

TROPICULTURA

2009 Vol. 27 N°1

Trimestriel (janvier- février- mars)

Driemaandelijks (januari- februari- maart)

Se publica po año (en enero- febrero- marzo)



Agricultrice au Rwanda avec sa vache Crédit: Vétérinaires Sans Frontières, Belgium.
Photo: Florence Burette (2009)

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 DGCD www.dgcd.be,
du Service public Fédéral Affaires étrangères, Commerce extérieur
et Coopération au Développement www.diplobel.fgov.be,
de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-mer ARSOM, www.kaowarsom.be
et de la Région Bruxelles Capitale

Met de steun van
De Directie-Generaal Ontwikkelingssamenwerking DGOS www.dgos.be,
de Federale Overheidsdienst Buitenlandse Zaken, Buitenlandse Handel
en Ontwikkelingssamenwerking www.diplobel.fgov.be,
de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen KAOW, www.kaowarsom.be
en van het Brusselse Gewest

BUREAU DE DEPOT – AFGIFTEKANTOOR
BRUXELLES X / BRUSSEL X



SOMMAIRE / INHOUD / SUMARIO

EDITORIAL/EDITORIAAL/EDITORIALES

Which Future for Tropicultura? Quel futur pour Tropicultura? Welke toekomst voor Tropicultura? ¿Cual futuro para Tropicultura? G. Mergeai	1
--	---

ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

Procédés traditionnels de production et circuit de commercialisation du beurre de karité dans le nord Cameroun Traditionele productiemethoden en verkoopscircuit van karité-boter in het noorden van Kameroen Procesos tradicionales de producción y circuito de comercialización de la manteca de karité en el norte de Camerún A.K. Aboubakar Dandjouma, Henriette Z. Adjia, A. Kameni & C. Tchiégang	3
---	---

Résistance à la mosaïque virale de <i>Manihot glaziovii</i> par greffage sur <i>M. Esculenta</i> Weerstand tegen het mozaïekvirus van <i>Manihot glaziovii</i> door te enten op <i>M. Esculenta</i> Resistencia al virus de la mosaica de <i>Manihot glaziovii</i> por injerto en <i>M. Esculenta</i> Z. Ambang, Amougou Akoa, Ndongo Bekolo, J. Nantia & G.M. Chewachong	8
---	---

Impact of Land-use Systems on some Physical and Chemical Soil Properties of an Oxisol in the Humid Forest Zone of Southern Cameroon Impact des systèmes d'utilisation des terres sur quelques propriétés physiques et chimiques d'un Oxisol dans la zone forestière humide du Sud Cameroun Invloed van bodemgebruiksystemen op sommige fysische en chemische eigenschappen van een oxisol in het vochtige woudgebied van zuidelijk Kameroen Impacto de los sistemas de uso de la tierra sobre algunas propiedades físicas y químicas de un oxisol en la zona forestal húmeda del sur de Camerún V. Agoumé & A.M. Birang	15
--	----

Influence des facteurs écologiques (température et hygrométrie) sur le développement de la cochenille farineuse du manioc (<i>Phenacoccus manihoti</i> Matile-Ferrero, Homoptera: Pseudococcidae) Invloed van ecologische factoren (temperatuur en luchtvochtigheid) op de ontwikkeling van wollige maniokschildluizen (<i>Phenacoccus manihoti</i> Matile-Ferrero, Homoptera: Pseudococcidae) Influencia de los factores ecológicos (temperatura e higrometría) en el desarrollo de la cochinilla de la yuca (<i>Phenacoccus manihoti</i> Matile-Ferrero, Homóptera: Pseudococcidae) D.ObameMinko	21
---	----

Détermination du niveau de contamination de l'ochratoxine A (OTA) dans les fèves de cacao à l'exportation Bepaling van de gehaltes Ochratoxin A (OTA) in exportcacaobonen Determinación del nivel de contaminación de la ocratoxina A (OTA) en las semillas de cacao para la exportación A. Dembele, A. Coulibaly, S.K. Traoré, K. Mamadou, N. Silué & A. Abba Touré	26
--	----

Analyse de l'influence du fonds génétique, des conditions climatiques et du mode de protection phytosanitaire sur l'expression de la bactériose chez différentes variétés de cotonnier au Burkina Faso Analyse van de invloed van genpool, klimatologische omstandigheden en fyto-sanitaire beschermingsprogramma op het niveau van bacteriose in verschillende katoenvariëteiten van Burkina Faso Análisis de la influencia de las reservas genéticas, las condiciones climáticas y el sistema de protección fito- sanitaria sobre el efecto de la bacteriosis en diferentes variedades de algodón en el Burkina Faso S.L. Ouédraogo, D. Sanfo, I. Somda & B.C. Tientore	31
---	----

Données sur les valeurs culturelles, ethnonutritionnelles et physico-chimiques de <i>Dioscorea schimperiana</i> Hochst de l'Ouest Cameroun Gegevens over de culturele, ethnonutritieele en fysico-chemische waarde van <i>Dioscorea schimperiana</i> Hochst van West Kameroen Datos sobre los valores culturales, etno-nutricionales y físico-químicos de <i>Dioscorea schimperiana</i> Hochst del oeste de Camerún C. Tchiégang & Liliane Moser Ngueto Ndomdjo	35
---	----

Middlemen and Smallholder Farmers in Cassava Marketing in Africa Les intermédiaires et les petits producteurs dans la commercialisation du manioc en Afrique Makelaars en kleinschalige boeren betrokken bij de maniokverkoop in Afrika Intermediarios y -pequeños agricultores en el mercado de la yuca en África A.A. Enete	40
--	----

Effects of Storage Methods and Length of Storage on some Quality Parameters of Japanese Quail Eggs Effets de méthodes et durée de stockage sur certains paramètres de qualité des oeufs de cailles japonaises Invloed van opslagmethoden en opslagtijd op sommige kwaliteitparameters van de eieren van de Japanse kwartel Efectos de los métodos y la duración de almacenamiento sobre algunos parámetros de calidad de los huevos de la codorniz japonesa I.O. Dudusola	45
--	----

Resource Use Efficiency in Urban Agriculture in Southwestern Nigeria Efficacité de l'utilisation des ressources dans l'agriculture urbaine dans le sud ouest du Nigeria Efficiëntie van het gebruik van hulpbronnen in stadslandbouw in zuidwestelijk Nigeria Uso eficiente de recursos en la agricultura urbana en el suroeste de Nigeria R. Adeyemo & F. Kuhlmann	49
--	----

Comparative Studies on the Composition and Purchase Costs of some Edible Land Snails in Nigeria Etudes comparées sur la composition et le coût d'achat de quelques espèces d'escargots terrestres comestibles au Nigeria Vergelijkende studies over de samenstelling en de aankooprijzen van enkele soorten eetbare landslakken in Nigeria Estudios comparativos sobre la composición y el costo de compra de algunas especies de caracoles terrestres comestibles en Nigeria A.A. Awah, B.C. Lalabe, I. Nasiru & Patience Omo Erigbe	54
--	----

LES ACTIONS DE LA DGCD/DE ACTIVITEITEN VAN DE DGIS/LAS ACTIVIDADES DE LA DGCD	58
---	----

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

Which Future for Tropicultura?

Dear readers, I have the pleasure to inform you that further the recent signature of a memorandum of understanding for a period of five years with the Institutional Cooperation Branches of the Flemish Interuniversity Council (VLIR-UOS) and the Interuniversity Council of the Belgian French Community (CUD-CIUF) the Belgian Cooperation has decided to continue its financial support to the publishing of Tropicultura. As the Belgian Royal Academy for overseas sciences (RAOS), VLIR-UOS and CUD-CIUF are now also members of the managing board of Agri-Overseas association (which is responsible for the publishing of our journal). All these institutions are deeply committed in the support of the development of scientific and technical knowledge relevant to all the aspects of rural development in warm countries. In collaboration with the representatives of all Belgian faculties and institutes involved in rural development research in tropical countries, these new board members guarantee the scientific and academic value of the journal, principally through referees and members of the scientific committee.

Tropicultura is now at the beginning of a new era. Therefore a process has been launched with our partners to discuss the future of the journal in order to determine the best ways to continue to reach its objectives in a changing world. This will lead to the definition of a mid- and long-term strategy for the Journal taking account of the evolution in the field of scientific and technical publishing and the policy of the Belgian Cooperation in rural development *sensu lato*.

The main key questions we are asking us in this process are as follows. (i) Is it important for Tropicultura to obtain an impact factor? In other words should that be an added-value if you consider the objective to publish results, albeit scientifically accurate, that are in most cases of local interest and not suitable to be published in specialized journals which prefer to publish works that are internationally more innovative and the aim to help to learn the right format to young researchers? (ii) Has Tropicultura a transitional role to help researcher of the South to publish in specialised A1 journals which prefer to publish works that are internationally more innovative (important for PhD students to promote)? (iii) How to harmonise scientific interest of papers and relevance for development? Which indicators should be considered? (iv) Is it still relevant/affordable to publish a paper version or is a digital open access journal sufficient to reach as much as possible the target group? (v) How can dissemination been improved (Role of CUD-CIUF and VLIR-UOS - RAOS – possible collaboration with CTA¹)? (vi) How to improve the commitment of researchers of the South in Tropicultura, e.g. as referee or member of the scientific committee?

A special meeting involving representatives of Tropicultura partners and stakeholders in the field of scientific and technical publishing regarding the rural development of the South will be organised by the end of November 2009 to try to answer these questions.

All readers of our journal interested in these topics that are of utmost importance for its future are invited to contribute to our reflections.

Prof. Dr. Guy Mergeai
Chief Editor

¹The tasks of the Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA) are to develop and provide services that improve access to information for agricultural and rural development, and to strengthen the capacity of ACP countries to produce, acquire, exchange and utilise information in this area. CTA's programmes are designed to: (1) provide a wide range of information products and services and enhance awareness of relevant information sources; (2) promote the integrated use of appropriate communication channels and intensify contacts and information exchange (particularly intra-ACP); (3) develop ACP capacity to generate and manage agricultural information and to formulate ICM strategies, including those relevant to science and technology.

Quel futur pour Tropicultura?

Chers lecteurs, j'ai le plaisir de vous informer que suite à la signature récente d'une convention de collaboration couvrant une période de 5 ans avec les autorités des institutions de coopération universitaire des communautés flamandes (VLIR-UOS) et française (CUD-CIUF) du pays, la coopération belge a décidé de continuer son support financier à la publication de Tropicultura. Comme l'académie royale des sciences d'outremer (ARSOM), la CUD-CIUF et le VLIR-UOS sont à présent membres du conseil d'administration de l'asbl Agri-Overseas (qui est l'association responsable pour la publication de notre journal). Toutes ces institutions sont fortement engagées dans le soutien du développement de connaissances scientifiques et techniques concernant tous les aspects du développement rural dans les régions chaudes. En collaboration avec les représentants de toutes les facultés et de tous les instituts belges impliqués dans la réalisation de recherches sur le développement agricole et rural dans les régions tropicales, ces nouveaux membres du conseil d'administration garantissent la valeur scientifique et académique du journal, principalement via l'identification de personnes compétentes pour réviser les manuscrits et la participation de leurs représentant au conseil scientifique de la revue.

