gélose au Désoxycholate Lactosé (DCL)	37 °C pendant 24 heures
Staphylocoques	Gélose Chapman au mannitol	37 °C pendant 48 heures

Tableau 3
Effet des opérations d'abattage sur le niveau de contamination des carcasses par la FMAT

Stades de l'abattage	Tuerie A	Tuerie B	Tuerie C	Signification statistique de la différence entre les moyennes		
				A et B	B et C	A et C
Après saignée	7,45 ± 0,18 ^a	7,48 ± 0,22 ^a	7,50 ± 0,22 ^a	NS	NS	NS
Après échaudage	7,06 ± 0,22 ^b	7,43 ± 0,12 ^a	7,53 ± 0,18 ^a	*	NS	*
Après plumaison	6,95 ± 0,17 ^b	7,52 ± 0,15 ^a	7,85 ± 0,09 ^b	*	*	**
Après premier lavage	6,5 ± 0,23 ^c	6,76 ± 0,32 ^b	6,85 ± 0,24 ^c	**	NS	**
Après éviscération	6,77 ± 0,3 ^d	7,18 ± 0,35 ^c	7,53 ± 0,18 ^a	*	*	**
Après lavage finale	6,18 ± 0,26 ^e	6,60 ± 0,24 ^d	6,79 ± 0,33 ^c	*	NS	*

Une même lettre est affectée aux valeurs de la même colonne qui ne présentent pas de différences significatives ($P < 0,05$).

*: différence significative ($P < 0,05$).

** : différence hautement significative ($P < 0,01$).

l'abattage sur le niveau de contamination des carcasses par la FMAT, sont rapportés dans le tableau 3. La comparaison des moyennes aux différents stades d'abattage, réalisée par le test *t* de Student, nous a permis de grouper celles qui ne présentent pas de différences significatives en leurs affectant une même lettre (Tableau 3). Ces résultats montrent, à première vue, une variabilité en fonction de l'origine du prélèvement, et en fonction du stade de l'abattage concerné pour un même site.

Avant l'abattage, des valeurs de contamination plus élevées sont enregistrées dans les trois sites étudiés, le processus de l'abattage réduit cette contamination. Dans la tuerie A, l'échaudage réduit significativement le nombre de bactéries mésophiles, tandis qu'il n'a pas d'effet sur ce paramètre dans les tueries B et C. Quant à la plumaison, elle augmente le degré de contamination des carcasses au niveau de la tuerie C.

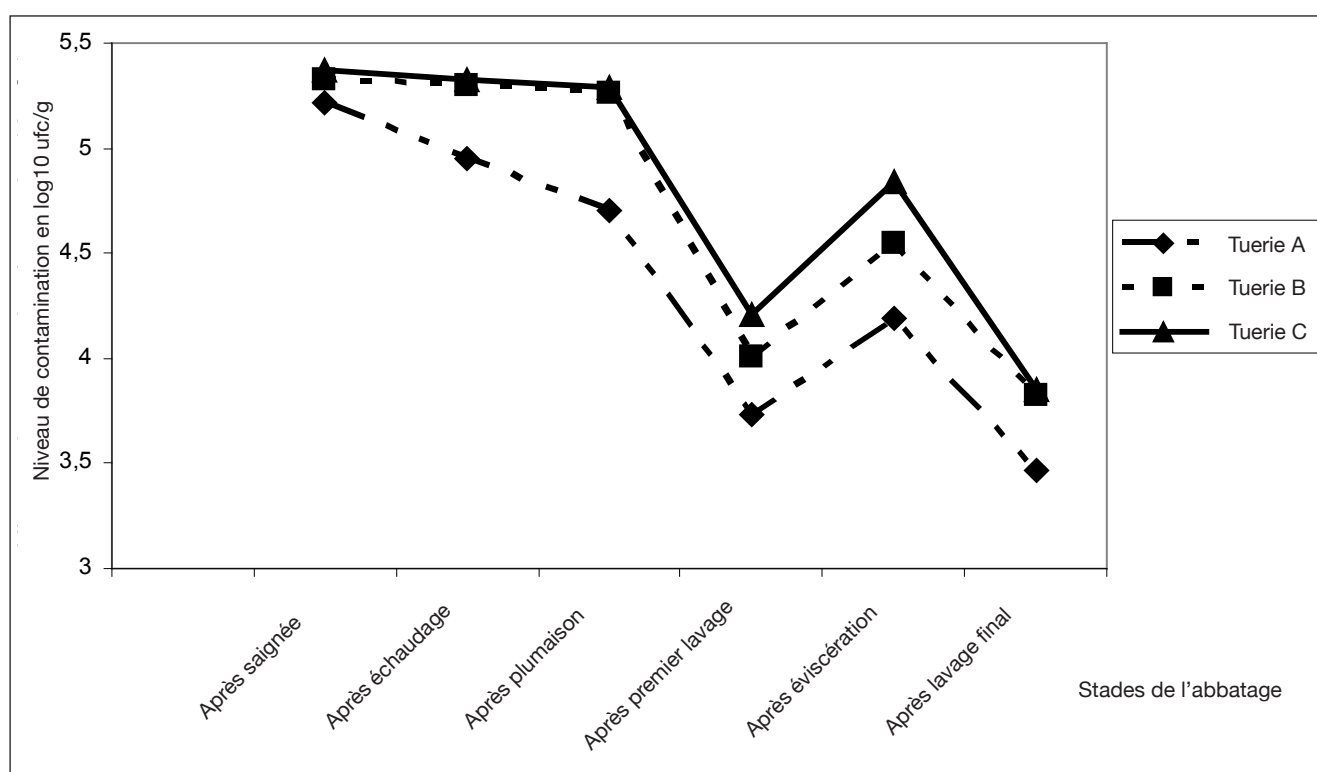


Figure 2: Evolution de la contamination des carcasses par les Entérobactéries aux différents stades de l'abattage.

L'évolution du niveau de contamination des carcasses par la FMAT au long de la chaîne d'abattage montre que les trois sites voient leurs degrés de contamination augmenter après l'éviscération, notamment dans les tueries B et C. Cependant, le lavage des carcasses réduit leurs charges en FMAT.

Les prélèvements effectués dans les sites B et C ont tendance à avoir les mêmes niveaux de contamination, avec une légère augmentation pour la tuerie A après la plumaison et l'éviscération. Les échantillons collectés du site A restent les moins contaminés durant tout le processus de l'abattage.

2. Effet de l'abattage sur le niveau de contamination des carcasses par les coliformes totaux (CT)

La figure 1 illustre l'évolution du niveau de contamination des carcasses par les coliformes totaux en fonction des stades de l'abattage. Elle montre clairement qu'après l'échaudage et l'éviscération, le nombre de CT augmente au niveau des échantillons prélevés du site C. Il est de même pour les prélèvements des sites A et B après éviscération. Les échantillons provenant du site A restent les moins contaminés par les CT.

3. Effet de l'abattage sur le niveau de contamination des carcasses par les Entérobactéries

La figure 2 montre que le stade d'éviscération amplifie la contamination des carcasses par les entérobactéries. Il a été constaté également que l'échaudage diminue le

nombre d'entérobactéries dans les carcasses dérivant de la tuerie A. En ce qui concerne l'effet du site, les résultats révèlent que le niveau de contamination le plus bas a été enregistré au niveau de la tuerie A. Comme dans le cas de la FMAT et des CT, les courbes de la figure 2 reflètent bien la chute du niveau de contamination des carcasses par les entérobactéries au cours de la chaîne d'abattage.

4. Effet de l'abattage sur le niveau de contamination des carcasses par les staphylocoques

La figure 3 illustre l'évolution du niveau de contamination des carcasses par les staphylocoques en fonction des stades de l'abattage. Elle montre que l'échaudage réduit le nombre de ces germes au niveau des échantillons prélevés du site A. Comme dans le cas des autres germes, c'est au niveau des tueries B et C que nous avons enregistré des valeurs élevées de contamination par les staphylocoques. Les prélèvements collectés dans la tuerie A sont les moins contaminés.

Discussion

Les fortes contaminations repérées au sein des trois tueries témoignent d'une négligence des règles d'hygiène au cours de l'abattage. En effet, une eau d'échaudage non renouvelée et des plumeuses mal entretenues constituent autant de facteurs favorables au développement d'un certain nombre de micro-organismes. En plus, le manque de la désinfection

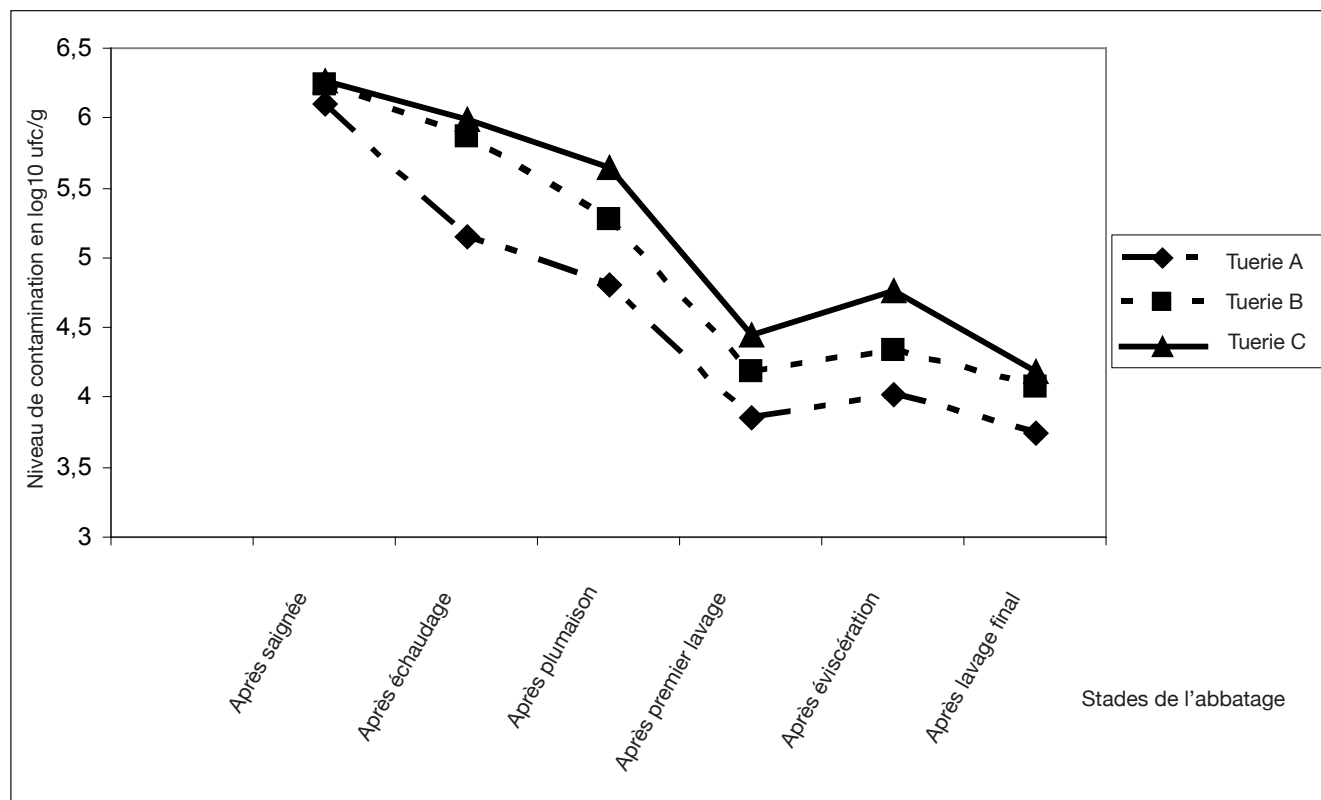


Figure 3: Evolution de la contamination des carcasses par les Staphylocoques aux différents stades de l'abattage.

efficace des paillasses, des outils de travail et des mains du personnel favorisent l'inter-contamination des carcasses.

Il est à signaler aussi que, même avant l'abattage, le niveau de contamination des poulets s'avère très élevé. Cela peut être expliqué par les conditions d'hygiène défectueuses au niveau des élevages, pendant le transport et au cours de l'attente à l'abattoir. Nos résultats sont comparables à ceux enregistrés par Mead *et al.* (16), Abu-Rwaida *et al.* (1), Kotula et Pandya (10), et Geornaras *et al.* (7). Le poulet vivant est porteur de contamination dite « Flore initiale », elle se trouve sur les plumes, sur la peau, sur les pattes et dans les intestins (2). Le nombre et la nature de cette microflore dépendent de plusieurs paramètres dont les principaux sont les conditions d'hygiène, la température et l'humidité relative dans les locaux d'élevage (9). Les staphylocoques sont souvent isolés en nombre élevé de la peau de volailles vivantes (8). Certaines espèces d'entérobactéries pathogènes peuvent être hébergées dans le tube digestif sans manifestations apparentes chez la volaille. L'arrivée des oiseaux à la tuerie augmente leurs stress et par conséquent la fréquence de désinfections responsables de souillures importantes (15).

Cette étude ne montrent aucune influence significative de l'échaudage sur le degré de contamination des carcasses lorsque l'eau des bacs n'est pas renouvelée fréquemment (sites B et C). Ce constat est en accord avec les résultats d'Abu-Rwaida *et al.* (1). En effet, le passage successif des volailles souillées de fientes et de poussière enrichit rapidement l'eau du bac d'échaudage surtout en germes thermophiles (12). Par conséquent, ces germes remplacent ceux éliminés sous l'effet de la chaleur. Abu-Rwaida *et al.* (1) rapportent que le nombre de bactéries peut même augmenter après échaudage si l'eau est réutilisée pendant une longue durée. Dans le site A, où l'eau d'échaudage est renouvelée régulièrement, la contamination bactérienne des carcasses diminue après échaudage. Un résultat similaire a été rapporté par McNamara (14).

Après la plumaison, la contamination globale des carcasses a augmenté au niveau des tueries B et C. Les charges bactériennes des prélèvements collectés des plumeuses confirment ces résultats, cela peut être expliqué par le mauvais état d'hygiène des plumeuses dans ces deux ateliers. Une observation similaire a été faite par Abu-Rwaida *et al.* (1) lors d'une étude menée au Koweït. Les doigts en caoutchouc des plumeuses constituent un site privilégié de rétention et de développement de germes. Ainsi, la structure poreuse du caoutchouc favorise cette rétention. Le contact des doigts avec les carcasses contribue à la pénétration des microorganismes dans les follicules plumeux. Ce qui rend difficile leur élimination lors du lavage des carcasses (5, 21). Notermans *et al.* (18) et Clouser *et al.* (4) ont identifié la plumaison comme un

point de contamination croisée.

L'éviscération aboutit à une augmentation des niveaux de contamination bactérienne pour les trois tueries. Cette augmentation est beaucoup plus ressentie au niveau de la tuerie C pour les coliformes totaux et les entérobactéries. Ceci témoigne d'une mauvaise manipulation au cours de l'éviscération, qui se répercute sur la charge en coliformes et entérobactéries. En effet, ces deux bactéries atteignent respectivement des valeurs de l'ordre de 4 et 4,84 log ufc/g dans le site C. Des études menées par Goksoy *et al.* (8), Mead *et al.* (16) et Lahallec *et al.* (11) montrent que l'éviscération n'a aucune influence sur le niveau de contamination du poulet. Toutefois, Lillard *et al.* (13) rapportent une augmentation de la prévalence des salmonelles après cette opération.

En ce qui concerne les différences fondamentales qui existent entre les trois sites étudiés, la comparaison des moyennes montre qu'en général, les valeurs les plus élevées de contamination sont enregistrées au niveau des prélèvements effectués au niveau de la tuerie C. Les échantillons provenant de la tuerie B présentent des valeurs intermédiaires. Par contre, ceux de la tuerie A sont les moins contaminées. Ceci peut être expliqué par les conditions d'hygiène très précaires dans la tuerie C.

Conclusion

Cette étude s'intéressant aux effets du processus d'abattage sur la charge bactérienne des carcasses, a révélé le mauvais état hygiénique des volailles introduites à l'abattoir. En effet, le niveau de contamination des oiseaux avant l'abattage s'avère très élevé. Les résultats de ce travail montrent également que les conditions d'hygiène à l'abattoir conditionnent fortement la qualité du produit fini. Ainsi, l'échaudage constitue un lieu privilégié de contaminations croisées. L'eau du bac d'échaudage est contaminée par les germes présents sur les plumes des animaux et par les matières fécales, et donc par des germes d'origines cutanée, digestive et environnementale. Sa température n'est pas une température optimale de croissance pour la plupart des germes, mais elle ne permet pas non plus de réduire la charge microbienne si elle n'est pas renouvelée fréquemment.

La plumaison, quant à elle, est une étape où les contaminations de la peau des carcasses de volailles par les germes présents sur les doigts des plumeuses sont importantes. La maîtrise de ce point critique nécessite le nettoyage et la désinfection réguliers de la plumeuse. Une mauvaise manipulation au cours de l'éviscération provoque la rupture ou la perforation de l'intestin, et par conséquent, la contamination bactérienne des carcasses.