Tropicultura est donc au commencement d'une nouvelle ère. Pour cela, un processus a été lancé avec tous nos partenaires de manière à déterminer quels étaient les meilleurs moyens pour continuer à atteindre nos objectifs dans un monde en perpétuel changement. Cet exercice doit aboutir à la définition de stratégies à moyen et à long termes pour le journal qui tiendront compte des évolutions dans le domaine de la publication scientifique et technique et de la politique de la coopération belge dans le domaine du développement rural considéré au sens large.

Les principales questions que nous nous posons dans le cadre de ce processus de réflexion sont les suivantes: (i) Est-il important que Tropicultura obtienne un facteur d'impact? En d'autres termes, cela constituerait-il une plus-value pour la revue compte tenu de l'objectif de publier des résultats, bien que toujours scientifiquement exacts, qui sont souvent d'une portée relativement locale et non adaptés à la publication dans des journaux spécialisés qui préfèrent faire paraître des travaux qu'ils considèrent comme internationalement plus innovants. De plus, que deviendrait l'autre objectif de la revue qui est d'aider les jeunes chercheurs du Sud à mieux formaliser l'obtention et la présentation des résultats de leurs travaux en cas d'acquisition d'un facteur d'impact?; (ii) Tropicultura doit-il jouer un rôle de tremplin pour aider les chercheurs du Sud à parvenir à publier dans les revues scientifiques les mieux cotées? (iii) Comment concilier la qualité et l'originalité scientifiques des articles et leur pertinence pour le développement? Quels indicateurs utiliser dans ce but?; (iv) Est-il pertinent et peut-on financièrement se permettre de continuer à publier une version papier du journal ou le passage à un format totalement digital consultable librement sur internet permettrait-il d'atteindre suffisamment le groupe cible de la revue?; (v) Comment améliorer la diffusion de la revue (rôle des organes de coopération universitaire belge, CUD-CIUF, VLIR-UOS, rôle de l'académie royale des sciences d'outremer (ARSOM) et collaboration possible avec le CTA)?, (vi) Comment améliorer l'implication des chercheurs du Sud dans le fonctionnement de Tropicultura, par exemple comme réviseurs de manuscrits ou comme membres du comité scientifique de la revue?

Une réunion spéciale impliquant les représentants des partenaires de Tropicultura et des principaux acteurs du domaine des publications techniques et scientifiques ciblant le développement rural du Sud, considéré au sens large, sera organisée pour tenter de répondre à ces différentes questions à la fin du mois de novembre 2009. Nous invitons tous les lecteurs de Tropicultura qui s'intéressent à ces thématiques qui sont de la plus haute importance pour le futur du journal à contribuer à nos réflexions.

Prof. Dr. Guy Mergeai
Rédacteur en Chef

¹ Les tâches du centre technique pour la coopération agricole et rurale (CTA) sont de développer et de fournir des services qui améliorent l'accès à l'information concernant le développement agricole et rural, de renforcer les capacités des pays ACP de produire, d'acquérir, d'échanger et d'utiliser les informations disponibles dans ce domaine. Les programmes du CTA sont conçus pour: (1) fournir une large gamme de produits d'information et de services et d'améliorer la connaissance de sources d'information pertinentes; (2) de promouvoir l'utilisation intégrée de canaux de communication et d'intensifier les contacts et les échanges d'information (particulièrement entre les pays ACP); (3) de développer la capacité des pays ACP à générer et à gérer l'information agricole et à formuler des stratégies ICM, y compris celles qui sont pertinentes au niveau des sciences et de la technologie.

ARTICLES ORIGINAUX

OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

ORIGINAL ARTICLES

ARTICULOS ORIGINALES

Procédés traditionnels de production et circuit de commercialisation du beurre de karité au Nord-Cameroun

A.K. Aboubakar Dandjouma^{1*}, Henriette Z. Adjia², A. Kameni¹ & C. Tchiégang²

Keywords: *Vitellaria paradoxa*- Butter- Production- Commercialisation- Cameroon

Résumé

Le karité (Vitellaria paradoxa) de la famille des Sapotacées est une plante dont les amandes des fruits contiennent une matière grasse appelée beurre de karité utilisée en alimentation et en cosmétologie. La présente étude porte sur les procédés traditionnels de production du beurre de karité et le circuit de commercialisation du beurre dans le Nord-Cameroun. La méthodologie utilisée pour ce présent travail intègre une enquête dans les grandes zones de production du beurre par la technique semi-structurée; la production du beurre avec les artisans, la collecte des produits et enfin l'analyse des échantillons afin de faire une analyse critique des différents procédés de transformation. La filière karité est embryonnaire car l'extraction du beurre n'est faite qu'à l'échelle traditionnelle. Deux procédés d'extraction du beurre: par la voie humide et par la voie sèche sont mis en œuvre par les artisans. Une différence significative ($p < 0,05$) a été observée dans la qualité du beurre en fonction de la localité de production.

Summary

Traditional Production and Commercialization of Shea Butter in North-Cameroon

Shea (Vitellaria paradoxa) from the Sapotaceae family yields fruits with an oily seed from which is extracted a butter commonly used for food and cosmetics. The present study aimed at investigating the traditional production processes and the commercialisation of shea butter in North-Cameroon. Surveys were carried out in the main production areas, butter produced locally and analysed for its quality. Results obtained showed that the shea butter is produced traditionally and the commercialisation is not organized. Two production processes were identified: the wet and the dry way. A significant difference ($p < 0.05$) was observed in butter quality according to the production locality.

Introduction

Dans de nombreux pays sahéliens, le souci d'une gestion équilibrée de l'environnement et de ses potentialités productives a conduit les autorités scientifiques et politiques à la création de structures spécialisées et à l'élaboration de programmes précis de lutte contre la désertification (7). Des travaux déjà réalisés dans le Nord-Cameroun ont permis d'identifier des essences particulières ou des groupes d'essences à étudier en fonction de leur importance socio-économique et des contraintes ou pressions qu'elles subissent (8). En effet, l'économie de marché qui règne impose un nouveau style de vie. Ainsi les populations ont besoin d'argent pour satisfaire au moindre de leurs besoins. Or en Afrique, les opportunités d'emploi et d'activités génératrices de revenus sont presque inexistantes en zones rurales. La récolte et la transformation des produits dits forestiers non-ligneux deviennent alors une réelle opportunité pour les populations et notamment les femmes. Cette pression intense est à l'origine de la disparition de certaines espèces et donc de la désertification galopante. Le karité, *Vitellaria paradoxa* Gaertn a été retenu comme une espèce prioritaire dans les provinces septentrionales du Cameroun (8). L'étude des procédés traditionnels de production et de la filière karité au Nord-Cameroun devient un impératif de développement. En effet, si la filière karité a fait l'objet de nombreuses études dans des pays comme le Burkina Faso, le Ghana, le Mali, le Nigeria et la République Centrafricaine (1-4, 6, 9-11, 14), rien n'a été fait dans ce sens au Cameroun.

Le présent travail a pour but de répertorier les différentes technologies endogènes de transformation du karité; procéder à une analyse critique des procédés en relation avec la qualité du beurre obtenu et ressortir le circuit de commercialisation du beurre de karité.

Matériel et méthodes

1. Matériel végétal

Les travaux ont été effectués avec les fruits et le beurre de karité collectés dans quatre zones cibles: Rabingha, Djefatou, Laïndé-Massa et Gashiga; toutes situées dans la province du Nord-Cameroun.

2. Méthodes

Le travail s'est effectué en plusieurs phases dont les principales sont: une enquête, des essais de production du beurre avec les femmes et caractérisation des produits de l'arbre: fruits et beurre.

2.1. L'enquête ethnobotanique

Les enquêtes ont été conduites pendant la campagne 2005 dans les localités de Gashiga, Rabingha, Djefatou et Laïndé-Massa selon la méthode d'interview semi-structurée (5) afin de ressortir: la connaissance générale sur l'arbre de karité; l'utilisation des produits de l'arbre de karité; l'activité de transformation et la commercialisation des produits de l'arbre. Le choix des localités a été basé sur l'existence d'un

¹Station Polyvalente IRAD Garoua, BP 415, Garoua, Cameroun.

²ENSAI, Université de Ngaoundéré, BP 455, Ngaoundéré, Cameroun.

*Auteur pour correspondance: Aboubakar Dandjouma A.K., Laboratoire de Technologie Agro-Alimentaire, IRAD Garoua, BP 415, Garoua, Cameroun.

Tél: 00237 7250263; Fax: 00237 2273229; e-mail: almecka@yahoo.fr

Reçu le 22.08.07 et accepté pour publication le 15.10.07.

grand peuplement naturel de karité et d'une tradition de transformation des fruits de cet arbre.

2.2. Production du beurre de karité avec les artisans

Pendant la première phase d'enquête, il a été proposé aux femmes volontaires dans chaque localité de procéder à la production traditionnelle du beurre de karité avec les enquêteurs. Cette étape a permis de décrire les pratiques, le matériel mis en œuvre dans la production traditionnelle du beurre de karité. L'analyse des procédés ainsi décrits a permis d'identifier les phases critiques.

2.3. Influence des procédés traditionnels de production sur la qualité du beurre de karité

L'influence des procédés traditionnels de production du beurre sur la qualité de celui-ci a été évaluée par la détermination des indices d'acide et de peroxyde du beurre ainsi produit par les méthodes standards (13).

2.4. Analyse statistiques des données

Les données obtenues sont exprimées en terme moyenne ± écart-type et traitées par analyse des variances et le test de comparaisons multiples de Duncan en utilisant le logiciel Statgraphics (12).

Résultats et discussion

1. Le système karité dans le Nord-Cameroun

1.1. Connaissances générales sur l'arbre

Le nom du karité le plus courant dans la zone d'étude est le Karédjé. Cet arbre n'est pas planté, la principale raison évoquée est que cet arbre a toujours été rencontré à l'état sauvage dans la brousse environnante comme un don de la nature et son cycle végétatif est très long. Ainsi l'arbre de karité étant difficile à cultiver, son exploitation par les populations rurales, a conservé tout son côté traditionnel et artisanal, et il est protégé par la coutume qui en interdit la coupe. Le karité est une plante à longue période végétative, les premiers fruits apparaissent à vingt ans. Au Nord-Cameroun, sa période de floraison du karité s'étale de mai à juin, alors la fructification va de juin à juillet.

1.2. Les utilisations de l'arbre et de ses produits

Dans chaque localité il a été relevé que *V. paradoxa* est un «arbre sacré» c'est pour cette raison qu'il n'est pas abattu pour la production du bois. Les répondants sont unanimes que c'est un arbre très ombrageux et donne un fruit qui est leur source de revenus pendant la période de soudure tout comme en période d'abondance.

Le karité, arbre à usages multiples, se présente donc comme: source du beurre, source d'aliments, source de revenus et possède une grande valeur socio-culturelle.

1.3. Les acteurs de la filière karité

L'environnement organisationnel des acteurs de la filière se structure autour des différentes activités et interventions de chacun d'eux. Les différents intervenants de la filière sont: les ramasseurs, les collecteurs, les transformateurs traditionnels et les vendeurs avec d'importants flux entre eux (Figure 1).

1.4. Commercialisation du beurre

Le prix du beurre de karité fluctue en fonction des périodes. Pendant la période d'abondance le prix varie entre 500 FCFA et 800 FCFA tandis que pendant la période de soudure, il va de 1.300 FCFA à 1.500 FCFA. Toute la production et la commercialisation de base sont concentrées entre les mains des femmes. Ceci présente également un aspect positif pour la filière karité. En effet, la vente de karité intègre la femme à l'économie monétaire et améliore ses conditions de vie. Par l'activité du karité, les femmes sont arrivées à se comporter en acteurs directs dans la vie du ménage.

Le karité représente actuellement un potentiel d'activités génératrices de revenus, qui pourrait s'avérer bénéfique pour les pays producteurs. Le caractère artisanal et rural de son mode de production, pourrait fournir une nouvelle impulsion au développement de ces pays. La valeur économique du karité au Cameroun demeure toutefois très faible en comparaison à certains pays comme le Burkina Faso, le Ghana ou le Mali où le karité présente une valeur économique considérable. En effet, dans ces pays, en plus de la consommation locale, il constitue un des principaux produits d'exportation (6). De 1984 à 1990 le Burkina Faso a exporté en moyenne 14.200 tonnes de beurre/an soit 1.615 millions de FCFA et 24.988 tonnes d'amandes par an (14). En 1996, le Ghana a exporté 19.654 tonnes de beurre de karité soit 35% de la production nationale pour une valeur de 5.846.000 Dollars US (6).

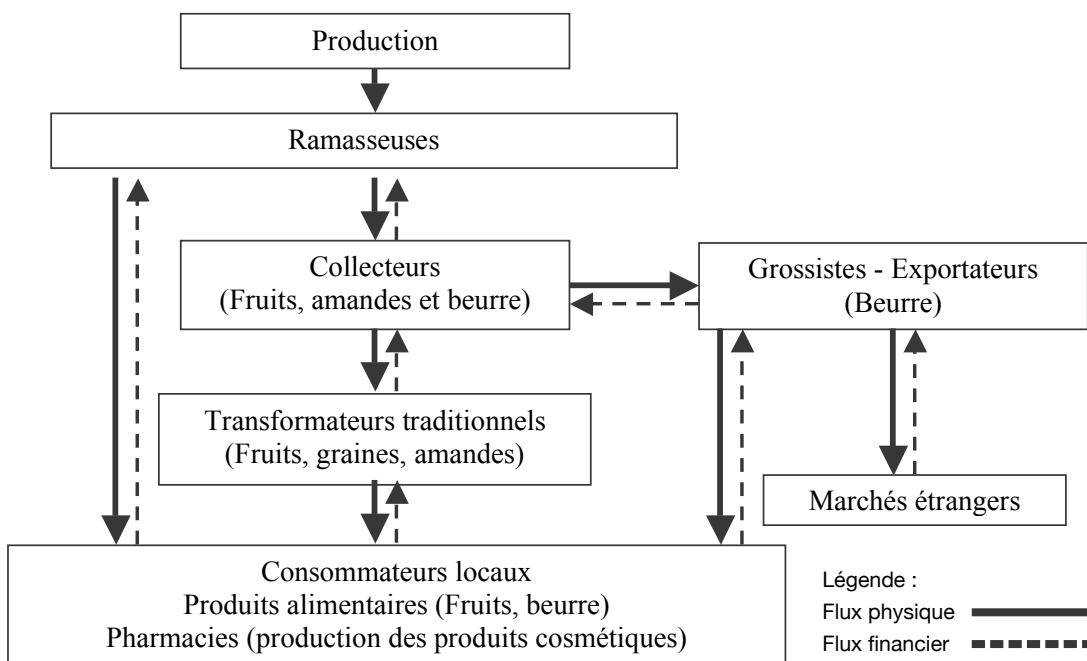


Figure 1: Flux des échanges entre les acteurs de la filière karité au Nord-Cameroun.

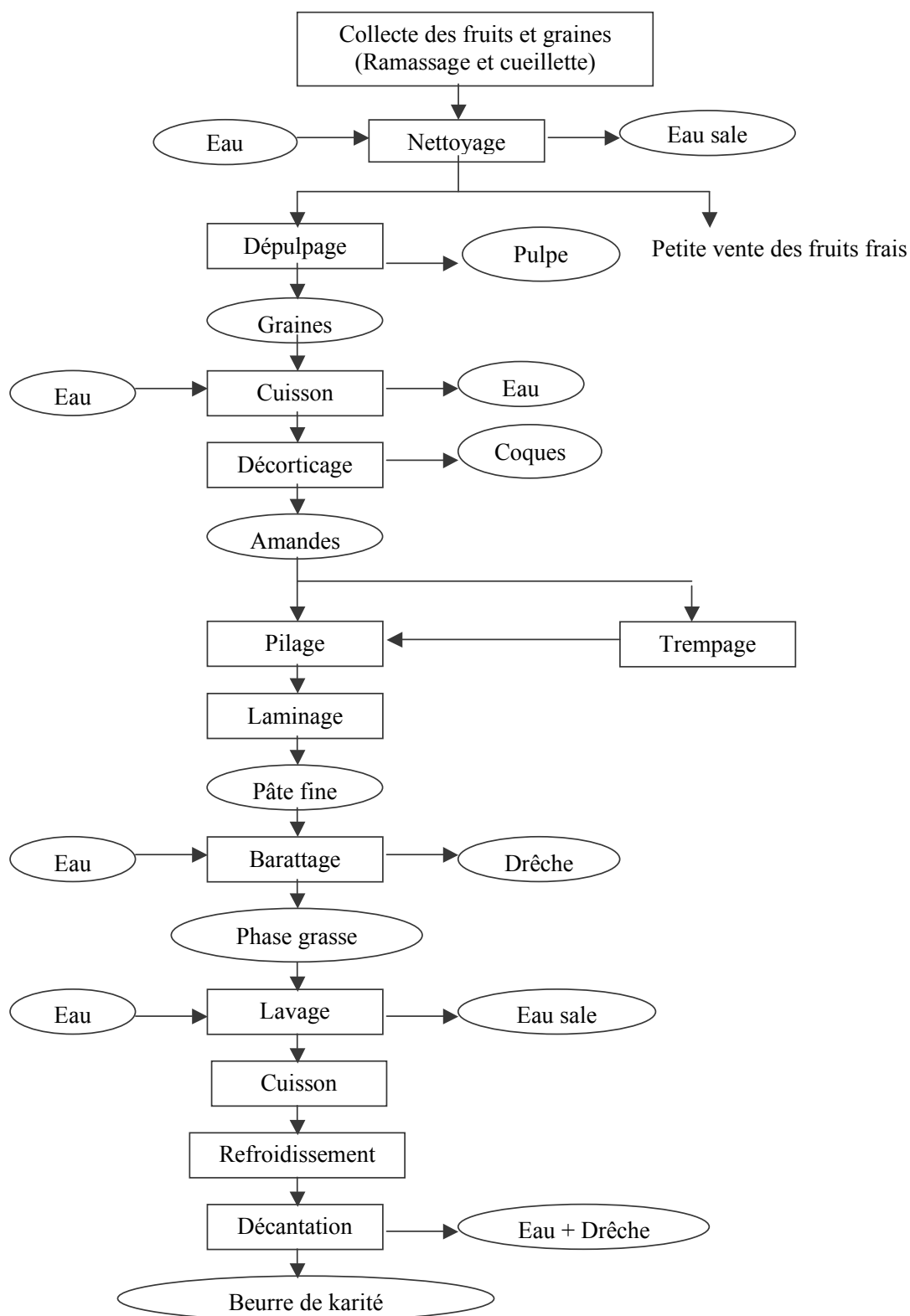


Figure 2: Diagramme du procédé d'extraction du beurre de karité par voie humide.

1.5. Quelques contraintes au développement de la filière

La collecte, la conservation et la transformation sont des activités purement féminines. On note cependant une intégration insuffisante des femmes à la filière. En effet, ces femmes, dans leur grande majorité, sont toujours confinées aux rôles de ramasseuses des graines, et de petites transformatrices traditionnelle ou artisanale. Elles

n'arrivent pas à se comporter comme de véritables petites ou moyennes entreprises et jouer ainsi un rôle assez important dans la filière.

Il y en a en outre, des contraintes qui entravent sérieusement le développement de leurs activités actuelles. Certaines sont liées à des facteurs socio-culturels, et au niveau de développement socio-économique, d'autres à l'activité

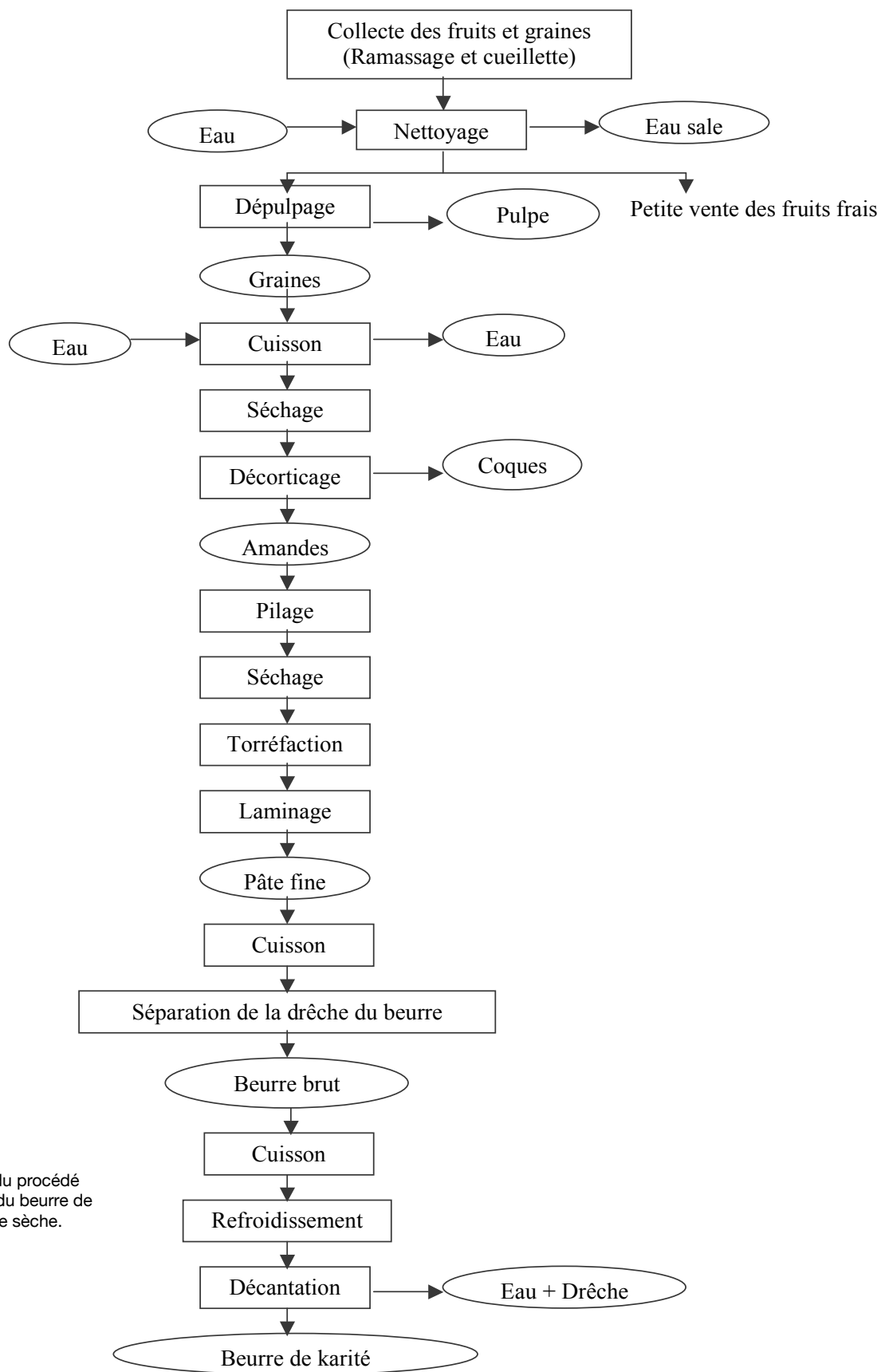


Figure 3: Diagramme du procédé d'extraction du beurre de karité par voie sèche.

elle-même; par exemple des transformatrices qui allaitent peuvent prendre une à deux semaines pour l'extraction d'un litre de beurre. Il y a un partage du temps de travail entre les champs du mari et la collecte, un manque d'équipement de traitement, le sous-équipement en matériel au niveau des

ménages. L'absence de fonds de roulement par exemple pour leur permettre d'acheter les litres de beurre pour une commercialisation pendant la période de soudure, les travaux domestiques, les prix du litre de beurre qui sont fixés selon les préférences pour une liquidation facile des produits.