Références bibliographiques

- 1- Abu-Ruwaida A.S., Sawaya W.N., Dashti B.H., Murard M. & Al-Othman H.A., 1994, Microbiological quality of broilers during processing in a modern commercial slaughterhouse in Kuwait. *J. Food Prot.* 57, 887-892.
- 2- Bailey J.S., Thomson J.E. & Cox N.A., 1987, Contamination of poultry during processing, *In*: F.E. Cunningham and N.A. Cox (ed.), *The microbiology of poultry meat products*. Academic Press, Inc., Orlando, FL., 193-211.
- 3- Berrang M.E. & Buhr R.J., 2001, Broiler carcass contamination with *Campylobacter* from feces during defeathering. *J. Food Prot.* 64,12, 2063-6.
- 4- Clouser C.S., Doores M., Mast M.G. & Knabel S.J., 1995, The role of defeathering in the contamination of turkey skin by *Salmonella* species and *Listeria monocytogenes*. *Poult. Sci.* 74,723-731.
- 5- Colin P., Lahellec C. & Bennejean G., 1980, Etude de l'évolution de la contamination par les salmonelles aux différents stades de la production du poulet de chair. C.R. VI^{ème} Congrès de la W.P.S.P. Hambourg, 108-111.
- 6- Corry J.E. & Atabay H.I., 2001, Poultry as a source of *Campylobacter* and related organisms. *Symp Ser Soc Appl Microbiol.* 30, 96S-114S.
- 7- Geornaras I., De Jesus A., Van Zyl E. & Von Holy A., 1995, Microbiological survey of a South African poultry processing plant. *J. Basic Microbiol.* 35, 73-82.
- 8- Goksoy E.O., Kirkan S. & Kok F., 2004, Microbiological quality of broiler carcasses during processing in two slaughterhouses in Turkey. *Poultry Science*, 83, 1427-1432.
- 9- Humbert F. & Salvat G., 1997, Risques de transmission des salmonelles en aviculture: détection et prévention en Europe. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 16,1, 83-90.
- 10- Kötula K.L. & Pandya Y., 1995, Bacterial contamination of broiler chickens before scalding. *J. Food Prot.* 58, 1326-1329.
- 11- Lahallec C., Meurier C. & Catsarsas M., 1973, La flore psychrotrophe des carcasses de volaille. II. Evolution au cours de l'éviscération. *Ann. Rech. Vet.* 4, 499-512.
- 12- Lahellec C., Colin P., Bennejean G., Paquin J., Guillem A. & Debois J.C., 1986, Influence of resident *Salmonella* on contamination of broiler flocks. *Poultry Science*. 26, 179-186.
- 13- Lillard H.S., 1989, Factors affecting the persistence of *Salmonella* during processing of poultry. *J. Food Prot.* 52, 829-832.
- 14- McNamara A.M., 1997, Generic HACCP applications in broiler slaughter and processing. National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods. *J. Food Prot.* 60:579-604.
- 15- Mead P.S., Slutsker L., Dietz V., Mccaig L.F., Bresee J.S., Shapiro C., Giffin P.M. & Tauxe R.V., 1999, Food-related illness and death in the United States. *Emerg. Infect. Dis.* 5, 607-625.
- 16- Mead G.C., Hudson W.R. & Hinton M.H., 1993, Microbiological survey of five poultry processing plants in the UK. *British poultry sciences*, 34, 497-503.
- 17- Ministère de l'Agriculture, 2005, La production animale nationale. Département de la production Animale. Rabat, Maroc.
- 18- Notermans S.F., Terbijhe, R.J & Van Schothorst M., 1980, Removing faecal contamination of broilers by spray cleaning during evisceration. *Br. Poult. Sci.* 21, 115-121.
- 19- Rivoal K. & Denis M., 1999, Molecular characterization of the diversity of *Campylobacter* spp. isolates collected from a poultry slaughterhouse: analysis of cross contamination. *Lett Appl Microbiol.* 29, 6, 370-4.
- 20- Rozier J., Carlier V. & Bolnot F., 1985, Bases microbiologiques de l'hygiène des aliments. Paris, France, Sepaic, p. 230.
- 21- Salvat G., 1997, Prévention des problèmes de santé publique liés aux produits issus de la filière avicole. *Bult. Acad. vét. France.* 70, 43-68.
- 22- Wray C., Davies R.H. & Evans S.J., 1997, *Salmonella* infection in poultry: the production environment. *In*: Richardson R.I., Mead C.C. Eds., Wallingford, UK, *Poult. Meat Sci.* 5, 257-276.

Chaiba A., Marocain, Doctorant en Bactériologie, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc.

Rhazi Filali F., Marocain, Professeur d'Enseignement Supérieur (Thèse d'Etat en Microbiologie), Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc.

Caractéristiques physico-chimiques des miels de la zone Soudano-guinéenne de l'Ouest et de l'Adamaoua Cameroun

Elise Mbogning^{1,2*}, J. Tchoumboue¹, F. Damesse³, M. Sanou Sobze² & Antonella Canini²

Keywords: Honey- Physicochemical characteristics- Season- Cameroon

Résumé

En vue de déterminer les caractéristiques physico-chimiques des miels de la zone soudano-guinéenne d'altitude du Cameroun, une étude a été conduite dans les régions de l'Ouest, Nord-Ouest et Adamaoua. Un total de 345 échantillons de miel dont 132 de saison sèche et 213 de saison des pluies ont été collectés puis analysés pour la détermination du pH, de la teneur en eau, de la conductivité électrique et de la teneur en sels minéraux, plus fréquemment utilisées comme meilleurs indicateurs de la qualité et de la stabilité du miel, et ayant une grande influence sur ses propriétés organoleptiques. Les caractéristiques physico-chimiques des miels étudiés varient de façon significative en fonction des régions et des saisons. En dehors de la teneur en eau qui a été plus élevée (16 à 35%), les concentrations des autres paramètres considérés sont dans l'ordre des valeurs définies par le Codex Alimentarius. Les pH, les teneurs en eau, la conductivité électrique et les teneurs en macroéléments (Ca, Mg, K, Na) sont plus élevées dans le Nord-Ouest et plus faibles dans l'Adamaoua. L'Ouest reste la région où les microéléments (Fe, Al, Zn, Cu, Mn, Co, Ni) et les métaux lourds (Pb, Cd, Cr) affichent les concentrations les plus élevées. Le potassium est l'élément dont la concentration reste la plus élevée dans toutes les régions. Les miels de saison de pluies ont des teneurs en macroéléments plus élevées et de faibles concentrations de microéléments et de métaux lourds. Les différences ainsi observées constituent une bonne base pour la définition des normes de qualité des miels de chaque région étudiée.

Summary

Physicochemical Characteristics of Honey from the Sudano-Guinean Zone of West and Adamaoua Cameroon

A study was conducted in three regions of Cameroon (West, North-West and Adamaoua) in order to determine physicochemical characteristics of 345 honey samples. One hundred and thirty-two and 213 samples was collected during dry and rainy seasons respectively and analysed to determine pH, water content, electrical conductivity and minerals which are all related to honey quality and stability. The honeys characteristics significantly vary according to regions and seasons. Apart from the high water content (16 to 35%), all other parameters were within the range defined by the Codex Alimentarius. Water content, pH, macroelements (Ca, Mg, K, Na) and electric conductivity were the highest in the North-West and the lowest in Adamaoua. The West Region showed the highest concentrations of microelements (Fe, Al, Zn, Cu, Mn, Co, Ni) and heavy metals (Pb, Cd, Cr). Potassium was very high in all the regions. Honeys from the rainy season showed higher levels of macroelements, low concentrations of microelements and heavy metals. Observed differences between honey characteristics from one region to another provide a good basis for defining honey quality norms of each region.

Introduction

Le miel a constitué pendant des millénaires en Occident, la seule source abondante de matières sucrées dont on pouvait disposer (6). Toutefois, dans le miel certains groupes de substances sont toujours présents mais en quantité variable selon la source: eau, glucides, protéides ou substances azotées, acides organiques, lactones, substances minérales, oligo-éléments, vitamines, lipides, produits polluants comme le plomb, le cadmium et l'hydroxyméthylfurfural (5). Sa composition varie avec la

source florale utilisée par les abeilles, la période de récolte et les conditions géo-climatiques des régions concernées. Le miel est également précieux comme produit à valeur marchande tant sur les marchés nationaux qu'internationaux et joue un rôle important dans certaines traditions culturelles (6). Il constitue de ce fait une source potentielle non négligeable de revenus pour la population rurale, en même temps qu'il peut contribuer à l'amélioration de l'alimentation humaine (14).

¹Université de Dschang, B.P. 222, Dschang, Cameroun.

Téléphone: (237) 99 53 90 09 / 22 01 60 87 E-mail: elisedamesse@yahoo.fr

²Université de Rome «Tor Vergata», Via Orazio Raimondo 18-00173-Rome, Italie.

³Institut de Recherche Agricole pour le Développement, B.P. 2067, Yaoundé, Cameroun.

Reçu le 10.06.10 et accepté pour publication le 07.09.11.

Malgré son caractère artisanal, la production africaine de miel est en nette progression. Elle est passée de 109.000 t en 1991 à 145.000 t en 2001 (6). Au Cameroun, les données sur la production du miel sont assez rares. Villiers (16) relève qu'en 1982, la production de miel camerounais était de 2.300 t, contre une production mondiale estimée à un million de tonnes pour la même période. Ce produit de plus en plus sollicité au Cameroun pour ses multiples utilisations, se trouve cependant être en quantité limitée pour couvrir les besoins des populations (2). Ce qui fait du miel un produit de luxe, souvent frelaté pour augmenter les quantités disponibles et de ce fait, les ventes. De nombreuses manipulations qui ont cours lors des frelatages contribuent probablement à la dénaturation des miels (2). Les tests de qualité qui garantissent l'authenticité, la propreté, la salubrité, la fraîcheur et permettent de définir les caractéristiques physico-chimiques du miel sont de règle dans les pays développés et obéissent aux différentes normes de qualité régionales et/ou nationales. L'absence de ces normes dans les pays en développement rend difficile la traçabilité du miel destiné à la consommation et à la vente. Pour garantir une possibilité d'établir des normes de qualité pour les miels du Cameroun, il est impératif de connaître les caractéristiques physico-chimiques actuelles du miel de chaque région agro-écologique ainsi que leurs variations inter-saisonniers.

Les recherches en matière de connaissance des caractéristiques du miel et des facteurs qui peuvent les affecter, en Afrique en général et au Cameroun en particulier sont limitées (6, 15). Or, elles sont nécessaires aussi bien pour le contrôle de qualité que pour développer les arguments de vente.

Les deux principales zones actuelles de production de miels au Cameroun, l'Adamaoua et les Hautes Terres de l'Ouest, se distinguent par leurs caractéristiques géo-climatiques qui ne peuvent pas affecter les caractéristiques des miels qui y sont respectivement issus. Ainsi, l'objectif du présent travail est de définir les caractéristiques physico-chimiques des miels du Cameroun et plus spécifiquement d'établir les ressemblances et les différences dans différentes zones de production. Il permettra de vérifier l'hypothèse suivant laquelle, du fait des facteurs régionaux et saisonniers des zones de production, il existe des variations et des spécificités dans les caractéristiques des miels produits au Cameroun.

Matériel et méthode

Zone de l'étude

Les échantillons de miel ont été collectés dans la zone soudano-guinéenne d'altitude de l'Ouest et de l'Adamaoua Cameroun, deux des principales zones de production du miel au Cameroun. La zone soudano-guinéenne d'altitude de l'Ouest Cameroun englobe les régions de l'Ouest et du Nord-Ouest; celle de l'Adamaoua comprend la Région de l'Adamaoua

uniquement (Figure 1).

La zone soudano-guinéenne d'altitude de l'Ouest Cameroun ou zone des Hauts Plateaux de l'Ouest Cameroun est située entre 5-7 degré de latitude Nord et 8-12 degré de longitude Est. L'altitude moyenne est de 2000 m et varie entre 1400 et 2700 m (12). Les sols sont soit ferrallitiques, latéritiques ou volcaniques. C'est une zone fortement peuplée, avec 100 à 200 habitants/km². Les terres sont très riches et les populations y pratiquent une agriculture intensive. Le climat est à deux saisons: une saison pluvieuse de 9 mois (mars à novembre) et une courte saison sèche de 3 mois. La pluviométrie moyenne annuelle varie de 1500 à 2000 mm. La température varie entre 14 et 22 °C toute l'année. L'humidité relative annuelle est de 76%. L'insolation moyenne annuelle est de 1800 heures et contribue positivement à la floraison des plantes. La végétation naturelle, constituée de savanes arbustives et de forêts galeries, montre des essences comme *Albizia ferruginea*, *Cola lateritia*, *Draceana arborea*, *Funtamia elastica*, *Holoptera grandis*, *Sterculia rhinoptela*. Le couvert herbacé est composé de *Hyparrhenia* spp., *Panicum* spp., *Digitaria* spp., *Pennisetum* spp. et *Imperata cylindrica* (11). Cette végétation est fortement influencée par l'activité humaine.

Les principales cultures sont: le maïs (*Zea mays*), les tubercules (*Manihot esculenta*, *Colocasia esculenta*, *Zanthosoma* sp., *Ipomea batatas*), les fruitiers (*Persea americana*, *Mangifera indica*, *Musa* spp., *Cola* sp., *Elaeis guineensis*), les légumineuses (*Arachis hypogea*, *Phaseolus vulgaris*, *Vigna unguiculata*) et les plantes stimulantes (*Coffea arabica*, *Theobroma cacao*, *Cola anomala*). L'élevage est surtout celui des bovins, porcins, ovins, volailles et caprins.

La zone soudano-guinéenne de l'Adamaoua ou zone des Hautes Savanes Guinéennes de l'Adamaoua quant à elle, est située entre 6-8 degré de latitude Nord et 10-16 degré de longitude Est (11). C'est une région des hauts plateaux avec une altitude moyenne de 1000 m et de montagnes avec les sommets de près de 2300 m d'altitude. Les sols sont dérivés des roches basaltiques, granitiques et sédimentaires. Ils sont fertiles dans l'ensemble et propices aux activités agro-pastorales. Le climat est aussi à deux saisons: une saison des pluies de 6 mois (mai à octobre) et une saison sèche de novembre à avril. La pluviométrie est entre 1500 et 1800 mm/an. Les températures oscillent entre 24 et 32 °C. La végétation est constituée essentiellement de savanes arbustives ou arborées. Les savanes sont dominées par deux espèces arborées: *Daniella oliveri* et *Lophira lanceolata*. La strate herbacée quant à elle est composée de nombreuses andropogonées (*Hyparrhenia* spp. et *Andropogon* spp.), de *Panicum* spp., *Pennisetum* spp., et *Imperata cylindrica*. Le maïs (*Zea mays*), les tubercules comme le manioc (*Manihot esculenta*) et la patate douce (*Ipomea batatas*), les fruitiers (*Persea*

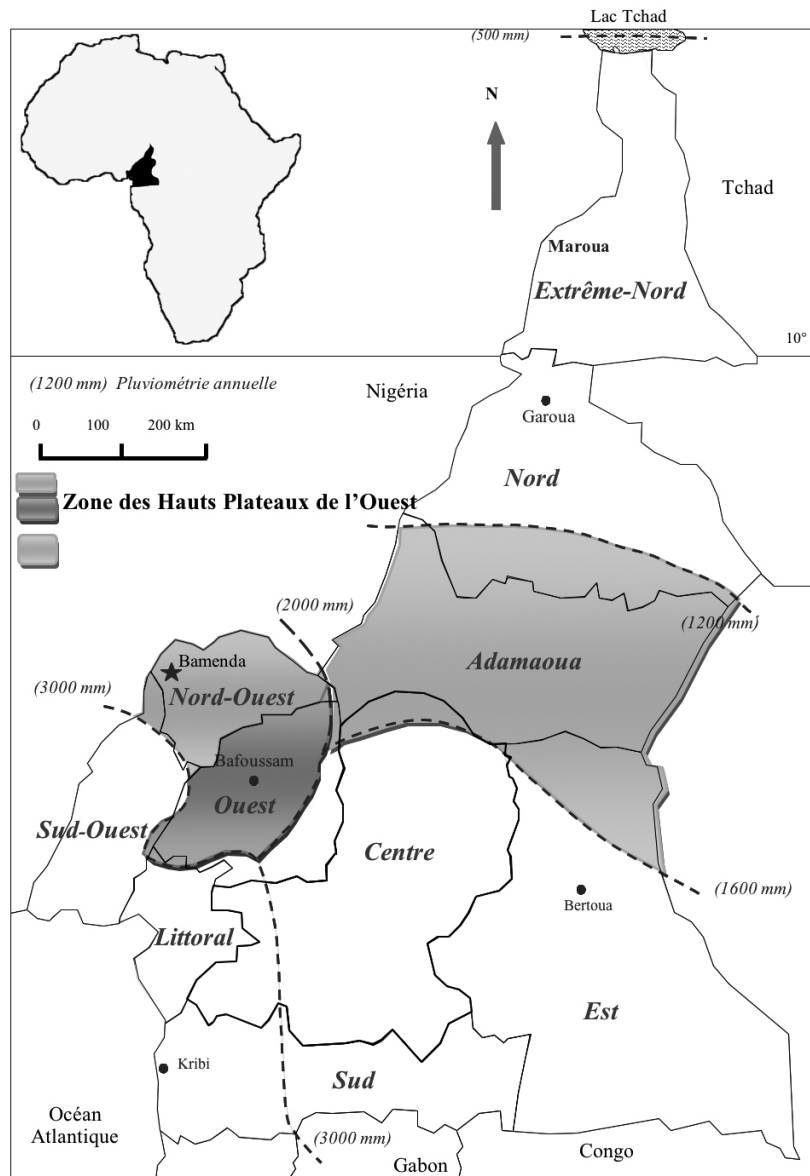


Figure 1: Carte du Cameroun montrant la zone d'étude.
Source: Institut National de Cartographie du Cameroun.

americana, *Mangifera indica*, *Musa* spp., *Cola* sp., *Elaeis guineensis*, *Carica papaya*) et les légumineuses (*Arachis hypogea*, *Phaseolus vulgaris*) font l'essentiel de la production agricole. L'élevage est surtout celui des bovins, ovins et caprins.

Collecte des échantillons de miels

Un total de 345 échantillons de miel (78 au Nord-Ouest, 180 à l'Ouest et 87 dans l'Adamaoua) a été collecté dont 213 pendant la saison des pluies et 132 pendant la saison sèche. Les différents échantillons ont été conservés dans de flacons en verre (de 30 ml) stériles, hermétiquement fermés, étiquetés, datés, et gardés à la température ambiante (25-30 °C), jusqu'à l'analyse.