Tableau 1
Quelques caractéristiques chimiques du beurre de karité produit par les femmes de diverses localités du Nord-Cameroun

Provenances	Indice d'acide	Indice de peroxyde
Rabingha	8,72 ± 0,43 ^a	14,49 ± 1,75 ^c
Djefatou	19,51 ± 0,98 ^c	29,52 ± 0,66 ^d
Laïndé-Massa	16,48 ± 1,45 ^{bc}	3,62 ± 0,16 ^a
Gashiga	7,86 ± 0,40 ^a	12,03 ± 0,54 ^b

Les valeurs dans les colonnes avec la même lettre en exposant ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

2. Essais de production du beurre de karité avec les artisans

2.1. Procédés de production du beurre de karité

La fabrication du beurre est un processus long et pénible pour des raisons liées aux structures traditionnelles, il se fait des fois en groupe mais généralement individuel pratiqué comme une coutume ancestrale. Deux procédés d'extraction sont mis en œuvre par les femmes, principales productrices du beurre de karité dans les localités visitées: le procédé par voie humide et le procédé par voie sèche (Figures 2 et 3).

2.2. Influence des procédés de production sur le rendement d'extraction et quelques caractéristiques chimiques du beurre de karité de diverses localités du Nord-Cameroun

L'indice d'acide varie entre 7,86 ± 0,40 (Gashiga) à 19,51 ± 0,98 mg de KOH/g de lipides (Djefatou) (Tableau 1).

Cet indicateur varie de manière significative ($P < 0,05$) avec la localité de production du beurre. Les valeurs les plus élevées étant observées pour le beurre de Djefatou et Laïndé-Massa. Ces valeurs élevées peuvent être expliquées d'une part par la technologie d'obtention d'amande et d'autre part par une longue phase de fermentation durant laquelle les amandes sont trempées dans de l'eau pendant des jours voire des mois pour la conservation d'humidité.

Au cours de cette période de nombreuses réactions dont l'hydrolyse des triglycérides sont susceptibles de se dérouler dans l'amande. En effet, une fermentation prolongée des fruits favorise l'action des enzymes lyopolitiques qui va libérer les acides gras libres. En plus, cette méthode de stockage des amandes peut également être mise en cause pour expliquer cette forte acidité de l'huile.

L'indice de peroxyde des différents échantillons varie de 3,62 ± 0,16 (Laïndé-Massa) à 29 ± 0,66 méq/kg (Djefatou) (Tableau 1). L'analyse de variance montre une différence significative ($P < 0,05$) entre les échantillons des diverses provenances. La grande variabilité de l'indice de peroxyde des échantillons analysés remet en cause les techniques de traitement utilisées pour obtenir les amandes. En effet, l'indice de peroxyde dépend de l'état de conservation et de collecte des fruits.

L'extraction du beurre qui se fait en milieu aqueux prédispose le beurre à une acidification et à l'oxydation. Cette acidification peut croître rapidement et atteindre sinon dépasser les limites autorisées dans les transactions commerciales. L'inconvénient des acides gras libres tient au fait qu'ils s'oxydent plus rapidement que les triglycérides et ont également un goût désagréable.

Conclusion et perspectives

Les potentialités du karité ne sont pas totalement connues des populations locales qui ne s'intéressent rien qu'à l'amande qui leur donne du beurre pour la vente et l'alimentation. En plus, les acteurs intervenants dans cette filière sont minimes pour qu'on parle d'un circuit existant entre les acteurs directs et indirects de la filière karité. Par ailleurs, l'analyse des caractéristiques physico-chimiques montre que le beurre produit par les femmes de diverses localités du Nord-Cameroun n'est pas toujours de bonne qualité. Ceci serait dû au mode d'extraction traditionnel très rudimentaire et du mode de conditionnement qui peuvent agir négativement sur la qualité du produit.

Les enjeux économiques que présente de nos jours la filière karité, exigent qu'on se penche sur certains aspects de la production, dont la maîtrise peut présenter des facteurs de valorisation. De plus la valorisation de la filière karité d'une part contribuera à une amélioration des technologies endogènes pour apporter une plus-value aux produits locaux avec à terme l'adoption de la culture de cet arbre par les populations locales.

Remerciements

Les auteurs remercient le Projet ESA (Eau, Sol, Arbre) qui a financé ces travaux à travers la Convention de service N° 2-C/PH1/ESA – SODECOTON- IRAD, Campagne 2005-2006

Références bibliographiques

1. Anonyme, 1997, Le karité l'or blanc des africaines. UNIFEM (Fonds de développement des Nations Unies pour la Femme), Bureau régional de Dakar, 41 p.
2. Anonyme, 1999, La filière karité, Burkina Faso. Projet d'Appui aux Filières Bioalimentaires (P.A.F), Rapport définitif, 71 p.
3. APROMA, 1995, Etude de la filière karité du Burkina Faso. Rapport principal. Union Européenne, Délégation de la commission européenne du Burkina Faso, Ouagadougou, pp.15-19.
4. CECI, 1998, An II-Rapport final des formations sur les techniques améliorées de collecte et de conditionnement des noix et amandes de karité au profil de 236 GVF de 16 provinces du Burkina Faso, CECI/PFK.
5. Dupriez H. & De Leener P., 1987, Jardins et vergers d'Afrique. Terre et Vie- L'harmattan -Apica - Enda - CTA, 354 p.
6. FAO, 2001, Les produits forestiers non-ligneux en Afrique: un aperçu régional et national. Document de travail FOPW/01/1 (S. Walter, Ed.), Département des Forêts, FAO, 303 p.
7. Haq N., 2000, Potential oilseed trees of Africa. Actes 3^{ème} Séminaire international sur la valorisation du safoutier et autres oléagineux non conventionnels, Yaoundé - Cameroun Palais de Congrès, 3-5 octobre 2000, pp. 31-36.
8. IRAD, 2004, Rapport annuel 2003-2004, Convention de service N°1/ PH1/ ESA-SODECOTON-IRAD, 118 p.
9. Kouyaté K., 1988, Situation de la filière karité au Burkina Faso. PFK, 71 p.
10. Mbétid-Bessane E., 2005, Caractérisation du marché des huiles de karité en Centrafrique. Tropicultura **23**, 3, 141-145.
11. Provost S., 1995, Etude de la filière karité au Burkina Faso, avril 1995.
12. Statgraphics, 1997, Statgraphics Plus for Windows Version 34/28/97.
13. UICPA (Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée), 1979, Méthodes d'analyses des matières grasses et dérivés. 6^e éd. Lavoisier Tec et Doc, Paris (France), 190 p.
14. Zida O.B. & Kolongo S.L., 1991, Séminaire sur les statistiques forestières en Afrique. FAO, Thiès (Sénégal).

A.K. Aboubakar Dandjouma, Camerounais, Doctorat/Ph.D Sciences et Technologies des Aliments, Chercheur, Station Polyvalente IRAD de Garoua, BP. 415, Garoua, Cameroun.

Henriette Z. Adjia, Camerounaise, DEA Option Chimie Industriel et de l'Environnement, Enseignante (Chimie Appliquée) à E.N.S.A.I. de Ngaoundéré, Cameroun.

A. Kameni, Camerounais, Ph.D Food Technology, Chargé de valorisation du système de production économie et sociologie rurales, IRAD, B.P. 2067, Nkolbisson, Yaoundé, Cameroun.

Résistance à la mosaïque virale de *Manihot glaziovii* par greffage sur *M. esculenta*

Z. Ambang¹, A. Amougou¹, B. Ndongo¹, J. Nantia² & G.M. Chewachong¹

Keywords: Cassava cultivars- Grafting- Rootstock- Scion- Tuber yield- Virus infection- Cameroon

Résumé

La mosaïque virale africaine du manioc (MVAM) est une maladie à caractère épidémique qui cause d'énormes pertes (> 50%) en rendement. Le greffage au champ de *M. glaziovii* sur 3 cultivars de *M. esculenta* (Alot-Bikon, IITA 8034 et IITA 8061), a permis d'évaluer le nombre de feuilles/plant, l'évolution de la MVAM 4 fois en des intervalles d'un mois à partir de 30 jours après plantation et le rendement en tubercules, ce dernier a été déterminé après 11 mois. Le greffage en couronne a été réalisé à 100 jours après plantation de boutures. Les témoins étaient constitués des plantes non-greffées pour chaque cultivar. Après 4 mois de développement des greffons et des témoins, on a enregistré respectivement 41,3-50,0 et 24,2-45,3 feuilles/plant, montrant une différence significative ($P < 0,05$) entre les plantes greffées et les témoins. La sévérité de la MVAM (exprimée en %: cf. Matériel et méthodes) sur les témoins a été de $54,3 \pm 1,4$; $51,6 \pm 1,4$ et $24,1 \pm 0,9\%$ respectivement pour Alot-Bikon, IITA 8034 et IITA 8061, tandis que, sur les plants greffés elle a été de $9,4 \pm 0,6$; $7,8 \pm 0,6$ et $3,1 \pm 0,6\%$. L'utilisation de *M. glaziovii* comme greffon a engendré une réduction de l'infection virale d'environ 85% comparée aux plants non greffés. Les plants greffés ont eu un rendement en tubercules frais variant de $23,9 \pm 1,1$ à $51,0 \pm 0,9$ t/ha contrairement aux témoins où l'on a enregistré $16,6 \pm 1,1$ à $38,1 \pm 1,1$ t/ha. Le rendement en tubercules des plants greffés, a augmenté significativement ($F_{cal} > F_{lu}$) avec une moyenne de 11,0 t/ha, soit environ 40% par rapport aux témoins.