Détermination des caractéristiques physico-chimiques du miel et analyses statistiques

Les échantillons ont été analysés dans deux laboratoires spécialisés (laboratoire des sols, plantes

et eaux de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement de Nkolbisson (Cameroun), et le Centre de Recherche sur le Miel de l'Université de Rome «Tor Vergata». Les caractéristiques physico-chimiques les plus fréquemment utilisées comme meilleurs indicateurs de la qualité et de la stabilité du miel, et ayant une grande influence sur ses propriétés organoleptiques (8) (pH, teneur en eau, conductivité électrique et teneur en sels minéraux), ont été déterminées suivant diverses méthodes. Le pH a été mesuré suivant la méthode décrite par Gonnet (13); la teneur en eau déterminée avec le réfractomètre Abbe lu à 20 °C et les valeurs correspondantes ont été obtenues de la table de Chatway (7) revue et actualisée par la commission Codex Alimentarius (9). La conductivité a été mesurée par la méthode décrite par Loveaux *et al.* (14), à 20 °C dans une solution à 1: 2,5 après étalonnage (solution d'étalon, Merck) du conductivimètre. La détermination des sels minéraux

Tableau 1
Longueurs d'onde (nm) de détermination des sels minéraux

Ca	Mg	K	Na	Fe	Pb	Al	Zn	Cu	Mn	Cr	Ni	Co
239,9	202,6	766,5	589	248,3	283,2	309,3	213,9	324,7	279,54	357,9	232,0	240,7
		à		à	à	à	à	à	à	à	à	à
		769,9		252,3	217,0	396,1	37,6	327,4	279,8	359,4	231,1	242

s'est faite par deux méthodes: le potassium et le sodium par photométrie à flamme (model Corning 410), et les autres par absorption atomique (model 210 Buck Scientific). Le tableau 1 résume les longueurs d'onde (nm) utilisées pour la détermination des sels minéraux.

Les données collectées ont été soumises aux analyses de variance et les moyennes ont été séparées par le test de comparaison multiple de Student/Newman Keuls, avec le logiciel SPSS 12.0 (2003).

Résultats et discussion

Les caractéristiques physico-chimiques (pH, teneur en eau, conductivité électrique et teneur en sels minéraux) des miels sont illustrées par les figures 1 à 3 et résumées dans les tableaux 2 et 3.

▪ pH

Les valeurs de pH obtenues varient de 4,1 à 5; tous les miels étudiés sont acides (Figure 2).

Ces résultats sont semblables à ceux d'Apan (2) Canini *et al.* (6), Mbogning (13), sur les miels des Hauts Plateaux de l'Ouest Cameroun, d'Esti *et al.* (9) en Italie et d'Azerdo *et al.* (3) au Brésil. L'acidité du miel est due à un grand nombre d'acides organiques qu'il contient. L'acide principal est l'acide gluconique qui est en équilibre avec ses lactones ou ses esters et les ions inorganiques tels que les phosphates et les chlorures. On trouve aussi les acides formique, tartrique, maléique, citrique, succinique, butyrique, lactique et oxalique de même

que différents acides aromatiques (2). Le miel contient également les acides chlorhydriques et phosphoriques (2). D'autres composés tels que les lactones, dont la présence est constante, ont également une fonction acide (13). La plupart d'entre eux proviennent des sécrétions digestives des abeilles, pendant l'élaboration du miel (2).

Le pH du miel varie en fonction de la région. Les miels du Nord-Ouest ont un pH significativement plus élevé ($p < 0,05$) que ceux de l'Ouest et de l'Adamaoua. Ces résultats concordent avec les observations d'Apan (2) sur les échantillons des miels des Hauts Plateaux de l'Ouest Cameroun qui indiquent que le pH des miels varie en fonction de la localité. Les variations du pH peuvent être attribuées à la diversité des plantes mellifères des régions où les échantillons des miels ont été collectés. En effet, le Nord-Ouest, l'Ouest et l'Adamaoua, malgré leur appartenance à la zone soudano guinéenne du Cameroun, du fait de l'altitude et de la pluviométrie, présentent une flore mellifère diversifiée, constituée de plantes naturelles (*Hyparrhenia spp.*, *Panicum spp.*, *Pennisetum spp.* et *Imperata cylindrica*) et de plantes cultivées (*Zea mays*, *Arachis hypogea*, *Phaseolus vulgaris*, *Manihot esculenta*, *Persea americana*, *Mangifera indica*, *Musa spp.*, *Cola sp.* et *Psidium gajava*), communes à toutes les zones (11). On y trouve aussi des espèces spécifiques de la zone des Hautes Terres de l'Ouest (*Coffea arabica*, *Cola anomala*, *Elaeis*

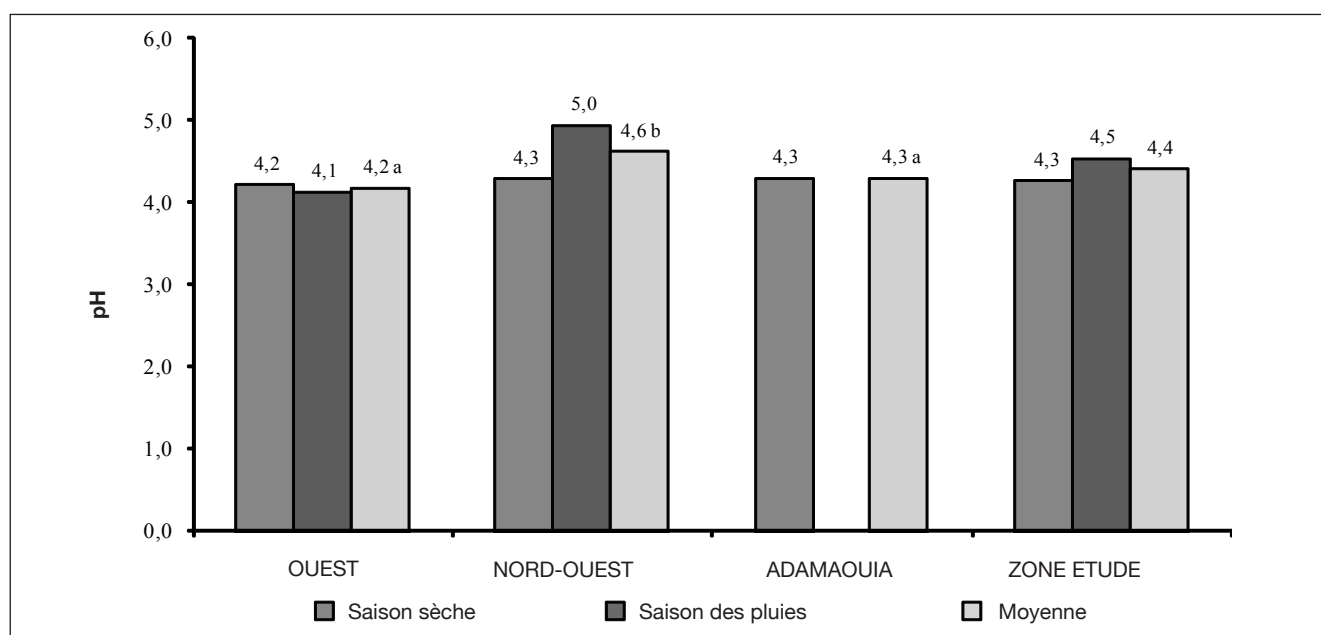


Figure 2: pH des miels en fonction des zones et des saisons.

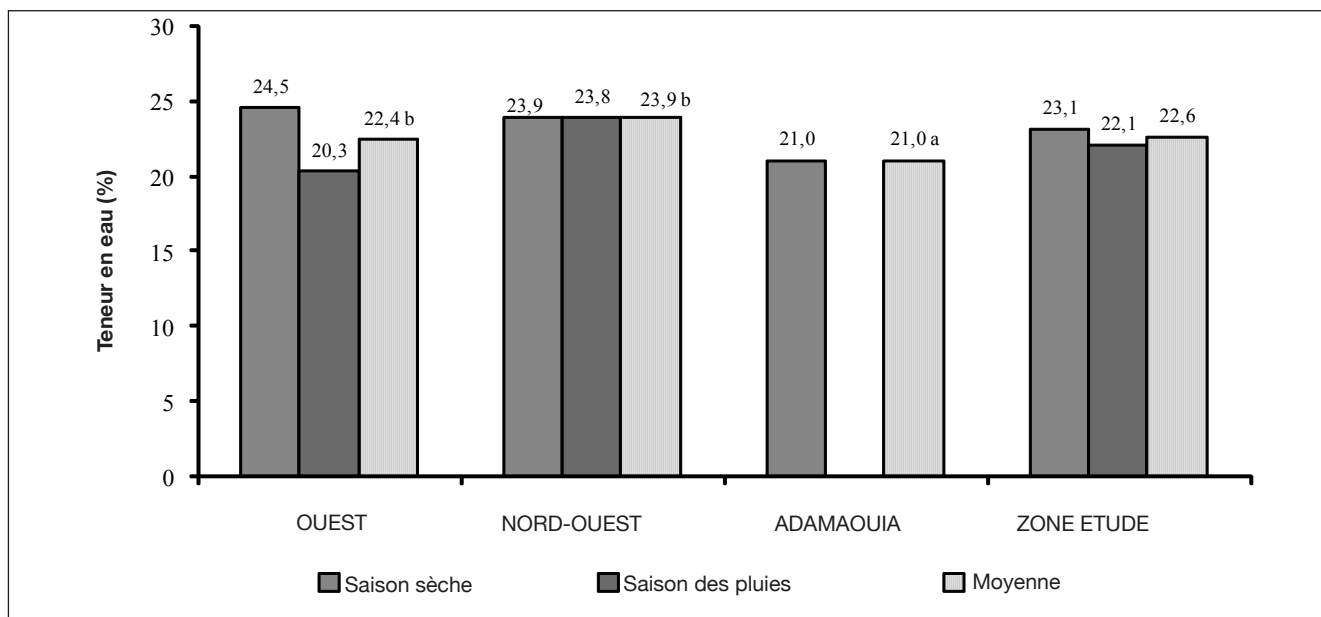


Figure 3: Humidité des miels en fonction des zones et des saisons.

guineensis, *Theobroma cacao*, *Albizia ferruginea*, *Cola lateritia*, *Draceana arborea*, *Funtamia elastica*, *Holoptera grandis*, *Sterculia rhinoptela*) d'une part et de la zone de l'Adamaoua (*Daniella oliveri* et *Lophira lanceolata*) d'autre part. La variabilité des miels observée serait dépendante des sécrétions nectarifères des plantes ou du miellat produit. Ces matières premières utilisées pour la fabrication du miel sont variables en fonction des facteurs externes, liés aux conditions climatiques de la zone et à la nature des sols sur lesquels se développent les plantes (1). Les pH des miels de saison sèche et de saison de pluies n'ont pas été significativement différents dans la zone d'étude. Dans la région du Nord-Ouest, les miels des saisons de pluies ont présenté un pH plus élevé que celui des miels de saison sèche. La différence observée pourrait être attribuée à la floraison des plantes mellifères et à l'activité des abeilles, étant entendu que les acides qu'on trouve dans le miel proviennent des fleurs et des sécrétions digestives des abeilles (2).

▪ Teneur en eau

Les teneurs en eau des miels analysés ont varié de 16 à 35%. La norme Codex Alimentarius (1993), fixe une teneur en eau maximale à 21 g/100 g de miel. Des échantillons de miels analysés; 94,30% ont eu des teneurs en eau supérieures à la norme. Ces résultats sont contradictoires à ceux d'Apan (2), de Canini *et al.* (6) et de Mbogning (13), qui ont trouvé des teneurs en eau des miels de la région de l'Ouest conformes à la norme. Les fortes teneurs en eau proviendraient d'une récolte trop précoce (15) ou sont seulement dues à l'hygroscopicité du miel.

La teneur en eau des miels étudiés varie significativement ($P < 0,05$) en fonction des régions (Figure 3). Les miels du Nord-Ouest et le l'Ouest ont une teneur en eau significativement plus élevée

que ceux de l'Adamaoua. Dans les Hautes Terres de l'Ouest Cameroun; 37,8% des ruches utilisées sont des ruches traditionnelles (15) dont le suivi est difficile. La récolte du miel se fait la nuit pour 60% des apiculteurs (15); ce qui rend l'appréciation du taux d'operculation des alvéoles impossible.

En plus, les apiculteurs n'ont pas de réfractomètre qui leur permettrait de tester la teneur en eau du miel avant la récolte. Lorsque les ruches modernes sont utilisées, les critères de décision de la récolte (habitude, soupesage des ruches, visite préalable et comportement des abeilles) ne permettent pas de se rassurer d'un taux d'humidité convenable du miel (15). Les miels de saison sèche ont eu des teneurs en eau plus élevées ($P < 0,05$) que ceux de saison des pluies. Etant donné que la saison sèche offre des conditions meilleures pour l'activité apicole, bon nombre d'apiculteurs procède à la récolte du miel, dans la quasi totalité de leurs ruches, sans toutefois se rassurer de son stade de maturité (15).

▪ Conductivité électrique

Les valeurs de la conductivité électrique (Figure 4) des miels analysés sont dans la fourchette des valeurs définies par la norme (comprise entre 1 à plus de $21,10^{-4} \text{ S.cm}^{-1}$). Il existe cependant de disparités entre les différentes régions. Elle est significativement plus élevée dans les miels du Nord-Ouest et de l'Ouest que dans l'Adamaoua. Nos observations sur les miels étudiés sont similaires à ceux de Bogdanov *et al.* (5) sur les miels de *Melipona* au Venezuela. Sa valeur dépend de la teneur en minéraux et de l'acidité du miel; plus elles sont élevées, plus la conductivité correspondante est élevée (5).

Nos observations ont montré une influence marquée de la saison sur la conductivité électrique des miels. Elle a été plus forte pour des miels de saison sèche que pour ceux de saison des pluies. Etant entendu

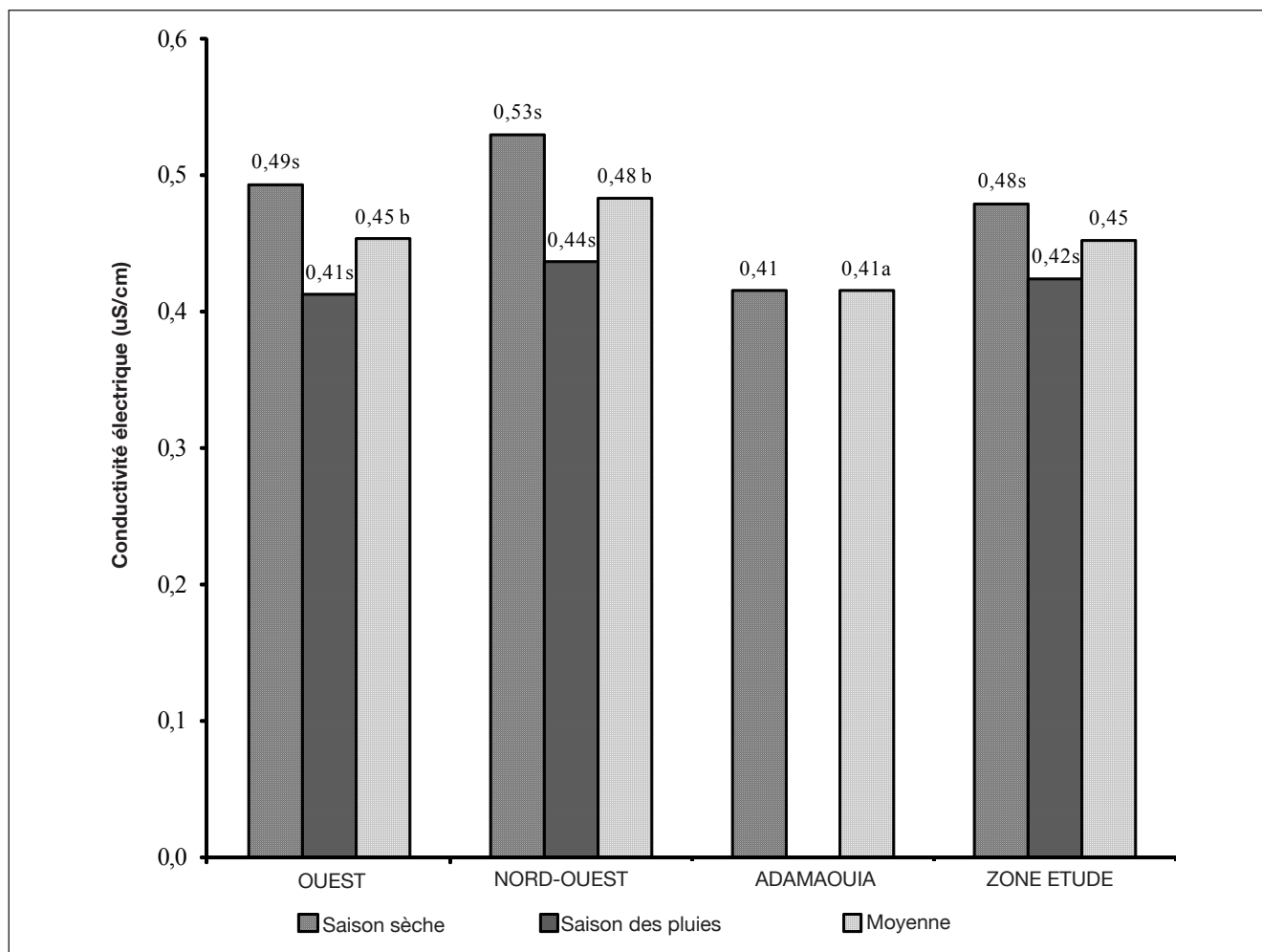


Figure 4: Conductivité électrique des miels en fonction des zones et des saisons.

qu'il existe un rapport linéaire entre la conductivité électrique et la teneur en matières minérales d'un miel sur la base duquel il est possible de calculer la teneur en matières minérales à partir des mesures de la conductibilité électrique (1), il y a lieu de penser que les miels de saison sèche sont plus concentrés en sels minéraux que ceux de saison de pluies. En saison sèche la solution du sol semble être plus concentrée en éléments solubles disponibles à la plante.

▪ Sels minéraux

Tous les miels analysés contiennent des sels minéraux et des oligo-éléments, à des concentrations différentes (Tableau 2). Les teneurs en sels minéraux obtenues sont dans la limite des valeurs indiquées par le Codex Alimentarius Commission Standards (1981).