Summary

Resistance to Mosaic Virus Disease of *Manihot glaziovii* by Grafting on *M. esculenta*

African cassava mosaic virus (ACMV) is an epidemic disease that causes great yield losses (> 50%). The grafting in the field of *M. glaziovii* on 3 cultivars of *M. esculenta* (Alot-Bikon, IITA 8034 and IITA 8061), permitted to evaluate the number of leaves per plant and the evolution of ACMV four times at one month intervals starting from 30 days after planting and the tuber yield, which was determined after 11 months. Crown grafting was realised 100 days after cuttings were planted. Controls consisted of ungrafted plants of each cultivar. After four months development, average number of leaves on the scion and controls varied from 41.3-50.0 and 24.2-45.3 leaves per plant respectively, showing a significant difference ($P < 0.05$) between grafted plants and controls. ACMV severity (expressed as %: cf. Material and methods) on controls was 54.3 ± 1.4 , 51.6 ± 1.4 and $24.1 \pm 0.9\%$, respectively for Alot-Bikon, IITA 8034 and IITA 8061. Meanwhile on grafted treatments, the severity was 9.4 ± 0.6 ; 7.8 ± 0.6 and $3.1 \pm 0.6\%$, respectively. The use of *M. glaziovii* as scion led to about 85% reduction of viral infection. Grafted plants yielded fresh tubers varying from 23.9 ± 1.1 to 51.0 ± 0.9 t/ha contrary to controls for which 16.6 ± 1.1 to 38.1 ± 1.1 t/ha were recorded. The yield of grafted plants significantly increased ($F_{cal} > F_{lu}$) by 11.0 t/ha (about 40%), compared to controls.

Introduction

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) est une plante à tubercules des zones tropicales. Les tubercules et feuilles sont principalement utilisés dans l'alimentation humaine et accessoirement dans l'alimentation du bétail (tubercule et sous forme de farine) et comme matière première dans certaines industries (fabrication de colle, production d'amidon et autres). Au début des années 1980, suite à la chute des prix des matières premières agricoles comme le cacao et le café sur le marché international, beaucoup de paysans en zone tropicale, se sont lancés dans la production du manioc non seulement pour l'autoconsommation des ménages-producteurs, mais aussi pour la commercialisation.

L'Afrique Sub-Saharienne produit plus de 85 millions de tonnes de tubercules de manioc par an, soit environ la moitié de la production dans le monde (12). Malgré les facultés d'adaptation du manioc à diverses conditions pédoclimatiques, les maladies et les ravageurs constituent les principales causes de baisse de rendements de cette culture (3, 16).

Depuis près de deux décennies, la mosaïque virale africaine du manioc (MVAM) menace la production du manioc et la sécurité alimentaire des populations de l'Afrique tropicale (5). En 1988 et 1989, l'IITA (International Institute of Tropical Agriculture) fait état d'attaques de nouvelles lignées du virus

de la MVAM au centre-nord de l'Ouganda. En 1997, des études menées par l'IITA ont estimé qu'en Ouganda, les pertes dues à la mosaïque du manioc pouvaient atteindre 720.000 tonnes par an soit 60% de la production totale au cours de cette année (12). De plus, de nombreux chercheurs en Afrique ont montré que la MVAM se répand à une vitesse de 30 à 40 km par an. En Tanzanie, dans certaines régions, les dommages causés par la MVAM, ont pratiquement anéanti la culture du manioc en 1997 et 1998. Au Kenya, l'IITA estime que la MVAM cause des pertes en tubercules d'environ 160.000 tonnes chaque année représentant près de 30% de la production totale (12). Ce virus se propage via la mouche du tabac (*Bemisia tabaci*) ou par des boutures prélevées sur des tiges infectées (1, 2, 11).

A partir des années 1970, de nombreuses recherches ont porté sur la classification des espèces du genre *Manihot*, la résistance de ces espèces aux maladies et la variabilité du manioc (19). A la fin des années 1980, l'ORSTOM du moment a réalisé en Côte d'Ivoire, une évaluation du polymorphisme isoenzymatique du manioc et d'une espèce apparentée (*M. glaziovii*), résistante à la mosaïque virale africaine et à la bactériose causée par *Xanthomonas manihotis* (19).

Malgré les moyens investis dans les nouvelles technologies telles que la biologie moléculaire et le génie génétique par les grands centres de recherche (CIAT, IITA, CIRAD) pour la

¹Université de Yaoundé 1, Faculté des Sciences, Département de Biologie et Physiologie Végétales, B.P. 812, Yaoundé, Cameroun.

Adresse pour correspondance: E-mail: zachambang@yahoo.fr

²Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Direction de la Production agricole, B.P. 13, Yaoundé, Cameroun.

Reçu le 04.06.03 et accepté pour publication le 31.03. 08.

création de variétés améliorées et résistantes, ces dernières restent toujours sensibles aux mécanismes de la MVAM (12, 17), ceci à cause de la mutation des gènes chez les cultivars résistants constamment soumis aux piqûres des insectes propagateurs de virus (1).

Comme solution à ce problème, certains chercheurs ont envisagé la lutte chimique contre les vecteurs transmetteurs de virus, mais cette méthode reste moins pratiquée, à cause du coût prohibitif des pesticides, leur caractère polluant et leur acquisition souvent difficile pour les petits producteurs (14). L'utilisation des variétés résistantes qui paraît plus efficace en la matière, reste limitée, car les quantités de boutures proposées sont largement inférieures à la demande, et lorsqu'elles sont disponibles, leur coût est élevé pour certains paysans.

Dans des travaux antérieurs, il a été démontré que les plantes de l'espèce sauvage *M. glaziovii* présentent une bonne tolérance (plus de 85% de réduction des infections) aux différentes contraintes phytosanitaires (3). De même, à la suite de ses recherches, Ivontchik (18) avait proposé que les caractéristiques de l'espèce *M. glaziovii* pourraient être exploitées dans l'amélioration variétale du manioc à travers des hybridations interspécifiques.

Compte-tenu du temps (5-7 ans et plus) nécessaire pour produire des variétés interspécifiques résistantes aux maladies, et vu le caractère épidémique de la MVAM qui cause près de 30 à 60% de pertes en rendement dans toutes les aires de culture du manioc, la recherche des méthodes de lutte efficaces et durables contre cette virose

est prioritaire dans l'amélioration de la production du manioc. C'est ainsi que dans le présent travail, on s'est proposé de greffer le cultigène sauvage de *M. glaziovii* sur des cultivars de *M. esculenta*. Cette méthode de propagation végétative nous permet d'étudier l'influence de *M. glaziovii* sur le développement de la MVAM et l'augmentation du rendement en tubercules des porte-greffes de *M. esculenta*.

Matériel et méthodes

Conditions climatiques

L'essai a été mené à la ferme expérimentale du département de Biologie et Physiologie Végétales de l'Université de Yaoundé I au Cameroun pendant la saison culturale 1999/2000. L'essai a été conduit sur un sol ferrallitique composé de limon/sable/argile (18:25:57), avec un pH (du sol) = 6 (laboratoire d'analyse des sols, IRAD Nkolbisson). Selon Ivontchik (18), le site expérimental est situé en zone agro-écologique de forêt humide, à pluviométrie bimodale (de mars en juin et de septembre en novembre). La pluviométrie moyenne annuelle est de 1600 mm. La température de l'air varie très peu et oscille autour de 23,6 °C; alors que l'humidité de l'air est toujours supérieure à 70% (3).

Matériel végétal

Trois cultivars de *M. esculenta* (deux cultivars améliorés: IITA 8034 et IITA 8061, et un cultivar local, Alot-Bikon) ont été utilisés en qualité de porte-greffes, et une variété de

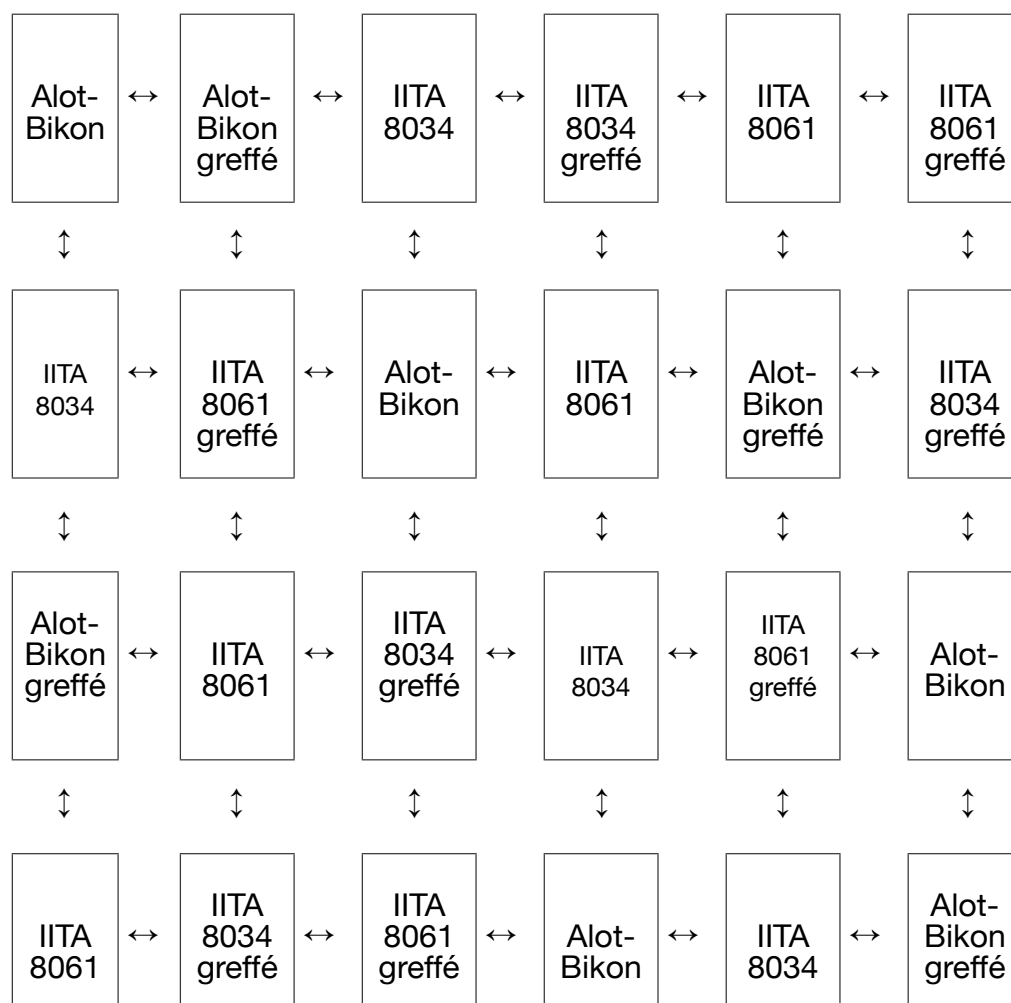


Figure 1: Dispositif expérimental. \leftrightarrow : Distance entre les parcelles (d= 1 m) \updownarrow : Distance entre les blocs (d= 2 m)

M. glaziovii a été étudiée comme greffon. Les cultivars de *M. esculenta* ont été obtenus de l'IRAD (Institut de Recherche Agricole pour le Développement) de Nkolbisson (Yaoundé). Les boutures de l'espèce sauvage ont été prélevées sur des tiges saines (suivant un diagnostic visuel) de *M. glaziovii* dans la forêt du Mbam et Kim (Cameroun).

Mise en place de l'essai

L'essai a été conduit sur un terrain labouré manuellement en utilisant une houe. Les boutures de 25 cm de long ont été plantées avec une inclinaison de 45°. Le dispositif expérimental était constitué en quatre blocs comportant chacun 6 traitements (parcelles élémentaires) randomisés (Figure 1).