La teneur en sels minéraux des miels est fortement influencée par la région et la saison. Les miels de l'Adamaoua ont présenté de faibles teneurs en sels

Tableau 2
Influence de la zone géo-climatique sur la composition minérale des miels

Zones géo-climatiques	Macro molécules (mg/kg)				Micro éléments (mg/kg)							Métaux lourds (mg/kg)		
	Ca	Mg	K	Na	Fe	Al	Zn	Cu	Mn	Co	Ni	Pb	Cd	Cr
Ouest	103,99 ^b	22,34 ^a	546,86 ^b	58,43 ^b	0,30 ^b	0,36 ^b	0,25 ^b	0,31 ^b	0,30 ^b	0,018 ^b	0,06 ^b	0,20 ^b	0,03 ^b	0,09 ^b
Nord-Ouest	113,71 ^b	24,64 ^a	661,54 ^c	53,87 ^b	0,29 ^b	0,24 ^a	0,30 ^b	0,27 ^b	0,31 ^b	0,016 ^b	0,06 ^b	0,20 ^b	0,03 ^b	0,06 ^b
Adamaoua	47,89 ^a	15,53 ^a	136,53 ^a	28,18 ^a	0,13 ^a	0,17 ^a	0,15 ^a	0,12 ^a	0,13 ^a	0,013 ^a	0,03 ^a	0,02 ^a	0,01 ^a	0,04 ^a
Moyenne	88,53	20,83	448,31	46,82	0,24	0,26	0,23	0,23	0,25	0,02	0,05	0,14	0,02	0,06

Les moyennes suivies d'une même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test de Student-Newman-Keuls ($p < 0,05$).

Tableau 3
Influence de la saison sur la composition minérale des miels

Saisons	Macro molécules (mg/kg)				Micro éléments (mg/kg)							Métaux lourds (mg/kg)		
	Ca	Mg	K	Na	Fe	Al	Zn	Cu	Mn	Co	Ni	Pb	Cd	Cr
Saison sèche	84,13	19,43	406,81	47,38*	0,26*	0,33*	0,26*	0,27*	0,24	0,01	0,07*	0,20*	0,03*	0,08*
Saison des pluies	101,4	24,00	534,36	53,32*	0,22*	0,19*	0,15*	0,20*	0,28	0,01	0,02*	0,10*	0,01*	0,03*
Moyenne	92,77	21,72	470,59	50,35	0,24	0,26	0,21	0,24	0,26	0,01	0,05	0,15	0,02	0,06

* La différence des moyennes est significative au niveau 0,05.

minéraux, comparativement à ceux du Nord-Ouest et de l'Ouest. Les miels de saison des pluies ont montré les plus fortes teneurs en macro éléments (Tableau 3).

A l'inverse, les teneurs les plus élevées de micro éléments et les métaux lourds sont enregistrés dans les miels de saison sèche. Le potassium (K) a été de loin l'élément majeur de concentration plus forte, indépendamment des régions et des saisons, suivi du calcium (Ca), du sodium (Na) et du magnésium (Mg). Cette teneur en potassium a été plus élevée dans le Nord-Ouest comparativement aux autres régions. La flore mellifère butinée présente dans chaque région peut expliquer cette forte concentration du potassium et surtout le taux de transfert de cet élément du sol vers le miel. Les miels de saison de pluies ont été plus concentrés en macroéléments que ceux de saison sèche dans les sous-zones considérées. Ces éléments semblent être plus disponibles dans la plante en saison des pluies qu'en saison sèche. Les pluies constituent un facteur favorisant la mobilisation et le transfert de ces éléments du sol vers la plante (4).

Conclusion

En dehors de la teneur en eau, les autres paramètres des miels analysés sont dans la fourchette des valeurs recommandées par le Codex Alimentarius. Les caractéristiques physico-chimiques des miels étudiés (pH, teneur en eau, conductivité électrique et teneur en sels minéraux) sont influencées par la région. Les teneurs en différents paramètres sont plus élevées dans le Nord-Ouest et plus faibles dans l'Adamaoua.

Les teneurs en macro éléments sont plus fortes que celles des microéléments et des métaux lourds. Le potassium est l'élément dont la concentration reste la plus élevée, indépendamment des régions. Ces caractéristiques du miel varient également avec la saison. A l'Ouest et dans le Nord-Ouest, les teneurs en pH sont plus élevées en saison de pluies. Les teneurs en eau et la conductivité électrique sont plus élevées en saison sèche. Les miels de saison de pluies sont plus concentrés en macroéléments que ceux de saison sèche. Pour ce qui est du potassium, du magnésium, et du calcium, leurs teneurs dans les miels de saison sèche et de saison de pluies n'ont pas présenté de différences significatives. Les teneurs en d'autres éléments (Na, Fe, Al, Zn, Cu, Mn, Co, Ni, Pb, Cr) sont par contre significativement différentes. Les miels de saison sèche sont significativement différents de ceux de saison des pluies sauf pour le magnésium, le cobalt, et le cadmium et le plomb dont les concentrations ont été similaires. Les différences observées dans ce travail constituent une base des données pour la définition des normes de qualité des miels de la zone soudano-guinéenne de l'Ouest et de l'Adamaoua Cameroun.

Remerciements

Nous tenons à remercier le Professeur C. Vittorio, Professeur d'Immunologie à l'Université de Rome "Tor Vergata", Directeur Scientifique du Centre International de Référence et Madame Chantal Biya pour la recherche sur le SIDA (CIRCB), Yaoundé, Cameroun, pour son assistance et son apport scientifique.

Références bibliographiques

- Accorti M., Piazza M.G. & Persano-Oddo L., 1987, La conductivité électrique et le contenu en cendres du miel. *Apiacta*, 22, 19-20.
- Apan A., 2002, Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des miels de quelques marchés des Hauts Plateaux de l'Ouest Cameroun. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome, Option Productions Animales, Université de Dschang, FASA, 40 p.
- Azerdo L.C., Azerdo M.A.A., Souza S.R., Dutra V.M.L., 2003, Protein contents and physicochemical properties in honey samples of *Apis mellifera* of different floral origins. *Food Chemistry*, 80, 249-254.
- Barišić D., Vertacnik A., Bromenshenk J.J., Kezic N., Lulic S., Hus M., Kraljevic P., Simpraga M. & Seletkovic Z., 1999, Radionuclides and selected elements in soil and honey from Gorski Kotar, Croatia. *Apidologie*, 30, 4, 277-287.
- Bogdanov S., Vit P. & Klichenmann V., 1996, Sugar profiles and conductivity of stingless bee honeys from Venezuela. *Apidologie*, 27, 445-450.
- Canini A., De Santis L., Leonardi D., Di Giustino P., Abbale F., Damesse E. & Cozzani R., 2005, Qualificazione dei mielle e piante nettariifere del Camerun Occidentale. *La Rivista di Scienza dell'Alimentazione*, anno 34n, 4.
- Chatway H.D., 1935, Honey tables showing the relationship between various hydrometer scales and refractive index to moisture content and weight per gallon of honey. *Can. Bee J.* 43, 215.
- Codex Alimentarius Commission Standards, 1981, Codex Standard for honey (European Regional Standards) Vol. III, FAO, Rome.
- Esti M., Panfili G., Marconi E., Trivisonno M.C., 1997, Valorization of the honeys from Molise region through physico-chemical, organoleptic and nutritional assessment. *Food Chemistry*, 58, 1-2, 12-128.
- Gonnet M., 1998, L'analyse des miels. Description de quelques méthodes de contrôle de qualité. I.N.R.A., Zoologie et Apidologie, F84140, Montfavet, Bul. Tech. Apic. 54, 13, 1, 17-34.
- Letouzey, 1968, Etude phytogéographique du Cameroun. Ed. Paul

- Lechevalier – Paris Ve.
12. Louveaux J., Pourtallier J. & Vorwohl G., 1973, Méthodes d'analyses des miels, conductivité (Analytical methods for honey conductivity). Bull. Apic. Inf. Doc. Sci. Tech. Inf. 16, 7.
 13. Mbogning E., 2005, Etude des plantes médicinales et caractérisation du pollen des plantes mellifères et du miel du Cameroun. Thèse de Master en Transfert des technologies en Biomédecine, Université de Rome «Tor Vergata», 64 p.
 14. Njia N.M., 1998, Caractéristiques socio-économique et technique de l'apiculture dans les Hauts Plateaux de l'Ouest Cameroun. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome. Université de Dschang, FASA, 75 p.
 15. Tchoumboue J., Tchouamo I.R., Pinta J.Y. & Njia M.N., 2001, Caractéristiques socio-économiques et techniques de l'apiculture dans les hautes terres de l'Ouest Cameroun. Tropicultura, **19**, 3, 141-146.
 16. Villiers B., 1987. Le point sur l'apiculture en Afrique tropicale, 220 p.

Elise Mbogning, Camerounaise, MSc. en Biomédecine, Enseignante de Biologie/doctorante Ph.D à la Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles de l'Université de Dschang et à la Filière Immunologie et Biotechnologie Appliquée de l'Université de Rome «Tor Vergata».

J. Tchoumboue, Professeur, Camerounais, Ph.D, Chef de Département des Productions Animales/Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang.

F. Damesse, Camerounaise, MSc. en Biotechnologie, Chargé de Recherche, Institut de Recherche Agricole pour le Développement.

M. Sanou Sobze, Camerounaise, Ph.D, Assistant, Université de Dschang et Université de Rome «Tor Vergata».

Antonella Canini, Professeur, Italienne, Doctorat en Biologie cellulaire et moléculaire, Professeur de Botanique au Département de Biologie de l'Université de Rome "Tor Vergata" et Directeur du Centre Recherche Miel de la même Université.

AVIS DE CHANGEMENT D'ADRESSE ADRESVERANDERING

CHANGING OF ADDRESS CAMBIO DE DIRECCION

Tropicultura vous intéresse! Dès lors signalez-nous, à temps votre changement d'adresse faute de quoi votre numéro nous reviendra avec la mention "N'habite plus à l'adresse indiquée" et votre nom sera rayé de la liste.

You are interested in Tropicultura! Make sure to inform us any change of your address in advance. Otherwise your issue will be sent back to us with the postal remarks "Adresse not traceable on this address" and then you risk that your name is struck-off from our mailing list.

U bent in Tropicultura geïnteresseerd! Stuur ons dan uw adresverandering tijdig door, anders riskeert U dat uw nummer ons teruggezonden wordt met de vermelding "Woont niet meer op dit adres" en uw naam wordt dan automatisch van de adressenlijst geschrapt.

Si Tropicultura se interesa, comuniquenos a tiempo cualquier cambio de dirección. De lo contrario la publicación que Ud. recibe nos será devuelta con la mención "No reside en la dirección indicada" y su nombre será suprimido de la lista de abonados.

Dynamics of Shifting Agricultural Systems and Organic Carbon Sequestration in Southern Cameroon

Rosaline Njomgang, M. Yemefack, L. Nounamo, A. Moukam & J. Kotto-Same

Keywords: Carbon stock- Soil dynamic- Land cover types- Shifting cultivation- Rainforest- Southern Cameroon

Summary

A conceptual model of the spatio-temporal dynamics of Shifting Agricultural Systems (SAS) in the rainforest region of Southern Cameroon made it possible to identify five different cultivation cycles, which enabled the quantification of soil dynamics and carbon stocks. Carbon stocks in each pool were evaluated using all chronosequences for land use types, including Virgin forest (VF), Secondary forest (SF), Forest fallow (FF), Chromolaena fallow (CF), Mixed crop field (MC) and Old cocoa plantations (OCP). Under each treatment, biomass measures were conducted on trees, undergrowth, litter and plant roots. Soil samples were analysed for physicochemical determinations. The total carbon (in TC/ha⁻¹) varies in the following decreasing order: VF (305), SF (251), OCP (184), FF (180), CF (101), and MC (67). Although the average soil carbon stock represents 93% and 78% under the MC and CF systems, respectively, it represents only 26% of total carbon for the VF system. When a VF system is converted into MC, there is a total carbon loss of 97% from aerial biomass and 17% from soil. Fallowing and reconversion to SF lead to a carbon re-accumulation of 3.9 TC/ha⁻¹.year⁻¹ ($r^2 = 0.83$, $p = 0.001$).

Several soil parameters have shown major variability within the system. This study has produced quantified data, which can be used to evaluate soil quality according to land use and the cost of the carbon sequestered by these agricultural systems.

Résumé

Dynamique des agro-systèmes itinérants et séquestration du carbone organique au Sud Cameroun

Un modèle conceptuel de la dynamique spatiale et temporelle des Agro-systèmes Itinérants (ASI) en zone de forêt humide du Sud Cameroun a permis d'identifier cinq cycles d'exploitation agricole des terres sur la base desquels la dynamique des sols et le stock du carbone ont été quantifiés. Les stocks de carbone dans chaque pool du système ont été évalués le long des chronoséquences d'utilisation de terres composés de Forêt primaire (PF), Forêt secondaire (FS), Jachère forestière (JF), Jachère à Chromolaena (JC), Champs de cultures mixtes (CM) et Vieille cacaoyère (PPV). Sur ces traitements, les mesures de biomasse ont été faites sur les arbres, le sous-bois, la litière et les racines. Les échantillons de sols ont été analysés pour les déterminations physico-chimiques. Le carbone total (TC/ha⁻¹) varie selon l'ordre décroissant suivant: PF (305), FS (251), PPV (184), JF (180), JC (101), et CM (67). Le stock du carbone du sol représente en moyenne 26% du carbone total du système PF, mais 93 et 78% sous CM et JC respectivement. A la conversion de la PF en CM, il y a perte de 97% du carbone total de la biomasse aérienne, contre une perte de 17% dans le sol. Après la mise en jachère des parcelles et leur reconversion en FS, la ré-accumulation du carbone est de 3,9 TC/ha⁻¹. an⁻¹ ($r^2 = 0,83$, $p = 0,001$). Plusieurs paramètres du sol ont montré une très grande variabilité à l'intérieur du système, en fonction du temps. Cette étude a produit un ensemble de données quantifiées qui peuvent être utilisées pour évaluer la qualité du sol en fonction de leur utilisation, et le coût du carbone séquestré par ces agro-systèmes.

Introduction

Slash-and-burn agriculture, which is practised for the production of annual food and perennial crops (cocoa, oil palm) is the main land use method adopted by small growers in Southern Cameroon, in order to make a living and generate a small income. In spatial terms, this agricultural practice results in the creation of a mosaic landscape (5), characterised by a spatial aggregation of land used as fallow for variable durations, fields

used for food crops, various perennial crop plantations and virgin forest. This agricultural system, which was previously seen as sustainable for under-populated tropical regions (11), is now considered one of the main causes of deforestation, soil degradation and spatial expansion to the detriment of the tropical rainforest (9, 10). According to Brown (2), this leads to a significant loss of carbon in the form of CO₂ and a

Institute of Agricultural Research for Development (IRAD), BP. 2123, Yaounde, Cameroon.

*Author (for correspondence): Rosaline Njomgang, IRAD Nkolbisson, BP 2123, Yaounde, Cameroon.

E-mail: njomgang@yahoo.fr

Received on 30.04.10 and accepted for publication on 13.09.11.

major temporal variation in soil characteristics.

Many research studies continue to focus on environmentally and economically viable alternatives to slash-and-burn agriculture in the tropics (1). The aim of these studies is to develop strategies with the aim of limiting or halting its destructive effects on the forest. However, it will only be possible to assess the impact of these alternative and promising strategies based on an effective assessment of factors associated with the vegetation dynamics and soil properties during the transition from a natural eco-system to other types of land use and vegetation cover.

This study therefore aims to evaluate the effects of slash-and-burn agriculture on the dynamics of Shifting Agricultural Systems (SAS), implications for nutrient cycling and organic carbon sequestration. The following questions prompted this research: What are the dynamics of SAS? How much carbon is sequestered in SAS compared to primary forests? How do soil parameters vary throughout the chronosequence of Land Use and Vegetation Cover Types (LUVV)?

Materials and methods

1- Location of study

The study focused on a site located between 2°20' - 4°30' N and 10°20' - 11°15' E in the humid forest zone of the Cameroon. The climate is characterised by two rainy seasons (March-June and September-November) and two dry seasons. The annual rainfall ranges from 1600 - 2000 mm, with an average temperature of 24 °C-25 °C. According to the World Reference Base for Soil Classification (4), approximately 95% of the soils are ferralsols and Acrisols. Less-developed and badly drained soils (approx. 5%) can be found in marsh zones (14). Slash-and-burn agriculture represents the main agricultural practice, without any additional fertiliser applications.

2. Descriptive approach to agricultural systems

At the study site, 200 households were interviewed using a questionnaire covering three priorities for the farmers (crop production, small animal farming and other socio-economic activities). Group surveys and direct observations in the field complemented the information obtained during interviews. The dimensions of cultivated and fallow fields were determined for the 35 farmers surveyed. Two hundred ninety-three fields farmed for three consecutive years were therefore measured in order to evaluate the spatial dynamics of these SAS. A synchronic approach to data collection was therefore combined with diachronic monitoring of 33 fields, which were observed for 7 years in order to identify any change in the use or development of the fallow land. Based on the description of LUVV types produced by Yemefack (18, Chapter 2), the treatments concentrated on three categories of fallow land of increasing ages (CF, FF

and SF), a forest field (FF), a mixed crop field (MC), in which the soil was sampled at the beginning and end of cultivation (sub-treatments MC1 and MC2), two types of cocoa tree plantation (*Theobroma cacao* L.) of different ages, including a tree of aged 7-9 years (YCP) and an old tree aged over 30 years (OCP) and primary forest (PF), which is seen as a control sample and starting part for all the changes. A total of 158 fields were studied during repeated treatments: CF [12], MC1 [27], MC2 [27], CF [12], FF [12], SF [12], PF [34], YCP [10], OCP [12] (the figures between brackets [] indicate the number of fields per treatment).

3. Study of biomass and organic carbon

In order to study organic carbon dynamics, six LUVV types (PF, SF, FF, CF, MC and OCP) were selected in the localities of Nkometou, Nkolfoulou, Awae II, Mvoutessi, Mengomo and Mekoe, distributed to the north and south of the study site. Data on above-ground biomass, understory vegetation, litter and roots were collected from each treated area within the blocks, according to the method described by Kotto-Same *et al.* (8). The amount of organic carbon produced by living vegetation has been estimated at 45% of dry biomass, while that produced by litter and roots has been determined as 60 °C in the IRAD laboratory in Nkolbisson, based on a sub-sample, which was ground after being dried in the heat chamber.

4. Soil samples and laboratory analyses

Composite soil samples were taken from each treatment at three depths (0-10, 10-20 and 30-50 cm) at the beginning of the study, based on a synchronous sequence and seven years later using a diachronic series. These soil samples were analysed in the IRAD soil laboratory in Nkolbisson (Yaoundé) in order to determine the following: pH, organic matter, assimilable phosphorus, exchangeable bases, exchangeable acidity and grain size, using the methods described by Van Reeuwijk (16).

5. Statistical analyses

In terms of statistics, the data obtained from the laboratory analyses was processed using SAS/STAT (12) and Ihaka *et al.* (6) software. A conceptual model for shifting agricultural system dynamics developed by Yemefack (18, Chapter 2) served as a reference for the evaluation of changes occurring within SAS over a period of time. Variance analyses (ANOVA) and average separation (method developed by Turkey'HSD) were used to describe the data and evaluate the changes occurring in the various LUVV types found in SAS, in terms of biomass, carbon stocks and soil characteristics.

Results and discussion

1. Dynamics of shifting agricultural systems

In shifting slash-and-burn agriculture systems, different fields are used for food crops (CF and MC)

Table 1
Comparison of carbon stock (T.C/ha) of primary forests between the six sites (n= 26)

Soil type	Village	Above-ground parts ($R^2= 59$, $p= 0.118$)	Under-ground parts ($R^2= 67$, $p= 0.056$)	Total ($R^2= 67$, $p= 0.053$)
Ferric Acrisol	Nkometou	224 a	77 a	301 a
Rhodic Ferralsol	Nkolfoulou	234 a	81 a	315 a
Acric Ferralsol	Awae II	246 a	85 a	331 a
Haplic Acrisol	Mvoutessi	214 a	71 a	285 a
Xanthic Ferralsol	Mengomo	204 a	71 a	275 a
Xanthic Ferralsol	Mekoe	236 a	88 a	324 a
Mean		226	79	305

N.B.: R^2 = coefficient of determination (ANOVA) and p = probability. The figures followed by various letters are significantly different level of $p < 0.05$

each season. New fields are created by clearing fallow land (SF, FF or CF) or a portion of primary forest (PF). The spatial distribution arising from the arrangement of these fields corresponds to what Forman (5) calls a “landscape mosaic system”, which consists of units of primary forest, fallow land of all ages, fields used for crops, perennial plantations and dwellings with their own gardens. Based on the conceptual model developed by Yemefack (18, Chapter 2), the following five cycles characterise the SAS:

- 1- The short-term fallow rotation system (SFR), based on the CF-MC-CF-MC-CF pattern;
- 2- The long-term fallow rotation system (LFR), based on the CF-MC-CF-FF-MC-CF-FF pattern;
- 3- Very long-term fallow rotation system (VLFR), based on the CF-MC-CF-FF-SF-CF-MC-CF-FF-SF-CF pattern;
- 4- The expansive agriculture system in the primary forest (EAS), based on the FV-CF-MC-PP pattern;
- 5- The system of definitively returning land to fallow (CF/MC-CF-FF-SF-FV and CF-MC-PP-FV).

Land use proportions (in terms of surface area and households) based on these various cycles are defined as follows: an average of 12% of food crop fields (MC) were originally EAS, but this applies to only 5% of households and does not include the portion of perennial fields. Over half the land and half of households are occupied by LFR systems. Seventeen and 11%, respectively, are used for VLFR, while a good proportion of land (19%) and households (32%) are used for SFR systems.

2. Organic carbon sequestration

Comparability of the six chronosequences: In order to evaluate the homogeneity and comparability of the six chronosequences in terms of carbon sequestration, variance analysis (ANOVA) and mean separation were applied to data collected exclusively from primary forest (PF), which was used as a base reference for the six sites. The results of these analyses are shown

in table 1. No significant difference could be observed at a probability level of $p < 0,05$ in terms of carbon variations in the above-ground and under-ground primary forest at the six sites. Based on these results, we considered that the six sites were very much comparable and the other analyses focused directly on averages from the six chronosequences.

Carbon stock dynamics in SAS: Figure 1 shows the results for carbon stocks in various systems, as distributed between the trees, undergrowth, litter, roots and soil (in the 0-50 cm layer). Total carbon from the PF system amounts to an average of 305 T.C/ha⁻¹ at the six sites, with almost 65% contained in tree biomass. However, the average total carbon produced by the shifting agricultural landscape is only 157 T.C/ha⁻¹, which is half that stored in PF. This value obtained from agricultural systems in Southern Cameroon remains slightly higher than that (140 T.C/ha⁻¹) reported by Brown (2) for other tropical forests. This is justified by the fact that, based on the agricultural practices encountered in Southern Cameroon, many

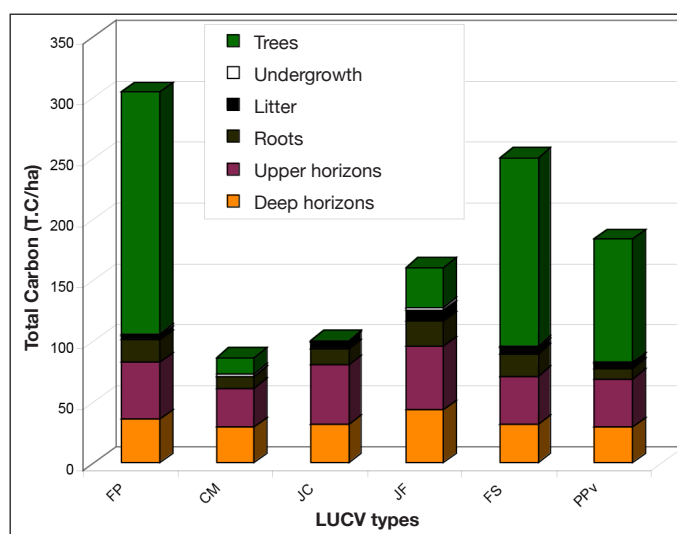


Figure 1: Distribution of carbon stock in various pools for each LUCV type.

Table 2
Statistical summary of properties within the SAS (sample population n= 155)

	Water pH	Organic C (%)	Ca	Total acidity ----- cmol+/kg -----	Total bases	Saturation in Bases (%)	Available P (ppm)	Clay (%)	Apparent density (g/cm ³)
0-10 cm									
Minimum	3.2	1.04	0.16	0.04	0.6	4	2	14	0.63
Mean	4.9	2.98	2.31	2.35	5.3	53	10.5	29	1.12
Difference	5.0	2.70	1.38	2.11	22.1	148	84.6	63	0.88
Maximum	8.2	10.90	10.7	9.15	22.7	152	86.6	67	1.51
Standard deviation	1.08	1.50	2.39	2.31	4.1	34	11.6	13	0.19
Standard error	0.09	0.12	0.19	0.19	0.33	2.7	0.93	1.04	0.02
Bias (skewness)	1.06	1.92	1.75	1.11	1.2	0.36	4.37	0.45	-0.34
Flattening (Kurtosis)	0.43	6.51	2.41	0.62	1.3	-0.83	22.26	-0.10	-0.28
Coef. Variation (CV%)	22.2	50.2	104	98.5	77.9	64.5	110	45	17.1
10-20 cm									
Minimum	3.3	0.30	0.01	0.04	0.33	2	1	16	0.91
Mean	4.8	1.40	0.76	3.18	2.25	36	3.4	35	1.29
Difference	4.5	1.30	0.52	14.14	12.65	103	11.3	64	0.77
Maximum	7.8	3.70	3.55	14.18	12.98	105	12.3	70	1.68
Standard deviation	0.92	0.72	0.69	2.4	2.05	32	1.74	14.3	0.17
Standard error	0.07	0.06	0.06	0.19	0.17	2.5	0.14	1.15	0.014
Bias (skewness)	1.22	0.95	1.76	1.03	2.59	0.95	1.94	0.08	-0.09
Flattening (Kurtosis)	0.78	1.02	2.79	2.54	8.92	-0.69	5.97	-0.56	-0.40
Coef. Variation (CV%)	19.4	50.2	90.6	75.3	91.2	87.1	51	41.3	13.1
30-50 cm									
Minimum	37	0.20	0.01	0.08	0.33	4	1	20	nd
Mean	4.9	0.81	0.57	2.9	1.4	27	1.6	43	nd
Difference	3.9	0.84	0.36	6.8	5.1	127	6.2	71	nd
Maximum	7.6	1.70	2.81	6.9	5.4	131	7.2	77	nd
Standard deviation	0.73	0.32	0.60	1.62	1.16	27	1.04	14	nd
Standard error	0.06	0.03	0.05	0.14	0.10	2.3	0.09	1.23	nd
Bias (skewness)	1.35	0.08	2.13	-0.35	1.82	1.7	2.48	-0.29	nd
Flattening (Kurtosis)	1.68	-0.44	4.00	-0.70	2.60	2.1	7.74	0.15	nd
Coef. Variation (CV%)	14.9	39.5	105	56	83.4	98.7	64.8	33.1	nd

Key: nd= not determined.

large trees are generally allowed to continue growing in agricultural fields.

Crop fields produce the lowest total quantity of carbon from the system (67 TC.ha⁻¹), which is equivalent to a carbon stock loss of almost 80% due to the cultivation of forest land. The most vulnerable carbon pool in this conversion is the above-ground biomass. Kauffmann *et al.* (7) reported a similar situation in parts of the Amazon rainforest that have been converted to pasture.

The total amount of soil carbon represents 26% of the total stock in the primary forest and is subject to very little variation within the shifting agricultural landscape. Other authors believe, however, that this variation in soil carbon, though insignificant compared to that for above-ground biomass, must not be neglected. This

relative stability of soil carbon during forest conversion cannot, however, be used as an effective indicator for soil fertility in this region (8).

During the fallow period, carbon accumulation is very rapid. Based on the estimate produced according to the age of various LUVIC types, a mathematical regression model has been developed by correlating the fallow period and total system carbon. This regression shows that 77% of the total carbon stock variation could be explained by the fallow period duration. In these secondary forests, 85% of the total carbon stock is recovered. The old cocoa plantation, considered by Kotto-Same *et al.* (8) to be the best alternative to slash-and-burn agriculture, produces 60% of total system carbon compared to primary forest.

3. Temporal variability of soil property dynamics

Property variability in SAS: Table 2 summarises the statistics for several soil variables studied in SAS. With a few exceptions, all the variables showed a positive bias with very low coefficients, ranging from 0.08 - 2.5. This means that the average for each variable is slightly greater than the median. But this original data has not been converted in any way, as variance analyses are fairly insensitive to slight deviations from the norm (17).

The variation coefficients (CV%) are fairly high (between 50 - 110%) for most of these properties. This shows that these variables are very sensitive to the effects of the different LUVIC types in SAS. Most of these variables show major variations on upper soil horizons (0-20 cm). This effectively supports the hypothesis, according to which the effects of shifting agricultural practices are more effective on the surface (19). The available P is the most variable and worst structured element on upper horizons. Only soil properties that are greatly influenced by the cinders produced by burning vegetation (pH, total bases, calcium, etc.) show fairly high variation coefficients at lower depths. This could provide us with information concerning the cinder disintegration process, which leads to rapid leaching and vertical cation movement. The works of Cattle *et al.* (3) in Australia have also shown that pH, electrical conductivity, soil acidity and organic matter were most affected by the cultivation of a Rhodoxeralf. These changes, though short-term, have the advantage of improving several chemical aspects of soil fertility, if only during the cultivation period.

Variance analyses and average separation confirmed the sensitivity of most soil variables to the effects of LUVIC types. The variables that showed greater sensitivity are shown in table 3 for the two soil types

found at the study site. The mixed crop fields showed significant differences for all variables. Agricultural practices thus have a significant influence ($p < 0.05$) on variations in upper soil layers (0-20 cm). Their effects explain almost 30-35% of the total variance affecting soil property variations in the region (20). This suggests that research focusing on appropriate management practices for these resources must concentrate on the factors and processes, which arise on the agricultural land where the soil variation is mainly due to dynamic factors, such as slash-and-burn agriculture.

Dynamic trend analysis: Several properties of the two soil types (ferralsols and acrisols) are significantly sensitive to the effect of LUVIC types on the first 20 centimetres of soil. These properties showed the same variation trends, but with variable rates of change for some soil parameters. Despite the fundamental difference between the two soil types, all the variables change with the same tendency and significantly (at $p < 0.05$) between the LUVIC types (Table 3 and Figure 2). Exchangeable aluminium, organic carbon and granulometric clay content decrease in the primary forest (PF) at the end of cultivation (MC2) and increase during the fallow period; pH, calcium, assimilable phosphorus and apparent density vary in the opposite direction. The analogous tendencies affecting soil property dynamics in SAS had been observed and reported at other sites in Cameroon's humid forest zone and even elsewhere (13, 19). Figure 2 shows these variations affecting some ferralsol properties during the various cultivation-fallow phases and on perennial plantations.

The soil's short and long-term response to LUVIC types throughout a chronosequence has shown two

Table 3
Soil property variation (0-20 cm) according to LUVIC type within the shifting agricultural landscape

Soil and LUVIC types	Water pH	Organic carbon (%)	Ca	CECE ----- (cmol.kg ⁻¹) -----	Exchangeable Al	Assimilable P (ppm)	Clay (%)	Apparent density (g/cm ³)
<i>Ferralsols (n=16)</i>								
Primary forest (PF)	3.8 a	2.6 a	0.52 a	9.8 a	8.2 a	7 a	39 a	1.08 ab
Crop fields (CF)	4.9 b	1.6 b	2.19 c	5.7 b	0.5 b	17 b	28 b	1.23 de
Chromolaena fallo (CF)	4.5 b	2.1 ab	1.42 b	5.2 b	1.3 c	8 a	33 a	1.17 cd
Forest fallow (FF)	3.9 a	2.3 b	0.69 a	4.4 c	2.4 c	7 a	37 a	1.12 bc
Secondary forest (SF)	3.8 a	2.6 b	0.40 a	5.1 bc	3.5 d	7 a	39 a	1.01 a
Old Cocoa Plantation (OCP)	4.5 b	1.8 ab	0.51 a	4.2 c	1.8 c	5 a	29 b	1.29 e
<i>Acrisols (n=9)</i>								
Primary forest (PF)	5.7 a	2.1 b	3.21 bc	8.1 a	0.2	6 a	22 a	1.22 bc
Crop fields (CF)	7.2 b	1.6 c	5.54 a	14.4 b	0	16 b	15 b	1.42 a
Chromolaena fallow (CF)	6.8 b	2.6 a	4.50 ab	11.4 b	0	7 a	15 b	1.28 bc
Forest fallow (FF)	5.4 a	2.3 a	2.67 c	6.6 c	0	4 a	18 ab	1.40 a
Secondary forest (SF)	5.7 a	2.1 b	3.60 bc	7.9 ac	0	6 a	19 ab	1.20 c
Old cocoa plantation (OCP)	6.4 b	2.4 a	5.49 a	8.6 a	0	3 a	23 a	1.31 b

These values are based on least square averages. Values followed by the same letter in the same column are not significantly different from over 95% confidence according to the Tukey's HSD test.

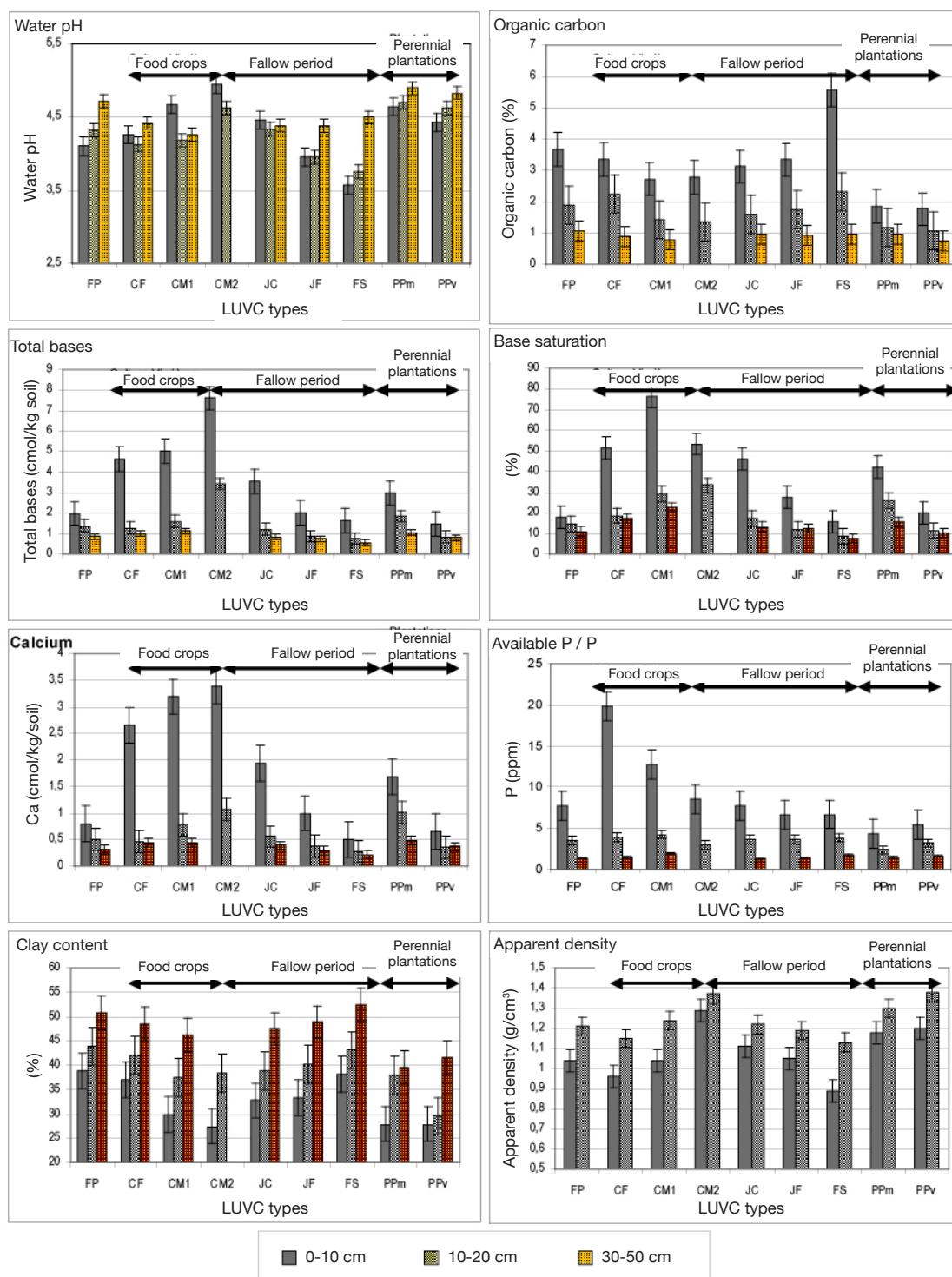


Figure 2: Effects of LUVLC types on physico-chemical properties of the Ferralsols studied.