Les témoins étaient constitués des plantes non-greffées de chaque cultivar. Chaque parcelle élémentaire mesurait 6 m × 2,5 m et portait 12 plantes. Les parcelles étaient séparées par une allée de 1 m et les blocs étaient distants de 2 m. Les écartements étaient de 80 cm entre les boutures plantées sur deux lignes distantes de 1 m dans chaque parcelle. Tous les cultivars de *M. esculenta* (porte-greffes) ont été plantés le même jour, le 18 avril 1999, pendant la première saison des pluies (mars-juin). Les plantes étaient entretenues par des sarclages à la houe en attendant le greffage qui devait se passer avant la floraison (qui se situe au stade de formation de branches), c'est-à-dire à 4 mois après bouturage.

Technique de greffage

Le greffage a été réalisé sur des plantes âgées de 100 jours (au début du 4^{ème} mois). Le greffage en couronne a été utilisé (4, 6, 9, 10, 15). La couronne a été réalisée à 30-40 cm au-dessus du collet après décapitation de la partie terminale feuillée de la tige à l'aide d'une machette tranchante et désinfectée avec de l'alcool éthylique à 95°. Une fente diamétrale a été pratiquée au sommet des porte-greffes. Les greffons, constitués de boutures de 20-25 cm de long et 1,5-2 cm de diamètre, ont été taillés à l'une des extrémités en simple biseau, puis introduits dans les fentes aussitôt le biseau réalisé. Le point de soudure a été ensuite ligaturé par une bande de parafilm stérile. La bande a été enlevée après débourrement des greffons (formation de 4 à 5 feuilles sur les greffons).

Collecte des données

Les données concernant la taille des plants (sur les cultivars de *M. esculenta* avant le greffage), le nombre de feuilles par plant (sur les cultivars de *M. esculenta* avant le greffage et sur les greffons après greffage) et le niveau d'attaque des plants par la MVAM (sur les cultivars de *M. esculenta* avant le greffage et sur les plantes greffées) ont été collectées à des intervalles d'un mois à partir du 30^{ème} jour après la plantation des boutures et à partir d'un mois après la date de réalisation du greffage. Le test a duré pendant 8 mois subdivisé en deux périodes de 4 mois avant et après le greffage. Quatre prélèvements ont été effectués dans chaque période.

L'étude de la MVAM a été faite suivant un diagnostic visuel basé sur l'observation des symptômes caractéristiques présents sur les feuilles des plants. La MVAM se manifeste sur les feuilles par des tâches irrégulières de couleur jaune, vert clair ou blanche, des déformations des feuilles et s'accompagne parfois d'un rabougrissement de la plante (20).

La détermination du degré de l'infection s'est faite par attribution d'une note en pourcentage estimée suivant la présence des symptômes sur la superficie des feuilles. La note d'infection attribuée à chaque plante, représentait la moyenne déterminée à partir des estimations faites sur les feuilles individuelles observées. Selon le système de Stankévich (22), la note de 0% correspond à l'absence

totale de symptômes. La note de 1-10% correspond à une légère présence des symptômes occupant en moyenne moins d'un quart de la superficie de la feuille. Une note de 11-30% est attribuée à une occupation de moins de la moitié de la surface foliaire par les symptômes. La note de 31-50% correspond à une infection couvrant les trois quarts de la superficie foliaire, et une note de 51-70% est attribuée à une infection recouvrant plus de trois quarts de la surface des feuilles. Une note de 71-100% correspond à une infection dont les symptômes couvrent entièrement la superficie foliaire, alors qu'une note de 100% concerne les feuilles complètement déformées ou mortes à cause de la maladie.

Le niveau de l'infection a été calculé selon la formule (20):

$$I = \Sigma AB/N$$

avec: I [%: intensité (sévérité) de l'infection]; A: nombre de plants malades; B: degré d'infection correspondant à A donné en pourcentage et, N: nombre total des plantes malades sur la parcelle (20).

Les teneurs de l'acide cyanhydrique (HCN) et de la matière sèche (MS) dans les feuilles et tubercules ont été déterminées 10 mois après plantation des boutures. Pour ce faire, 100g de feuilles et de tubercules frais ont été respectivement pesés puis broyés et séchés pendant 3 h dans une étuve à la température de 70 °C pour déterminer la MS, et ensuite le HCN dans les traitements témoins et greffés de chaque cultivar par la méthode de titration alcaline (13).

Le rendement en tubercules a été déterminé à la fin du cycle végétatif (maturité complète des tubercules) qui correspondait à 11 mois après plantation des boutures, par dénombrement et pesée des tubercules frais nettoyés (débarassés de toutes particules terreuses collantes) à l'aide d'une balance de précision ± 5 g (Sartorius). La grosseur des tubercules a été déterminée par mesure du diamètre à la base, à l'aide d'un pied à coulisse de modèle Ulrich et dont la longueur de la règle était de 20 cm, avec une précision de ± 0,1 mm. La longueur des tubercules a été déterminée à l'aide d'un mètre ruban graduée au mm près, en mesurant de la base jusqu'au bout opposé du tubercule.

Analyse statistique des données

Les données recueillies ont été soumises à une analyse de variance selon la procédure ANOVA à une dimension utilisant le logiciel S.A.S. Les résultats ont été traités par le test de χ et le test de Student-Fischer. Les moyennes ont été comparées dans les différents cas afin de les classer ou de les regrouper grâce au test de comparaison multiple de Duncan au seuil de 5%. Comme source de variation des résultats, ont été considérés: les blocs (répétitions) de l'essai, les variétés de manioc et le greffage de *M. glaziovii*. Si le test démontre que la variance n'a pas d'effet sur le paramètre étudié, alors le résultat est non significatif: $P > 0,05$ selon le test de Student-Fischer ou $F_{cal} < F_{lu}$ d'après le test de χ . Par contre, si le test démontre que la variance a une influence sur le paramètre, alors le résultat est significatif ($P < 0,05$), hautement significatif ($P < 0,01$) ou très hautement significatif ($P < 0,001$). Selon le test de χ , le résultat est significatif si $F_{cal} > F_{lu}$.

Résultats

Croissance et développement des plantes de manioc

Les résultats montrent que le taux de bourgeonnement des boutures a été d'environ 100% une semaine après plantation, tandis que le taux de régénération des greffons a été de 90%. La taille des 3 cultivars trois mois après plantation des boutures n'a montré aucune différence significative. Les données du tableau 1 représentent le nombre de feuilles formées sur les plants après plantation des boutures et sur les greffons après greffage.

Tableau 1
Nombre moyen de feuilles par plant après 1, 2, 3, 4 mois de végétation des boutures

Traitements	1 mois	2 mois	3 mois	4 mois	Moyenne
Alot-Bikon	6 a	16 a	23 a	52 a	24,2 a
Alot-Bikon greffé	6 a	19 a	49 b	90 b	41,3 b
IITA 8034	7 a	19 a	42 b	98 bc	41,5 b
IITA 8034 greffé	7 a	27 b	62 c	101 bc	49,3 c
IITA 8061	7 a	24 b	50 b	100 bc	45,3 bc
IITA 8061 greffé	6 a	40 c	58 c	112 d	54,0 d

Les chiffres de la même colonne suivis par la même lettre ne sont pas significativement différents selon le test de Duncan au seuil de 5%.

Quatre mois après plantation des boutures, sur les plants des traitements témoins (non-greffés), on a enregistré respectivement 24,2; 41,5 et 45,3 feuilles/plant sur Alot-Bikon, IITA 8034 et IITA 8061. Par contre, après 4 mois de croissance des greffons sur Alot-Bikon, IITA 8034 et IITA 8061, ces plants avaient formé respectivement en moyenne 41,3; 49,5 et 54,0 feuilles/plant. On note une différence significative ($P < 0,05$) entre le nombre de feuilles formées sur les greffons (*M. glaziovii*) et les cultivars de *M. esculenta* non-greffés.

Evolution de la mosaïque virale sur les plantes du manioc

Les données du tableau 2 présentent le développement de la MVAM sur les plants greffés et non-greffés selon une appréciation visuelle des symptômes de la maladie. L'infection a augmenté de manière linéaire sur tous les traitements en fonction du temps, à l'exception des traitements greffés où le degré d'infection a été constant et égal à zéro pendant les deux premiers mois de croissance des greffons. Les variétés utilisées présentent néanmoins différents niveaux de sensibilité. L'intensité d'infection sur les témoins Alot-Bikon, IITA 8034 et IITA 8061 a été respectivement de $54,3 \pm 1,4$; $51,6 \pm 1,4$ et $24,1 \pm 0,9\%$, tandis que quatre mois après greffage, les greffons de *M. glaziovii* dans les traitements greffés de IITA 8061, IITA 8034 et Alot-Bikon ont développé en moyenne des niveaux de sévérité de la maladie respectifs de $3,1 \pm 0,6$; $7,8 \pm 0,6$ et $9,4 \pm 0,6\%$. L'analyse de variance menée sur l'infection virale montre une différence hautement significative ($P < 0,01$) entre les traitements. Les greffons de *M. glaziovii* dans les

traitements greffés ont entraîné une réduction de l'infection virale d'environ 85% en moyenne par comparaison aux témoins (Tableau 2).

Qualité organoleptique des tubercules et les feuilles des plants de manioc

Les données du tableau 3 représentent les teneurs en matière sèche et en substances cyanogènes des feuilles et tubercules des plants greffés et non-greffés. Le taux de matière sèche des tubercules des plants non-greffés d'Alot-Bikon, IITA 8034 et IITA 8061 a été respectivement de $41,0 \pm 1,3$; $38,5 \pm 0,5$ et $36,0 \pm 0,4\%$ alors que chez les tubercules des plants greffés la teneur en matière sèche a été de $39,4 \pm 0,9\%$ pour le traitement Alot-Bikon greffé; $36,3 \pm 0,5\%$ pour IITA 8034 greffé et $41,0 \pm 0,4\%$ pour IITA 8061 greffé. Après analyse de variance, on a noté une différence peu significative ($P = 0,05$) pour la teneur en matière sèche des tubercules, entre les plants greffés et non-greffés d'une même variété. Le taux de matière sèche par contre a augmenté dans les feuilles des greffons par rapport aux plants non-greffés, mais les différences ont été peu significatives.

La teneur en HCN des tubercules a varié de 0,04 à 0,05% (Tableau 3). Pour les porte-greffes et les témoins de IITA 8034, la teneur en HCN des tubercules a été identique et égale à 0,05%. De même pour les témoins et les plantes greffées de IITA 8061, la teneur en HCN des tubercules a été identique et égale à 0,04%. Cependant, chez la variété Alot-Bikon, on a noté une différence non significative sur la teneur des tubercules en HCN entre les témoins (0,04%) et les plants greffés (0,05%). Par contre, la teneur en HCN a été plus élevée dans les feuilles des greffons (0,12-0,17%) par rapport aux plants non-greffés où on a enregistré 0,09 à 0,12% de HCN.