Key: FF= Start of forest field; MC1= Start mixed crop field; MC2= End of mixed crop field; CF= Chromolaena fallow =3-5 years; FF= Forest fallow =7-9 years; SF= Secondary forest>15 years; PF= Primary forest; c= young cocoa plantation (YCP) =5-7 years; OCP= old cocoa plantation >30 years.

phases (Figure 2): an initial change with clearance and biomass burning, which continues into the initial cultivation phase; and a change in the opposite direction, frequently following the final cultivation stage, but regularly during the fallow or PP period. The first change corresponds to the effects of burning and cinders, which act in the same way as lime and increase the pH, calcium, assimilable phosphorus and

apparent density. The organic carbon behaves in the opposite way, with an initial decrease, probably due to the rapid mineralisation of organic matter due to the effects of burning and tillage. The opposite trend in the dynamics of all these properties confirms the value of fallowing in terms of rehabilitating degraded soils.

These variations also indicated a very early reaction

to the conversion of the PF, in terms of calcium, assimilable P and organic carbon, which peaked at the end of the first year of cultivation. However, the reaction of the soil and apparent density change slightly later. The overall tendency of the organic carbon dynamics indicates that a significant reduction during the short cultivation period confirms the results obtained by Van Noordwijk *et al.* (15) using soils from a similar environment in Sumatra.

In general, an imbalance emerges between the biomass and soil property distribution. This may indicate that a good proportion of nutrients supplied by the cinders produced by burning are lost due to leaching and erosion processes. Therefore, in poor soils like those found at our site, slash-and-burn agriculture substantially helps increase the soil nutrient stock based on forest biomass reserves; this results in an increased soil pH, assimilable phosphorus and exchangeable bases.

Conclusion

On average, the shifting agricultural systems (SAS) found in Cameroon's humid forest region sequester half the total carbon produced by the primary forest. However, this value remains comparable to the quantity produced by some types of forest due to the presence

in this agricultural system of large trees, which the farmers allow to continue growing in cultivated fields. Within the SAS, the organic carbon and nutrient stock are highly dynamic; it involves the highly significant changeover from forest to cultivated fields and vice-versa during the fallow period. Seventy-seven percent of the total carbon stock sequestered during the fallow period is a linear indication of the fallow age ($p=0.001$). When forests are converted into agricultural land, an enormous quantity of nutrients stored in the above-ground biomass is lost due to clearance and burning. The above-ground biomass is then rapidly rehabilitated during the fallow period and after 15-20 years, eighty percent of the total carbon stock is recovered from the fallow land compared to primary forest. This potential for carbon dynamics provides SAS with a major source of sequestered carbon. Soil properties are significantly affected by this agricultural practice in the upper layers. The region's empirical method of soil management can be seen in two consecutive phases: an organic matter destruction phase linked to substrate cultivation and an organic matter rehabilitation phase linked to fallowing. Effective management of the soil property behaviour during these phases may be useful when it comes to making decisions aimed at improving agricultural strategies.

Literature

1. Brady N.C., 1996, Alternatives to slash-and-burn: a global imperative. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **58**: p. 3-11.
2. Brown S., 1997, Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. FAO Forestry Paper 134. Rome: FAO.
3. Cattle S.R., Koppi A.J. & McBratney A.B., 1994, The effect of cultivation on the properties of a Rhodoxeralf from the wheat/sheep belt of New South Wales. *Geoderma*, **63**, 3-4, 215-225.
4. FAO-ISRIC, 1998, World Reference Base for soil resources. Rome: FAO.
5. Forman R.T.T., 1995, Land mosaics: the ecology of landscapes and regions. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
6. Ihaka R. & Gentleman R., 1996, R: A language for data analysis and graphics. *Journal of Computational & Graphical Statistics*, **5**(3): p. 299-314.
7. Kauffman J.B., Cummings D.L., Ward D.E. & Babbit R., 1995, Fire in the Brazilian Amazon: 1. Biomass, nutrient pools and losses in slashed forests. *Oecologia*, **104**: 397-408.
8. Kotto-Same J., Woome P.L., Moukam A. & Zapfack L., 1997, Carbon dynamics in slash-and-burn agriculture and land use alternative of the humid forest zone in Cameroon. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **65**, 245-256.
9. Mertens B. & Lambin E.F., 2000, Land-cover change trajectories in southern Cameroon. *Annals of the Association of American Geographers*, **90** (3), 467-494.
10. Oldeman L.R., Hakkeling R.T.A. & Sombroek W.G., 1990, World Map of the status of human-induced soil degradation: an exploratory note. Wageningen: ISRIC/UNEP Nairobi. 27.
11. Sanchez P.A., 1977, Soil management under shifting cultivation., in A review of soils research in tropical Latin America, P.A. Sanchez, Editor. North Carolina State University: Raleigh, USA.
12. SAS Institute Inc., 1997, SAS/STAT Software release: changes and enhancements through release 6.12. SAS Institute INC: Cary, USA.
13. Tulaphitak T., Pairintra C. & Kyuma K., 1985, Changes in soil fertility and tith under shifting cultivation: changes in soil nutrient status. *Soil Science & Plant Nutrition*, **31**, 2, 239-249.
14. Van Gemerden B.S. & Hazeu G.W., 1999, Landscape ecological survey (1:100 000) of the Bipindi-Akom II-Lolodorf region, Southwest Cameroon. *Tropenbos-Cameroon Documents 1*. Wageningen, The Netherlands: The Tropenbos Foundation. 164 p.
15. Van Noordwijk M., Cerri C.C., Nurgroho K. & Bernoux M., 1997, Soil carbon dynamics in the humid tropical forest zone. *Geoderma*, **79**, 187-225.
16. Van Reeuwijk L.P., 1993, Procedures for soil analysis. 4th edition ed. Technical paper. Wageningen, The Netherlands: ISRIC.
17. Webster R., 2000, Statistics to support soil research and their presentation. *European Journal of Soil Science*, **52**, 331-340.
18. Yemefack M., 2005, Modelling and monitoring soil and Land use dynamics within agricultural landscape mosaics systems in southern Cameroon, in ITC Dissertation 121. ITC Enschede and Utrecht University: Enschede, The Netherlands. p. 196.
19. Yemefack M., Nounamo L., Njomgang R. & Bilong P., 2004, Influence des pratiques agricoles sur la teneur en argile et autres propriétés agronomiques d'un sol ferrallitique au sud Cameroun. *Tropicultura*, **22**, 1, 3-10.
20. Yemefack M., Rossiter D.G. & Njomgang R., 2005, Multi-scale characterization of soil variability within an agricultural landscape mosaic system in southern Cameroon. *Geoderma*, **125**, 1-2, 117-143.

Rosaline Njomgang, Cameroonian, Doctorate in Soil Chemistry, Director of Research at the Institute of Agricultural Research for Development (IRAD), Yaounde, Cameroon.

M. Yemefack, Cameroonian, Ph.D. in Soil Science and Spatial Modelling, Senior Research Fellow at the Institute of Agricultural Research for Development (IRAD) and researcher for scientific cooperation at the Ministry of Scientific Research and Innovation (MSRI), Yaounde, Cameroon.

L. Nounamo, Cameroonian, Ph.D. in Production Systems, Senior Research Fellow at the Institute of Agricultural Research for Development (IRAD), Yaounde, Cameroon.

A. Moukam[†], Cameroonian, MSc. in Pedology, Director of Research at the Institute of Agricultural Research for Development (IRAD), Yaounde, Cameroon.

J. Kotto-Same[†], Cameroonian, Ph.D. in Pedology, Director of Research at the Institute of Agricultural Research for Development (IRAD), Yaounde, Cameroon.

NOTES TECHNIQUES

TECHNISCHE NOTA'S

TECHNICAL NOTES

NOTAS TECNICAS

Intensive Rice Farming in MadagascarH. De Laulanié¹

Keywords: Rice- Irrigation- Intensive- Density- Management- Yields- Madagascar

Summary

The paper describes a technique set up in Madagascar for rice production. It is based on irrigation with a minimum quantity of water and the transplanting of very young seedlings (from 15 to 10 or even 8 days) set individually (no tuft). The spacings vary according to local conditions, from 25 x 25 cm (at 1200 m a.s.l.) to 40 x 40 cm at sea level. Yields went from 2 tons paddy per hectare to 8 or even 12 tons with local varieties. Varieties obtained by selection were not more productive than the local ones under rural production techniques in the country.

Résumé**Le système de riziculture intensive**

L'article décrit une méthode mise au point à Madagascar qui a fait ses preuves depuis une quinzaine d'années en riziculture irriguée. Elle repose essentiellement sur une irrigation avec un minimum d'eau et sur le repiquage de plants très jeunes (de 15 à 10 voire 8 jours) et individuelle (pas de touffe). Les écartements varient selon les conditions climatiques locales et vont de 25 x 25 cm (plus de 1200 m d'altitude) à 40 x 40 cm au niveau de la mer. Les rendements sont ainsi passés de 2 tonnes de paddy par hectare à 8 voire 12 tonnes avec les variétés locales. Les variétés sélectionnées n'ont pas montré d'avantages dans les conditions de cultures locales.

Introduction

The present paper is the results of applied research in rice farming in Madagascar. The common practices, which varied greatly depending on the region, were based on slogans such as "water is food to rice" or "water fertilizes the soil". Moreover most farmers believed that the success of the harvest had more to do with the ancestors' and the Creator's good will than with farming practices.

Because of the author's initial technical incompetence and thus absence of conventional ideas, two facts became obvious very quickly: Rice is a plant with high tillering potential, and good harvests are linked to good soil aeration. Transplanting one by one three-week old plants coming from sparsely seeded nurseries and practicing systematic drainages, particularly during weeding, caused the harvest to double without even changing the manure or the cultivated varieties.

In November 1983, a nursery located at 1,500 m altitude, near Antsirabe, and which could not be enlarged in time, was supposed to supply the seedlings to be transplanted in rice fields that had doubled in size. As a result, two waves of seeding were carried out in one month, and the seedlings were transplanted at 15 days. This was an unprecedented

practice, at least at this altitude, but the result was such that this exceptional practice became the rule. As early as 1984 two-week old seedlings were sold to rice farmers from the plateau.

Madagascar is located between 12° and 24° latitude south and 45° and 49° longitude east, 40 km off the African coast. The total surface of the country is 587,040 km², of which 5% is arable land and 58% is pasture. The population was 11,240,000 inhabitants in 1988, and the national gross income totaled \$ 210. The central plateau has an average altitude of 1,200 m and is characterized by a dry tropical climate (average temperature 13°-19 °C, rainfall 1,000 to 2,000 mm per year, dry season from May to October). The coastal areas, the eastern side in particular, are hotter and more humid. The south is very dry.

Rice farming is very important as Madagascar ranks 5th in the world in terms of per capita consumption – 136 kg/year, or 0.375 kg per person per day. In 1990, according to FAO statistics, rice was cultivated on 1,150,000 ha with an average yield of 2,087 kg/ha, compared with 1,738 kg/ha in 1979-1981.

¹Collège St Michel, B.P. 3832, 101 Antananarivo, Madagascar.
Received on 13.05.93 and accepted for publication on 06.09.93.

Emerging system

Members of the group that had planted the first crop as well as some neighbors went further and transplanted 12-, 10-, 9-, and even 8-day old seedlings individually at increasingly bigger intervals in rice fields with light, aerated subsoil. The tillers increased from 20-25 to 60-80, and the yields rose proportionally.

To help rice farmers try the new system and check its possibilities, they were encouraged to keep their current varieties as well as their usual manure and to avoid using mineral fertilizers (very expensive in relation with the price of paddy). Within five years results indicated that previous yields – two or three tons per hectare, often less – were multiplied by two or three, quite often by four or five, and sometimes even by six or seven. These observations were all the more surprising that the quantity of seeds used previously were divided at least by three or four, but frequently by twenty or thirty. Besides the rice fields that used to be considered as very poor ended up producing harvests bigger than the traditionally very good harvests.

Until early 1988 no scientific explanation had been brought up to account for these results. Most often the staff working for the official services of rice farming education and research denied the results for the simple reason that these were claims from peasants and “helpers” who had “no education or scientific monitoring equipment”. However they refrained from verifying those claims on the field and felt no obligation to take position. Fortunately this did not stop rice farmers from continuing their new practices.

The book by D. Moreau concerning the “analysis of rice yield” published by the GRET (Paris) in 1987 offers a first insight with “Katayama’s tillering model” – named after the Japanese researcher who established this tillering model before or around 1960. Two years were necessary to transform this tillering model into statistics that could be analyzed mathematically. The rice physiology made it clear that very young seedlings needed to be transplanted in order to have many tillers. A scientific truth had finally come to light.

A seminar held in Tananarive in December 1991 and focusing on rice cultivation in low-lands helped to explain why the SRI (*Système de Riziculture Intensive*, or Intensive Rice Farming System) can find fertilizing elements in the soil that other systems cannot tap.

Less than ten years after its first set-up (April-May 1984 harvest), the SRI can be said to have grown into adulthood. It has conquered the high lands of Madagascar since it has been declared the official rice farming system in June 1982 and its mission is to bring the country to self-sufficiency by 2000. Rice farmers are still enthusiastic, and application tests have started on the coasts where the climate is warm and tropical.

SRI and Rice Farming around the World

Until 1972 rice farming research was carried out in Madagascar but without being very much advanced. The Research Institute in Tropical Agriculture pursued research mostly in the area of mineral fertilization. From 1972 on the agricultural research in Madagascar, just like scientific research in general, was choked. Many French researchers left and the Madagascans who wanted to work with a minimum of freedom – theoretical or practical - went into exile while a heterogeneous yet greedy Nomenclatura seized the power and obliterated all previous progress. All the financial efforts consented by international organisms failed due to embezzlement of all kinds and at all levels of power. There ensued a time of nearly total isolation from international research for those who worked at national level, and even more so for those cooperating with peasants.

Today, as soon as SRI is mentioned, the answer is automatic: “Your system is well-known and used around the world. Katayama’s model has been the focus of articles since the 1960’s. In fact it has become outdated and has been improved by Japanese researchers. Today the IRRI (International Rice Research Institute) has become the world leader in rice farming research. You need to address this institute if you wish to be updated in this sector.”

The IRRI has a branch in Madagascar and is aware of SRI’s existence. Unfortunately many prominent international experts read only superficially the documents that are submitted to them – whether by lack of time or because they do not think that major progress in agriculture can be initiated by simple peasants.

Therefore the reader is encouraged to follow very exactly the precise instructions given below before judging and criticizing them. Thus, transplanting shoots one by one means that every rice plant that has been transplanted comes from a single paddy seed. If two paddy seeds, and thus two plants, are transplanted at the same time, this is not SRI. “How important is this? If one dies, the other one will take over. In fact that advice is given by Vergara in the rice farming practical manual from IRRI.” Although that book is full of good advice and Mr. Vergara is very competent, the SRI contradicts him on several points as can be seen from many rice fields in Madagascar by whoever wants to look and see without preconceived ideas.

First let’s compare scientifically the transplanting of very young shoots (eight days after seeding), one by one and at great intervals (less than 20 per m²) with any other system, all other things being equal and under the condition that the rice field soil be permanently aerated.

Presentation of the system

The first essential condition for SRI to be successful is

to apply minimal water irrigation. The rice plants must have all the water necessary for their physiological and nutritional maintenance, but nothing more. "Saturating" water, i.e. water that stays in the ground without being fixed and that runs off because of gravity whenever possible, is unnecessary and even harmful as it can prevent roots from accessing the oxygen from the air. The ideal irrigation is rainwater, because it fills up with oxygen as it crosses the atmosphere and it pushes even further into the rice field the air oxygen that had found its way into the loose soil. In order to be defined precisely this minimal water irrigation should be studied scientifically.

As a matter of fact the tables concerning the water needs of rice that are found in manuals are quite insufficient. Rice is indeed a very plastic plant, which can resist a 24-hour (and more) total immersion in water as well as several day-long droughts. In the case of parasites, the farmers themselves should consider whether to flood the field in order to eliminate the latter or not depending on the risks linked to present parasites and those due to flooding the field.

The second crucial condition for successful SRI is transplanting very young seedlings one by one. The distance between seedlings seems to depend on the temperature. Apparently the soil quality does not play an important role, maybe because tillering allows roots to explore greater soil volumes and thus to ensure better plant nutrition.

To date no difference between varieties has been noticed despite such statements in the literature, but this does not mean that future differences might not appear with a more precise technical follow-up. Above 1,200 meters of altitude (1,500 m at the equator), the novice SRI rice farmer is advised to transplant seedlings at a distance of 25 cm X 25 cm, which makes 16 plants per square meter, and 160,000 per hectare. At 25 g per thousand seeds (very often exceeded in Madagascar) this makes 4 kg of paddy used and roughly 5 kg seeded in a nursery for 1 hectare. At 30 g per thousand seeds, 5.5 or 6 kg are seeded in nurseries. Later on the rice farmer should plant every 30 cm X 30 cm (11 plants per m²) or even every 33 cm X 33 cm (9 plants per m²).

At sea level, in hot tropical climate, 30 cm X 30 cm spacing is required, especially in summer, but the farmer can even try 40 cm X 40 cm spacing (6.25 plants per m²). To obtain 600 panicles per m², 40 tillers are needed on average with 16 plants, 55 tillers with 11 plants, and 70 with 9. Vergara's manual recommends 350 panicles as maximum.

No fear need arise concerning the rice ears as the panicles are thicker and the seeds heavier with SRI than traditionally. This is the reason why each plant needs to be transplanted one by one to avoid competition and to help each and every seedling to use up its nutrients for production. In SRI tillers do not regress, but each plant regulates the number of

panicles it can grow.

Using very young seedlings is required because of the phyllochron, which is the time interval separating the successive emergence of two leaves on the same stalk. In Madagascar the phyllochron is estimated at 5 days at sea level, 6 days at 750 m altitude, and 7 days at 1,500 m altitude for precocious varieties. The first leaf emerges out of the coleoptiles 4 to 7 days after germination depending on temperature conditions.

The first tiller from the first level, out of which a third of all tillers will grow, emerges after 3 phyllochrons, i.e. about 19 to 28 days after germination. Crucially the growth of the first tiller should not coincide with a traumatizing event, such as transplanting the shoot or even – though this is less obvious – weeding. Thus we believe the deadline for transplanting corresponds to the end of the second phyllochron, about 14 to 21 days (depending on the phyllochron length) after sowing and hence 11-12 to 18 days after seeding in the nursery. However the younger the seedling, the faster it recovers from transplanting (healing of wounds, replacement of root elements left in the soil, rebuilding of plant reserves necessary for first tiller growth).

The physiological trauma induced by transplanting and its recovery have not been studied thoroughly. Consequently one ought to transplant rather too early than too late, and the experience of workers on the field confirms this. This explains also why late transplanting (in SRI) can lead to excellent results, if the transplanting was done with great care.

Complementary techniques

In our opinion SRI as such is restricted to the very two techniques described earlier. The following techniques are not essential, but SRI followers choose them almost spontaneously because they consolidate the results of the system.

A traditional technique from the mountains of central Madagascar, the **garden nursery** consists in seeding pre-germinated paddy on a garden plank (or the equivalent) and watering it every night. The seed is covered with a thick layer of matter that holds back humidity and protects against temperature variations. There is no consensus whether this nursery needs to be fertilized. New studies should be carried out to examine the rice plant's progressive autonomy from the seed during germination. More importantly, however, this nursery can be started anywhere, to the extent that it is well cared for and protected. The seeding density can reach 5 to 10 kg per are, with 7 to 8 kg being a good average. As a result, half an are to one are of nursery is sufficient to transplant one hectare of SRI paddy.

Transplanting "**fully dressed**" seedlings is another technique. Increasingly the soil of the seedling bed – up to 4 or 5 cm thick – is taken with the seedling and transported to the field where the seedling is

transplanted with the soil of its bed. The transplanting is done in sticky mud. Very skilled rice farmers might be able one day to use a dibber, but it has not been the case yet.

A first round of **early weeding** is recommended one week after transplanting and must be continued every week until the field has not been covered. The rice field will be all the cleaner if it has been prepared with care (stomping). Instead of the traditional rotary plow, farmers use a forked hoe, which is cheaper and closer to gardening equipment.

Some trouble spots

SRI brings less trouble to the rice farmer than can be thought at first sight. It requires more care but fewer efforts. Nurseries are four- to six-fold smaller. The seedlings are light and do not weigh much in the hand. The well spaced transplanting requires fewer seedlings.

Square or rectangular transplanting however is a real difficulty. It must be done either with a row marker or with a system of ropes and marking.

Mechanical weeding in both directions can suppress completely the need for manual hoeing, except during jointing (*Echinochloa*, *Carex*, etc).

Leveling. Previously rice fields were easily leveled within a 5- to 10 cm- range. The thick water cover concealed the differences. However a more precise leveling is required when only one or two centimeters of water are used – outside drainages – in order to get the best use of rainwater, although this has not become mainstream among Madagascar rice farmers.

Controlling water also means that valleys need to be drained differently than with irrigation canals. The water must arrive directly to each parcel and not flow from one plot to the next. Although this was an old recommendation, it was never put in practice. SRI demands it, and this will be beneficial in any case. Draining during the whole vegetative period is an important element for roots to oxygenate. Channeling water during the reproductive season depends more on climatic conditions and needs to be studied.

Finally **strict management** and **continuous attention** are vital. This is the big revolution. The time is gone when rice farming was a haphazard job, when rice fields overflowed, when they were weeded one to two months late, transplanted carelessly with tufts ranging from 2 (very rarely) to 10 or more per m², and spaced variably depending on the transplanting machine. As far as transplanting depths were concerned, these reached very often 8 cm in high altitude rice fields although they were claimed to be only 2 to 3 cm deep. Such practice is no longer possible with 3- to 6-cm seedlings.

SRI is as much a revolution in farming methods as a cultural revolution in the rice farmers' minds.

Problems to be solved

Naturally some problems have yet to be solved in SRI, as in other systems. The ones described hereafter are often mentioned by specialists as well as practitioners. Discussing them will help circumscribe what SRI is.

SRI and dapog nurseries. Dapog nurseries are traditional in the Philippines and consist in seeding at high density (20,000 seeds per m²) banana leaves (or plastic sheets) covered with humidity-retaining material. They are named after the Philippine tribe that uses this technique habitually.

The SRI garden nursery is similar to the dapog nursery in that seedlings are watered every day, they are transported directly to the rice field with the surrounding soil, and they are transplanted at a very young age. However seedlings in SRI are transplanted one by one whereas dapog seedlings have entangled roots and thus are transplanted in clumps. Dapog seedlings that would be transplanted one by one at the same age and with the same spacing would be considered SRI. The entangled roots would likely make the transplanting operation more difficult than with the garden nursery.

Direct planting of pre-germinated seeds

Nothing really prevents the farmer from transplanting pre-germinated seeds instead of very young seedlings; it would mean in fact transplanting at the earliest possible age. However this operation runs into practical problems. The seeds have to be sorted out after germination to remove those that have not germinated – a possible yet time-consuming and even tedious stage for some individuals.

Putting in the ground the seeds collected from the previous operation and maintained under proper humidity conditions turns out to be difficult. When few-day old seedlings are transplanted with the soil around their roots, they remain close together thanks to the dirt clump while easy to identify thanks to the budding green leaves. The body bends in a similar way when a seedling or a seed is put in the ground, but the latter is less easy to keep in the palm of the hand. Once it has fallen, the seed is hard to spot in the mud of the rice field. Moreover when the operation is stopped accidentally and can be resumed only after some time, the farmer will have more trouble in identifying the last spot that was seeded than when a shoot – even as little as 3 cm long – is apparent.

Another objection regards the delay in weeding due to the difficulty in seeing the planted lines. Consequently the rice fields need to be prepared more carefully and weeded more thoroughly. At that moment putting in the ground pre-germinated seeds at regular intervals would likely be the most efficient system to produce very

high tiller rates and, with total watering control, record yields. In countries with high mechanical technology, among which countries with Mediterranean climate, high precision seeders should be designed to plant one by one the pre-germinated seeds. The remaining obstacle would be sorting out the pre-germinated seeds mechanically or electronically.

Applying SRI in rainfed rice fields

The seeders described in the previous paragraph would be more suited for rainfed than for irrigated rice farming. SRI, on the other hand, can be used without problems in rainfed rice farming in two situations: The first one requires regular and sufficient rainfall for a month and a half, until the rice plant roots are deep enough to resist a period of drought. The second one entails an irrigation system capable of compensating insufficient rainfall for the same time lapse. The latter situation is hard to apply in Madagascar countryside, but the first situation could be possible on the east coast provided that rainfed SRI be integrated in a farming system with improving pulses protecting against erosion and maintaining fertility.

Selecting cultivars

The SRI practice in Madagascar for the last eight years has not indicated so far that the selected varieties are superior to the traditional ones. In altitude there is only one rice harvesting season, and phenomena of photoperiodism can be observed, but their impact is low. The so-called "early rice" is seeded in April – May and transplanted in August – September, but it is found almost always in rice fields with no water control, which are unfit for SRI. The priority in those paddies is to harvest the rice before the rain season's floods (from late December to early January). Surprisingly all varieties, traditional or selected,

responded to SRI similarly, with yields reaching over 10 tons per hectare, without adding any mineral fertilizers. A natural selection will occur over time undoubtedly, particularly when fertilizing becomes a necessity to maintain such high yields, but this will take some time – 15 to 20 years. However problems occur quickly at low altitude, where double or triple harvests are expected: The traditional varieties, probably originating from Indonesia, are sensitive to photoperiodism as flowering is linked to the equinox. Those varieties follow a fixed yearly pattern, and other day-neutral varieties are necessary for the second and third harvest.

The high yields observed with local plants in fact contradict an article published in Madagascar in 1988, which stated that rice farming in Madagascar could not produce intensive results because of the absence of selected varieties that could bear such results.

This position is unfortunately often widespread although many examples are there to show that we need to master production techniques first before calling on to genetics. Improving the management and the methods leads almost always to increased yields, until a ceiling has been reached. At that moment selecting higher performance varieties makes sense, but these will develop their full potential only if the techniques have been totally mastered, so that mastering production techniques ought to be the first step. The name *Système de Riziculture Intensive* was chosen because it has used local as well as improved varieties (some of them present in Madagascar for over 20 years) with success.

The SRI projects were made possible thanks to the NGO Tefy Laina, B.P. 1221, 101 Antananarivo, Madagascar, whose aim consists in developing the Madagascar rural environment by training the men and women living in it.

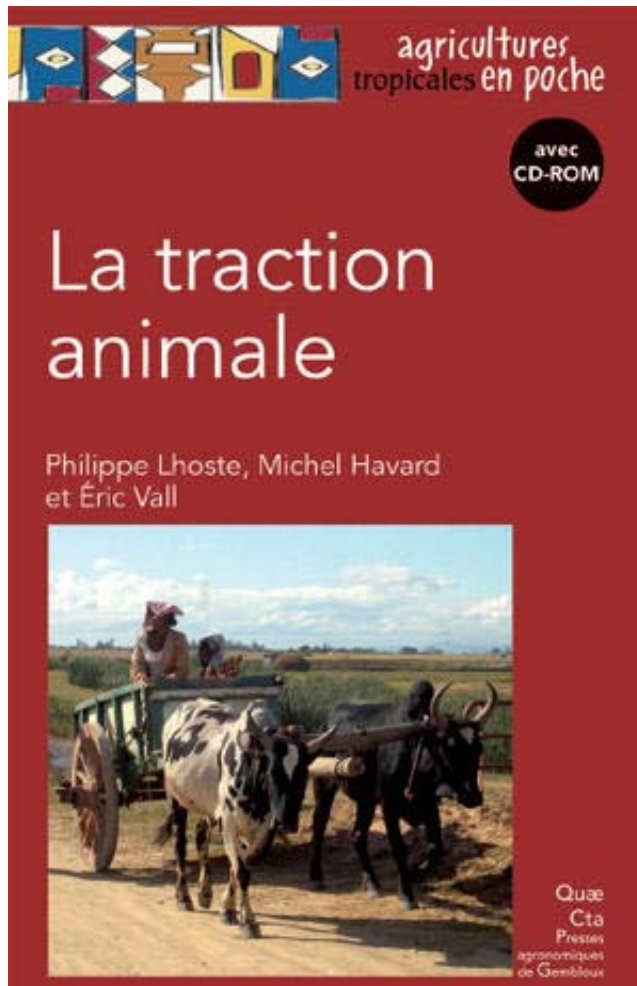
BIBLIOGRAPHIE

BOEKBESPREKING

BIBLIOGRAPHY

BIBLIOGRAFIA

La traction animale



Auteurs: Philippe Lhoste, Michel Hacard & Eric Vall

Edition: 2010

Editeur: Quae/Cta/ Presses agronomiques de Gembloux

Collection: Agricultures tropicales en poche

223 p., 17 tabl., 21 fig., 84 photos dont 32 en couleurs + 1 CR-ROM.

ISBN 978-2-87016-108-1

Prix Belgique: 25 euros (TVAC)

Export: 25 euros (HTVA)

L'utilisation de l'énergie animale est toujours d'actualité dans nombre de pays en développement où les petits agriculteurs travaillent encore beaucoup à la main. En facilitant le travail du sol et les transports, les animaux de trait permettent de réduire la pénibilité du travail humain. La traction animale améliore la productivité du travail agricole et contribue à la durabilité des systèmes mixtes alliant l'agriculture et l'élevage dans les petites exploitations familiales.

Cette synthèse pratique, actualisée et illustrée des connaissances sur la traction animale est enrichie de résultats d'expériences récentes en matière de bien-être animal, de groupements de producteurs et d'artisans, et d'impact environnemental. Des solutions pratiques sont proposées dans tous ces domaines.

Cet ouvrage, volontairement succinct, est accompagné d'un cédérom qui apporte des informations

complémentaires : fiches techniques, textes de référence, études de cas, photographies. Destiné en priorité aux producteurs, techniciens et agents de développement, ce manuel est aussi un outil de référence pour les enseignants et étudiants de l'enseignement supérieur.

Les auteurs

Philippe Lhoste, agronome zootechnicien, expert en traction animale, dirige actuellement la collection «Agricultures tropicales en poche».

Michel Havard, agronome au Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad), travaille sur la mécanisation agricole, les dynamiques des producteurs et le conseil agricole en Afrique subsaharienne.

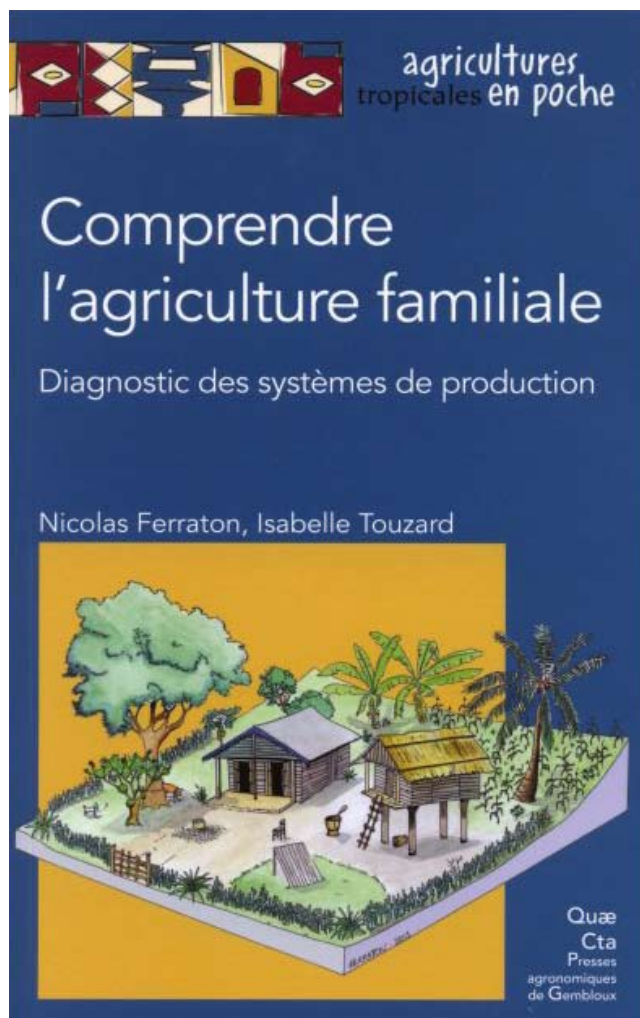
Eric Vall, agronome zootechnicien au Cirad, travaille sur la durabilité des systèmes mixtes agriculture-élevage en Afrique subsaharienne, après avoir étudié les animaux de trait et la dynamique des innovations en traction animale.

Contact : presseagro.gembloux@ulg.ac.be

Bon de commande sur le site: ww.presseagro.be

Comprendre l'agriculture familiale

Diagnostic des systèmes de production



Auteurs: Nicolas Ferraton & Isabelle Touzard

Edition: 2009

Editeur: Quæ/Cta/ Presses agronomiques de Gembloux

Collection: Agricultures tropicales en poche
123 p., 3 tabl., 16 fig. + 1 CR-ROM.

ISBN 978-2-87016-100-5

Prix Belgique: 25 euros (TVAC)

Export: 25 euros (HTVA)

Près de 1,4 milliard de personnes travaillent dans l'agriculture, dont 96% vivent dans les pays du Sud. La plupart des exploitations agricoles de ces régions sont familiales et pauvres. L'agriculture familiale est donc au coeur d'un formidable enjeu socio-économique et doit permettre aux populations de rester ou de retourner dans les campagnes et éviter l'exode massif vers les grandes villes. Cet ouvrage est consacré à l'analyse et au diagnostic des systèmes de production, auxquels ont recours la majorité des travaux de terrain pour le développement agricole. Il propose une démarche et des outils permettant de décrire les choix et les pratiques des agriculteurs en matière de production, de transformation et de commercialisation, d'en comprendre la cohérence et d'en identifier les moteurs techniques et socio-économiques. La démarche est illustrée, dans un cédérom, par une étude en Haïti qui montre, étape par étape, la façon de conduire ce type de diagnostic et son intérêt pour les personnes concernées, y compris

les techniciens appelés à accompagner le développement de telles régions. D'autres études de cas réalisées sur différents continents, sont également reprises sur le cédérom. Ce manuel de 120 pages + cédérom s'adresse à tous les acteurs qui apportent leur appui au monde agricole. Il les aidera à diagnostiquer les systèmes de production et à trouver des solutions pour les améliorer.

Les auteurs

Nicolas Ferraton, ingénieur d'agronomie tropicale, est responsable de projets de développement dans le Pacifique. Au Centre national d'Etudes agronomiques des Régions chaudes (Cnearc), il a élaboré différents manuels sur l'étude des systèmes agraires.