Tableau 2
Evolution de la sévérité de la mosaïque virale africaine sur les plants de manioc 1, 2, 3 et 4 mois avant et après le greffage

Traitements	Sévérité de l'infection virale (%)				Sévérité moyenne (%)	Diminution de l'infection (%) *
	1 mois	2 mois	3 mois	4 mois		
Alot-Bikon	$41,0 \pm 1,7a$	$48,9 \pm 1,3a$	$60,5 \pm 1,3a$	$66,8 \pm 1,2a$	$54,3 \pm 1,4a$	-
Alot-Bikon greffé	0,0 b	0,0 b	$12,5 \pm 1,2b$	$25,0 \pm 1,1b$	$9,4 \pm 0,6 b$	82,7 a
IITA 8034	$38,1 \pm 1,5a$	$47,2 \pm 1,3a$	$59,1 \pm 1,4a$	$62,1 \pm 1,5a$	$51,6 \pm 1,4a$	-
IITA 8034 greffé	0,0 b	0,0 b	$6,3 \pm 1,5 c$	$25,0 \pm 0,9b$	$7,8 \pm 0,6 b$	84,9 ab
IITA 8061	0,0 b	$21,2 \pm 1,2c$	$35,6 \pm 1,1d$	$38,7 \pm 1,2c$	$24,1 \pm 0,9c$	-
IITA 8061 greffé	0,0 b	0,0 b	$6,2 \pm 1,3 c$	$6,3 \pm 1,2 d$	$3,1 \pm 0,6 d$	87,1 bc
Diminution moyenne de l'infection dans l'essai (%)						85,0

Les moyennes de la même colonne suivies par des lettres différentes sont significativement différentes selon le test de Duncan au seuil de 5%.

*Diminution de l'infection virale suite au greffage de *M. glaziovii* selon les cultivars de *M. esculenta*.

Tableau 3

Teneur de l'acide cyanhydrique (HCN) dans les tubercules et feuilles des plants de manioc greffés et non-greffés en % pour 100 g de matière de sèche

Traitements	Matière sèche (%)		HCN (%)	
	Tubercules	Feuilles	Tubercules	Feuilles
Alot-Bikon	41,0 ± 1,3 a	26,7 ± 0,8 a	0,04 a	0,12 a
Alot-Bikon greffé	39,4 ± 0,9 a	29,1 ± 0,7 ab	0,05 a	0,14 a
IITA 8034	38,5 ± 0,7 ab	27,3 ± 0,8 a	0,05 a	0,09 b
IITA 8034 greffé	36,3 ± 0,5 b	29,7 ± 0,7 ab	0,05 a	0,12 a
IITA 8061	36,0 ± 0,4 b	27,0 ± 0,8 a	0,04 a	0,11 ab
IITA 8061 greffé	41,0 ± 0,4 a	32,8 ± 0,8 b	0,04 a	0,17 c

Les chiffres de la même colonne suivis par la même lettre ne sont pas significativement différents selon le test de Duncan au seuil de 5%.

Influence du cultigène sauvage sur le rendement en tubercules de manioc

Les résultats du tableau 4 montrent les caractéristiques des tubercules récoltés et le rendement en fonction des traitements. Le nombre moyen de tubercules formés par plant a varié selon les cultivars. L'utilisation du cultigène sauvage en qualité de greffon, a engendré une augmentation du nombre de tubercules par plant. Le plus petit nombre de tubercules a été obtenu chez les plants du cultivar local Alot-Bikon ($4,3 \pm 0,6$) tandis que le plus grand nombre a été enregistré dans le traitement IITA 8061 greffé ($10,0 \pm 0,2$ tubercules/plant), montrant ainsi une différence significative ($P < 0,05$). Les plants greffés ont formé de gros tubercules avec un diamètre variant de $15,1 \pm 0,1$ à $15,6 \pm 0,2$ cm par rapport aux témoins dont le diamètre moyen des tubercules variait de $10,0 \pm 0,2$ à $11,1 \pm 0,2$ cm. La longueur des tubercules a varié selon les cultivars et les traitements. Cette longueur a diminué chez les plants greffés comparativement aux plants non-greffés (témoins) de la même variété, mais les différences ont été peu significatives. Les plants de IITA 8061 greffé ont formé les plus longs tubercules par rapport à IITA 8034 greffé et Alot-Bikon greffé (Tableau 4). L'analyse de variance menée sur la longueur des tubercules (Tableau 4) a montré une différence très significative entre les traitements greffés des différents cultivars.

Les résultats obtenus ont montré que les plants greffés ont

produit de bons rendements en tubercules: des différences significatives ont été notées entre les traitements selon les porte-greffes. Les rendements moyens ont été de $23,9 \pm 1,1$ t/ha pour le traitement Alot-Bikon greffé, $48,5 \pm 0,9$ t/ha pour IITA 8034 greffé et $51,8 \pm 0,9$ t/ha pour IITA 8061 greffé. Par contre, chez les plants non-greffés des cultivars Alot-Bikon, IITA 8034 et IITA 8061 on a enregistré respectivement un rendement moyen de $16,6 \pm 1,1$; $36,5 \pm 0,5$ et $38,1 \pm 1,1$ t/ha. L'analyse de variance a montré une différence hautement significative sur le rendement en tubercules entre les porte-greffes et les témoins avec $F_{\text{cal}} = 92,27 > F_{\text{lu}} = 19,0$ d'après le test de χ .

Discussion

Le développement des parties aériennes des plants avant et après greffage laisse à supposer d'une part que les conditions atmosphériques [température (25 ± 2 °C), humidité de l'air (70-75%) et des pluies régulières] étaient favorables à la croissance des plants de manioc lors de l'expérimentation. D'autre part, on peut noter que les caractéristiques génétiques de *M. glaziovii* liées à son développement végétatif rapide et à sa résistance aux contraintes environnementales ont été mises en contribution (19) dans la croissance et le comportement des plants greffés vis-à-vis des maladies. Le taux de bourgeonnement

Tableau 4

Rendement en tubercules de manioc des plantes non-greffées et des porte-greffes 11 mois de végétation après plantation des boutures

Traitements	Caractéristiques des tubercules frais récoltés				Augmentation du rendement *	
	Nombre moyen de tubercules par plant	Diamètre moyen des tubercules (cm)	Longueur moyenne (cm) des tubercules	Rendement moyen des tubercules t/ha	t/ha	%
Alot-Bikon	4,3 ± 0,6a	10,0 ± 0,2a	32,5 ± 0,9 a	16,6 ± 1,1 a	-	-
Alot-Bikon greffé	4,4 ± 0,6a	15,4 ± 0,2b	31,9 ± 1,1 a	23,9 ± 1,1 b	7,3	44,0
IITA 8034	6,5 ± 0,4a	10,6 ± 0,2a	40,1 ± 0,7 b	36,5 ± 1,4 c	-	-
IITA 8034 greffé	7,2 ± 0,4a	15,1 ± 0,1b	39,7 ± 0,8 b	48,5 ± 0,9 d	12,0	33,0
IITA 8061	9,7 ± 0,2b	11,1 ± 0,2a	46,6 ± 0,8 c	38,1 ± 1,1 c	-	-
IITA 8061 greffé	10 ± 0,2b	15,6 ± 0,2b	45,8 ± 0,7 c	51,8 ± 0,9 e	13,7	35,9
Augmentation moyenne du rendement dans l'essai					11,0	40,0

Les moyennes de la même colonne suivies par des lettres différentes sont significativement différentes selon le test de Duncan au seuil de 5%.

*Augmentation du rendement en tubercules frais sous l'effet du greffage de *M. glaziovii* selon les cultivars de *M. esculenta*.

(90%) des greffons (boutures de *M. glaziovii*) montre que le greffage en couronne utilisé dans ce travail est bien applicable sur le manioc. Ceci confirme les recherches similaires menées par Mukibat en 1952 et des chercheurs de l'IITA et de l'ORSTOM (4, 6, 10, 15).

Le niveau d'infection virale très élevé sur les plantes non-greffées des cultivars de *M. esculenta*, jadis considérés comme tolérants (cf. matériel et méthode), montre la perte de résistance de ces cultivars vis-à-vis de la MVAM (5, 7, 11). Tous les trois cultivars testés ont été fortement infectés par la MVAM, ce qui témoigne du caractère épidémique de cette maladie dans les zones de production du manioc (7, 12, 16, 17, 23).

Les greffons de *M. glaziovii* ont été plus résistants à la MVAM, confirmant ainsi les résultats obtenus dans nos recherches antérieures (3) et ceux d'autres chercheurs (10, 15, 19) sur la tolérance de l'espèce *M. glaziovii* aux maladies telles que la mosaïque virale, la cercosporiose, l'antracnose et la bactériose. Le greffage du cultigène sauvage engendre une réduction de l'infection virale d'environ 85% en moyenne, ce qui explique a priori le choix de cette espèce (*M. glaziovii*) comme greffon dans cette technique de multiplication végétative du manioc pour l'amélioration de la production des tubercules et pour la résistance aux conditions environnementales (6, 10, 15). La résistance des plants greffés (greffons) à la MVAM aurait une corrélation positive avec la teneur plus élevée en HCN dans les feuilles des greffons de *M. glaziovii* en comparaison aux variétés de *M. esculenta* testées (11, 21). En effet, les valeurs obtenues sur les teneurs en matière sèche et en HCN des tubercules des plants greffés et non-greffés étaient statiquement identiques. Ceci montre que le greffage de *M. glaziovii* sur les cultivars de *M. esculenta* n'a aucune influence sur la qualité des tubercules.

Les résultats obtenus pour le rendement des tubercules dans cette étude montrent que le greffage de *M. glaziovii* sur les cultivars de *M. esculenta* augmente le rendement de ce dernier. Cette hausse du rendement est sûrement liée à la haute tolérance des greffons à la MVAM (3, 4, 10,

19). En effet, la diminution des symptômes de la MVAM sur les feuilles des greffons a augmenté les surfaces foliaires impliquées dans la photosynthèse qui a entraîné une plus grande formation des hydrates de carbone, d'où les hauts rendements en tubercules observés chez les plants greffés par rapport aux témoins dont les feuilles ont été plus infectées.

Conclusion

Au terme de cette étude, on peut retenir d'une part que la mosaïque virale africaine est une maladie à caractère épidémique dans les zones de production du manioc en Afrique et particulièrement au Cameroun. D'autre part, l'utilisation de la résistance aux contraintes phytosanitaires de *M. glaziovii* (greffon) à travers le greffage en couronne sur les cultivars de *M. esculenta* (porte-greffes) est une méthode efficace qu'on peut intégrer dans la lutte contre la MVAM, car elle réduit l'infection virale de plus de 85%. La technique de greffage de *M. glaziovii* qui a augmenté de plus de 40% le rendement en tubercules dans cet essai, peut servir de méthode alternative à l'hybridation interspécifique pour l'amélioration des rendements du manioc et la résistance à la MVAM.

Le greffage reste la seule méthode agrotechnique permettant d'exploiter en une saison culturale les caractéristiques de l'espèce sauvage (*M. glaziovii*). Considéré comme méthode de propagation végétative et démontré pour la première fois dans ce travail au Cameroun comme méthode de protection potentielle contre la MVAM, le greffage est une technique simple à apprendre et facilement applicable dans les petites unités de production. Etant donné que le manioc jusqu'à présent est produit sur des parcelles paysannes très réduites au Cameroun et dans beaucoup des pays tropicaux, la vulgarisation du greffage de *M. glaziovii* sur les cultivars de *M. esculenta* auprès des paysans entraînerait une augmentation de la production des tubercules de manioc et pourrait par conséquent contribuer à la lutte contre la pauvreté en zone rurale.