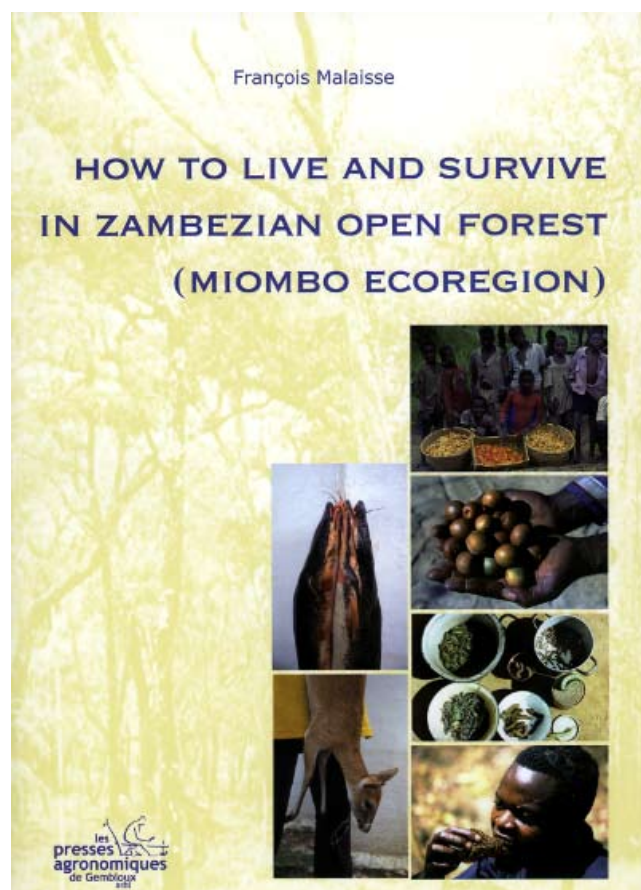
Isabelle Touzard est ingénieur agronome. Responsable de projets en ingénierie de formation à l'Institut des Régions chaudes de Montpellier SupAgro, elle a animé de nombreuses formations sur l'approche systémique en Afrique, en Amérique centrale, dans la Caraïbe et en Asie.

Contact: presseagro.gembloux@ulg.ac.be

Commande site: www.presseagro.be

How to Live and Survive in Zambezian Open Forest (Miombo Ecoregion)

by François Malaisse



Edition : 2010

Presses agronomiques de Gembloux

424 p., 76 fig. , 85 tab., 41 photos + 1 CD-ROM (387 color photographs)

ISBN 2- 87016-106-7

Price: Belgium: 50

Other countries: 55 + port charges

Orders:

<http://www.pressesaro.be/catalogue/reference/96.html>

In the Miombo ecoregion (2,865,000 km² or 9.1% of Africa), the Zambezian open forest constitutes the main vegetation unit. It extends to no less than eight countries, from Burundi in the North to South Africa in the South, and from Angola in the West to Mozambique in the East. The austral part of Africa's open forests falls within the Zambezian Regional Center of Endemism outlined by White in 1983. This book focuses mainly on the wetter Zambezian Miombo woodlands. Also patches of mosaic Zambezian dry evergreen forests and small areas of grasslands on Kalahari sands are incorporated in the study.

The aim of this book is to gather together the amazing local environment knowledge of Zambezian open forests peoples in order to permit an easier improvement of their well-being. This research has been developed in an ethnoecological way of thinking. Indeed, the synergy arising from putting together local knowledge and updated ecological research provides huge information on ecosystem management, including biodiversity aspects. Ethnoecology is an emergent field that focuses on local peoples' perception and management of complex and co-evolved relationships between the cultural, ecological, and economic components of anthropogenic and natural ecosystems.

In the present book, the Zambezian wild edible products are treated according to fourteen items (from fungi, plants and honey, to beverages and salt, through mammals, birds, fish, insects and other animals). Some other comments concern agriculture and ethnoecology. All together more than a thousand edible products are involved; their ecology, their phenology, as well as their nutritional values are presented and discussed. The iconography is supported by a CD with 387 color photographs.

The earlier French version of 1997 has been reviewed and enlarged, taking into account recent progress of knowledge. An important bibliography is presented.

Professor François Malaisse has spent more than twenty years in Africa, and has carried out expertise in more than twenty African countries. He has been involved in research and teaching at Lubumbashi University in D.R. Congo and at several universities in Europe, notably Gembloux Agricultural University.



V SEMINARIO INTERNACIONAL
PORCICULTURA TROPICAL 2012

PORCICULTURA TROPICAL 2012 V SEMINARIO INTERNACIONAL

EN EL 40 ANIVERSARIO DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES PORCINAS DE CUBA

I ANUNCIO

El Instituto de Investigaciones Porcinas (IIP), la Sociedad Cubana de Porcicultores (SCP) y el Grupo de Producción Porcina (GRUPOR), se complacen en invitarlo a participar en el V Seminario Internacional sobre Porcicultura Tropical con motivo del 40 Aniversario del Instituto de Investigaciones Porcinas, que se celebrará en la Habana, Cuba del 29 de mayo al 1 de junio de 2012.

Este evento cuyo lema es “*La sostenibilidad en la porcicultura*”, está dirigido a investigadores, profesores de la enseñanza superior, productores, estudiantes, así como a directivos y funcionarios de instituciones, organizaciones y empresas quienes analizarán la situación de la porcicultura en el área y las posibilidades de hacerla mas eficiente y competitiva.

El programa científico comprende conferencias, talleres, mesas redondas, videos, presentaciones de temas libres en forma oral o gráfica. También consta de cursos satélites y una gira tecnológica para promover experiencias cubanas.

AUSPICIAN

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES PORCINAS (IIP)
SOCIEDAD CUBANA DE PORCICULTORES (SCP)
GRUPO DE PRODUCCION PORCINA (GRUPOR)

COMITÉ ORGANIZADOR

Presidencia

Ing. Norberto Espinosa. Grupo de Producción Porcina (GRUPOR)
Ing. Alfred Crespo. Instituto de Investigaciones Porcinas (IIP)
Dr. Francisco J Diéguez. Sociedad Cubana de Porcicultores (SCP)

Miembros

Dra. Carmen Maria Mederos. IIP
Dr. Pedro L Domínguez. IIP
Dr. Julio Ly. IIP
MSc. Teresa Arias. IIP
Lic. Griselda Crespo. SCP
Dr. Roberto Sosa. IIP
Dr. Manuel Castro. Instituto de Ciencia Animal (ICA)
DMV. Carlos V Ortiz. GRUPOR
Lic. Maykel Espinosa. IIP

Comité Científico

Dr. Manuel Macias. IIP
Dr. Carlos Abeledo. IIP
Dr. Aristides García. IIP
Dr. Pastor Alfonso. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA)
Dr. Rolando Perdigón. EPH
MSc. Elizabeth Cruz. IIP
MSc. Ramiro Ernesto Almaguel. IIP

MSc. Consuelo Díaz. IIP
MSc. Mayuly Martínez. Instituto de Ciencia Animal (ICA)

Feria Comercial

MSc. Beatriz García. IIP
Lic Zhenia Rodríguez. IIP

MIEMBROS DE HONOR

Gustavo Rodríguez Rollero, Ministro de la Agricultura
Lugo Fonte, Presidente de la Asociación nacional de Agricultores Pequeños (ANAP)
Dra. Teresa Planas, Presidenta de la Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA)
Dr. Profesor Carlos Buxadé Carbó catedrático, España

TEMAS CENTRALES

Producción de alimentos y alimentación alternativa
Porcicultura y medio ambiente
Genética y reproducción
Manejo e instalaciones
Porcicultura familiar a pequeña escala
Economía de la producción porcina
Salud y profilaxis
La PPC en el contexto actual
Producción industrial de carne de cerdo
Gestión de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación
El cerdo como biomodelo en la Salud Pública
Experiencias en porcicultura de los países del ALBA

IDIOMAS OFICIALES DEL EVENTO

Español, Portugués, Francés e Inglés

RECEPTIVOS

Instituto de Investigaciones Porcinas
Sociedad Cubana de Porcicultores
Teléfonos: (537) 209-9545/ 209-9539/ 204-4108.
e-mail: porcicultura2012@iip.co.cu / ralmaguer@iip.co.cu / cmederos@iip.co.cu / scp@acpa2.co.cu

CUOTA DE INSCRIPCIÓN

Delegados 200 pesos convertibles cubanos (CUC). Todas las cuotas tienen que ser en CUC. Puede adquirirlo en Aeropuertos, Hoteles, Centro de Convenciones casas de cambio.

La cuota de inscripción de los delegados incluye credencial, participación en las actividades científicas, cóctel de bienvenida, almuerzo de despedida, programa científico, certificado de participación, CD con las memorias del evento y gira tecnológica.

ORGANISATIE

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

De v.z.w. Agri-Overseas is een vereniging die gesticht werd met als doel beroepsbanden op te bouwen tussen alle krachten die voor overzeese plattelandontwikkeling ijveren. Zij publiceert het wetenschappelijke en informatief tijdschrift "TROPICULTURA" dat gewijd is aan de plattelandproblematiek in ontwikkelingslanden. Dit tijdschrift wordt driemaandelijks uitgegeven met de financiële steun van de Directie-Generaal Ontwikkelingssamenwerking (D.G.D.) van het Belgische Ministerie van Buitenlandse Zaken, Buitenlandse Handel en Ontwikkelingssamenwerking en met de steun van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Ze geniet van de wetenschappelijke bescherming van de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen (KAOW) en wordt ondersteund door de "Commission Universitaire pour le Développement" van de "Conseil Interuniversitaire de la Communauté française (CUD-CIUF)" en van het Universitaire Samenwerkingsorgaan van de Vlaamse Interuniversitaire Raad (VLIR-UOS).

De v.z.w. Agri-Overseas is samengesteld uit individuele leden en uit de volgende Belgische instellingen: de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen (KAOW), de "Commission Universitaire pour le Développement" van de "Conseil Interuniversitaire de la Communauté Française" (CUD-CIUF), het Universitaire Samenwerkingsorgaan van de Vlaamse Interuniversitaire Raad (VLIR-UOS), de vier faculteiten Landbouwwetenschappen (Liège/Gembloux, Gent, Leuven en Louvain-La-Neuve), de twee faculteiten Diergeneeskunde (Gent en Liège), het Departement Tropische Dierengezondheid van het Instituut voor Tropische Geneeskunde te Antwerpen, de Interfacultaire Afdeling Landbouw van de Universiteit Libre de Bruxelles, de Facultés Universitaires Notre Dame de la Paix (Namur), het Departement van Wetenschappen en Beheer van het Leefmilieu van de Université de Liège, de Directie-Generaal Ontwikkelingssamenwerking.

Raad van Beheer

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

Redactiecomité

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

Redactiesekretariaat

Egmonstraat 11, B-1000 Brussel – België
Telefoon : +32.(0)2.540 88 60/61; Fax: +32.(0)2.540 88 59
Email: ghare.tropicultura@belgacom.net / mjdesmet.tropicultura@belgacom.net /
Website: <http://www.tropicultura.org>

Bedeling

Tropicultura wordt gratis verdeeld op schriftelijk verzoek bij het Sekretariaat

DRAAGWIJDTE VAN HET TIJDSCHRIFT

Tropicultura publiceert oorspronkelijke artikelen, onderzoeksnota's en overzichten, samenvattingen van boeken en thesen en besprekingen van films en audiovisuele hulpmiddelen die betrekking hebben tot alle domeinen aan plattelandontwikkeling gebonden : planten- en dierenproducties, diergeneeskundige wetenschappen, bosbouw, bodemkunde, agrarische bouwkunde, milieuwetenschappen, bio-industrie, voedingsmiddelenindustrie, sociologie en economie.

INSTRUCTIES VOOR DE AUTEURS

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

De manuscripten moeten in drie papieren exemplaren per post aan de hoofdredacteur gericht worden ofwel rechtstreeks per e-mail naar het Sekretariaat verzonden in de vorm van toegevoegde bestanden.

Zij zullen recto opgesteld zijn, met dubbele spaties (27 lijnen van 60 karakters per bladzijde in DIN A4 formaat) en met een minimale marge van 3,5 cm rond het gedrukte deel. Zij zullen maximum tien bladzijden tekst bevatten (coverblad, samenvattingen en literatuurlijsten niet inbegrepen).

Het voorblad houdt de titel in, de verkorte titel (maximaal 55 drukletters), de complete namen en voornamen van de auteurs, het beroepsadres van alle auteurs en gebeurlijk de dankbetuiging. De naam van de contactauteur zal met een "*" gemerkt zijn en zijn adres aangevuld met zijn telefoon- en faxnummers en zijn elektronisch adres.

De volgende pagina's houden volgende elementen in: (i) de samenvattingen (max. 200 woorden) in de taal van het manuscript en in het Engels, voorafgegaan door de vertaling van de titel en gevolgd door maximum 6 sleutelwoorden in beide talen; (ii) de inhoud van de tekst; (iii) de literatuurlijst; (iv) niet meer dan drie tabellen genummerd met Arabische cijfers; (v) slechts drie figuren die op de achterzijde ondubbelzinnig genummerd moeten zijn (vi) de legendes van de tabellen en de figuren. Alle bladzijden van de bijdrage worden doorlopend genummerd. De figuren zullen op professionele wijze getekend zijn. Foto's dienen contrastrijk te zijn, niet gemonteerd en op glanzend papier.

Slechts medeauteurs die zich schriftelijk akkoord verklaard hebben met het vermelden van hun naam op een manuscript, worden in de eindversie van het artikel in Tropicultura ook expliciet vermeld. De schriftelijke verklaring van de medeauteurs met betrekking tot dit punt kunnen per gewone post of per e-mail naar het Redactiecomité opgestuurd worden. De voorgedij instellingen van de auteurs wordt verondersteld wordt verondersteld haar toestemming te hebben gegeven voor elke publicaties in Tropicultura. Agri-Overseas wijst elke verantwoordelijkheid af in deze materie.

De eerste indiening van een artikel bij de Redactie gebeurt op papier of op elektronische drager. In de mate van het mogelijke zal de auteur, na goedkeuring van het artikel voor publicatie, zijn laatste, herziene en verbeterde versie op computerdiskette of als attachment van een Email opsturen. Het programma Word wordt aanbevolen, maar een ASCII of RTF versie van de bestanden wordt aanvaard.

In het algemeen wordt de tekst ingedeeld in: inleiding, materiaal en methodes, resultaten, discussie, besluit. De indeling van de tekst zal niet verder gaan dan twee niveaus. Ondertitels dienen kort en in kleine letters te zijn en zullen nooit onderlijnd worden.

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

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

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

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

Bij boeken dienen plaats en naam van uitgever vermeld te worden. Bij referenties naar hoofdstukken in boeken: (in volgorde) de auteurs van het hoofdstuk, jaartal, titel van het hoofdstuk, het woordje "In:", de editorsnamen gevolgd door "(editors)". *Titel van het boek* (cursief), volume of uitgave (indien meerdere), naam en lokatie van de uitgeverij, begin- en eindpagina's van het hoofdstuk.

Bij boeken zijn volgende elementen van belang: de namen van auteurs gevolgd door de initialen van de voornamen, het jaar van publicatie, de volledige titel van het boek, de naam en locatie van de uitgeverij, begin- en eindpagina's van het geciteerde hoofdstuk, het totaal aantal bladzijden van het boek. Verslagen van conferenties dienen op dezelfde wijze vermeld te worden, mits toevoeging als het mogelijk is van de plaats, de datum de conferentie en de namen van de wetenschappelijke editors.

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

Een persoonlijke mededeling wordt in de tekst als volgt vermeld: initialen en naam, persoonlijke mededeling, jaartal). Voorbeeld: (W.R. Allan, persoonlijke mededeling, 1988). Deze referentie wordt niet opgenomen in de literatuurlijst. Voor de referenties zonder auteur wordt in het nummer in de tekst vermeld en in de literatuurlijst: Anonymus (jaartal). Titel. Bron (waar men de gegevens kan terugvinden).

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

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

TROPICULTURA

2011 Vol. 29 N° 3

Four issues a year (July, August, September)

CONTENTS

EDITORIAL

- The System of Rice Intensification Celebrates its 30th Anniversary (*in French and in English*)
G. Mergeai 129

ORIGINAL ARTICLES

- Consumption of Bushmeat in the Conkouati-Douli National Park, Congo (Brazzaville): Nature of Game and Characteristics of Consumption (*in French*)
G. Makosso Vheiyé, J. Massamba, A. Massamba & T. Silou 131

- Influence of Drying on the Physicochemical Characteristics of Safou Pulp Oil (*in French*)
G.B. Noumi, Yolande Mireille Njouokam, C.B. Njiné, E. Ngameni & C. Kapseu 138

- Field Evaluation of Three Entomopathogenic Fungi on Groundnut Pest (*in English*)
K. Sahayaraj & S.K.R. Namachivayam 143

- Study of Organic Matters on Farms Flows in the Western Cotton Zone of Burkina Faso (*in English*)
B. Bacýé & A. Boro 148

- Conservation of Pollens of Two Honey Species (*Vitellaria paradoxa* and *Steganotaenia araliaceae*) in the Region of Adamawa (Cameroon) (*in French*)
E. Youmbi, R. Tamnet & G. Tsala Ndzomo 153

- Impact of Slaughtering Operations in Traditional Slaughterhouses on the Bacteriological Quality of Poultry Meat in Meknès (*in French*)
A. Chaiba & F. Rhazi Filali 161

- Physicochemical Characteristics of Honey from the Sudano-Guinean Zone of West and Adamaoua Cameroon (*in French*)
Elise Mbogning, J. Tchoumboue, F. Damesse, M. Sanou Sobze & Antonella Canini 168

- Dynamics of Shifting Agricultural-Systems and Organic Carbon Sequestration in Southern Cameroon (*in English*)
Rosaline Njomgang, M. Yemefack, L. Nounamo, A. Moukam[†] & J. Kotto-Same[†] 176

TECHNICAL NOTES

- Intensive Rice Farming in Madagascar (*in English*)
H. De Laulanié 183

- BIBLIOGRAPHY 188

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

With the support of
THE BELGIAN
DEVELOPMENT COOPERATION 



Con el apoyo de
LA COOPERACIÓN BELGA
AL DESARROLLO 