Références bibliographiques

1. Abdullahi I., Atiri G., Winter S. & Thottappilly G., 1998, Differentiation of whitefly, *Bemisia tabaci*, biotypes from different regions in Africa and their relation to the occurrence of mosaic geminiviruses. Mitt. A.d. Biol. Bundesanst. H., 357-384.
2. Abdullahi I., Atiri G., Winter S. & Thottappilly G., 2003, Molecular characterization of whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleurodidae) populations infesting cassava. Bulletin of Entomological Research, 93, 97-106.
3. Ambang Z., Amougou A., Ndongo B., Nantia J., Nyobe L. & Ongono Y.S.B., 2006, Tolérance de quelques cultivars de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) et de l'espèce sauvage (*Manihot glaziovii*) à la mosaïque africaine et à la cercosporiose du manioc. Tropicultura 25, 3, 140-145.
4. Ameeruddy P. & Pinglo E., 1989, Mukibat grafting to increase tuber production. Phytopractices in tropical regions. A preliminary survey of traditional crop improvement technic. UNESCO, Presses universitaires de France. Vendôme, 26-28.
5. Bock K.R. & Harrison B.D., 1985, African cassava mosaic virus pp. 337-345, In: Plumb R.T. & Tresh J.M. (Eds), Plant virus epidemiology, Oxford: Blackwell Scientific publications.
6. Bruijn de G.H. & Dharmaputra T.J., 1974, The Mukibat system: a high yielding method of cassava production in Indonesia. Neth. Jour. Agri. Sci. 22, 89-100.
7. Bull G.E., Karakacha H.W., Briddon R.W., Nziokis G., Maruthi M.N., Stanley J. & Winter S., 2003, Occurrence of East African Cassava Mosaic Virus (EACMV) in coastal Kenya. New Disease Reports, 7, 37-46.
8. Centro International de Agricultura Tropical (CIAT), 1988, Cassava programme. Cali, Colombia, 158 p.
9. Danthu P., Hane B., Bâ S., De Troyer M.A. & Soloviev P., 2001, Microgreffage de 4 espèces ligneuses sahéliennes en vue de leur rajeunissement. Tropicultura, 19, 1, 43-47.
10. Dizes J., 1977, Essais de greffage de *Manihot glaziovii* sur *M. esculenta*. ORSTOM, 10 p.
11. Fauquet C. & Fargette D., 1990, Résumé sur l'épidémiologie du virus de la mosaïque africaine du manioc. ORSTOM, 1-6.
12. FEWS, 1998, La mosaïque du manioc menace la sécurité alimentaire en Afrique de l'Est. Rapport spécial, 4, 11-15.
13. Grace M.R., 1978, Traitement du manioc pp. 28-34. In: Production et protection des plantes. FAO, Rome.
14. Gumedzoe M.Y.D., 2001, Les maladies virales des cultures vivrières en Afrique (cas du manioc). Séminaire sur les biotechnologies, biosécurité et biodiversité. UYI, Faculté des Sciences, 20 Avril 2001, Yaoundé, 15 p.
15. International Institute of Tropical Agriculture (IITA) report, 1980, Grafting wild cassava *Manihot glaziovii* with cultivars of *M. esculenta* for control against major diseases and pests. IITA Edition, Ibadan, 10 p.
16. International Institute of Tropical Agriculture (IITA) report, 2000, The assessment of cassava pests and diseases in Kinshasa and Bas Congo. IITA Edition, Ibadan, 56 p.
17. International Institute of Tropical Agriculture (IITA) report, 1997, The cassava mosaic disease in East Africa. IITA Edition, Ibadan, 26 p.
18. Ivontchik P.I., 1989, Agriculture de l'Afrique Occidentale. Editions MIR, Moscou, 373 p.
19. Lefèvre, 1989, Recherche des souches de l'espèce sauvage de manioc *Manihot glaziovii* résistantes aux maladies et aux conditions environnementales. ORSTOM, 11-19.
20. Ouzounov I.S., 1988, Les maladies du manioc. Phytopathologie tropicale.

- Editions Université de l'Amitié des Peuples, Moscou, 114-144.
21. Rosling H., Mlingi N., Tylleskar T. & Banea M., 1992, The role of cyanogenesis in cassava. *In*: Causal mechanisms behind human diseases induced by cyanide exposure from cassava. Proceedings of first Cassava biotechnology Network, 366-373.
22. Stankévich A.M., 1969, Méthodes d'évaluation des dommages causés par les maladies chez les plantes cultivées. Editions Koloss, Moscou, 126 p.
23. Thresh J.M. & Otim G.W., 1998, Cassava mosaic virus disease pandemic. SPORE, 47, 17-18.

Z. Ambang, Camerounais, Ph.D. (Protection des végétaux / Phytopathologie), Chargé de Cours au Département de Biologie et Physiologie Végétales, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, Cameroun.

A. Amougou, Camerounais, Doctorat d'Etat (Botanique et Ecologie), Professeur, Chef de Département de Biologie et Physiologie Végétales, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, Cameroun.

B. Ndongo, Camerounais, Ph.D (Phytopharmacie/Environnement), Chargé de Cours au Département de Biologie et Physiologie Végétales, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, Cameroun.

J. Nantia, Camerounais, Ingénieur Agronome, DESS en production des semences, en fonction au Ministère de l'Agriculture à Yaoundé, Cameroun.

G.M. Chewachong, Camerounais, MSc., Doctorant au Département de Biologie et Physiologie Végétales, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, Cameroun. Enseignant en anglais dans les Lycées, Yaoundé-Cameroun.

AVIS

Nous rappelons à tous nos lecteurs, particulièrement ceux résidant dans les pays en voie de développement, que TROPICULTURA est destiné à tous ceux qui œuvrent dans le domaine rural pris au sens large.

Pour cette raison, il serait utile que vous nous fassiez connaître des Institutions, Ecoles, Facultés, Centres ou Stations de recherche en agriculture du pays ou de la région où vous vous trouvez. Nous pourrions les abonner si ce n'est déjà fait.

Nous pensons ainsi, grâce à votre aide, pouvoir rendre un grand service à la communauté pour laquelle vous travaillez.

Merci.

BERICHT

Wij herrineren al onze lezers eraan, vooral diegenen in de ontwikkelingslanden, dat TROPICULTURA bestemd is voor ieder die werk verricht op het gebied van het platteland en dit in de meest ruime zin van het woord.

Daarom zou het nuttig zijn dat u ons de adressen zou geven van de Instellingen, Scholen, Faculteiten, Centra of Stations voor landbouwonderzoek van het land of de streek waar U zich bevindt. Wij zouden ze kunnen abonneren, zo dit niet reeds gebeurd is.

Met uw hulp denken we dus een grote dienst te kunnen bewijzen aan de gemeenschap waarvoor u werkt.

Dank U.

Impact of Land-use Systems on some Physical and Chemical Soil Properties of an Oxisol in the Humid Forest Zone of Southern Cameroon

V. Agoumé¹* & A.M. Birang²

Keywords: Humid forest soils- Land-use systems- Particle size distribution- Soil chemical properties- Lime requirement- Management options- Cameroon

Summary

A field study was carried out in the village Ngoungoumou in the humid forest zone of Cameroon to assess changes in particle size distribution and soil chemical properties in relation to different land-use systems. These strongly acid soils are mainly composed of clay and sand, and are generally devoid of crop nutrients at the benefit of exchangeable Al occupying the nearly entire exchange complex. The major portion of the nutrients is stored in the top-soil, together with the organic matter. Land-use systems significantly affected the clay, the silt and the sand fractions. Sand and silt decreased with the soil depth whereas clay increased with it. Soil pH, total N, organic carbon, available P, exchangeable Ca, exchangeable Al, sum of bases, ECEC and Al saturation significantly differed with the land-use systems. Al saturation increased with soil depth, and the top-soils presented acidity problems while the sub-soils exhibited Al toxicity. *Chromolaena odorata* fallows presented relative higher soil fertility, secondary forests and cocoa plantations the lower. Utilization of harvest residues, wood ash or lime; Ca, N, P, K and Mg fertilizations according to crop requirement; acid-tolerant crops and N fixing trees for acid soils appear to be the most appropriate soil management options.

Résumé

Impact des systèmes d'utilisation des terres sur quelques propriétés physiques et chimiques d'un Oxisol dans la zone forestière humide du Sud Cameroun

Une étude a été effectuée dans le village Ngoungoumou en zone de forêt humide du Sud Cameroun en vue d'évaluer les fluctuations de la texture et des propriétés chimiques du sol par rapport aux différentes utilisations des terres. Ces sols très acides sont principalement composés d'argile, et sont généralement dépourvus d'éléments nutritifs au profit de l'Al échangeable occupant presque entièrement le complexe d'échange. La majeure portion d'éléments nutritifs est stockée dans la couche supérieure avec la matière organique. Les systèmes d'utilisation des terres ont affecté significativement les fractions argileuse, limoneuse et sableuse. Le pH du sol, l'azote total, le carbone organique, le P assimilable, le Ca échangeable, l'Al échangeable, la somme des bases, l'ECEC et la saturation d'Al varient significativement suivant les types d'utilisation des terres. L'azote total et la saturation d'Al augmentent avec la profondeur du sol. Les jachères de *Chromolaena odorata* montrent une fertilité élevée alors que les forêts secondaires et les cacaoyères présentent une fertilité faible. L'utilisation des résidus de récolte, des cendres de bois, le chaulage et les fertilisations calcique, azotée, phosphatée, potassique et magnésique, la mise en plantation de cultures et de légumineuses acido-tolérantes paraissent être les alternatives les plus appropriées de gestion des sols.

Introduction

Lal (16) and Shepherd *et al.* (30) experienced that land use in tropical ecosystems could cause significant modifications in soil properties. Schipper and Sparling (29), and Birang *et al.* (2) added that those modifications were biologically and chemically more rapid than physically. Forest ecosystems are important both ecologically and economically. It is arguable that the most fundamental dynamic of the forest ecosystem is the forest soil. The acidity of forest soils can alter the chemistry, biology, and hydraulics of the soil, and thus, alter the soil formation characteristics and the soil composition. In consequence, that in the fragile tropical forest ecosystems, the acidification of soils demands a great deal of research and attention. In the humid forest zone of Cameroon, slash-and-burn is commonly practiced to settle perennial or annual crops. Shifting cultivation, with one to two years of cropping followed by fallow periods, is widespread. Research of impacts on the soil is important to determine how soil fertility can be maintained and the land-use systems improved. Shepherd *et al.* (30) observed no change in particle size distribution and significant modifications in chemical properties in the top-soil that affects agricultural productivity. In this study, the effects of land-use systems are evaluated on the following soil

properties: particle size distribution (sand, clay, silt), pH, organic carbon, total nitrogen, available P, exchangeable bases (Ca, Mg, K), exchangeable Al, ECEC, base saturation and Al saturation in soils of secondary and young forests, cocoa plantations, *Chromolaena odorata* fallows and cropped fields of Ngoungoumou village near Ebolowa in Cameroon.

Material and methods

Location

The geographical references of Ngoungoumou village are 12° 01' E, 3° 18' N and its elevation is about 585 meters above the sea level in the forest zone of Cameroon (Figure 1). Annual rainfall in the area is bimodal. Rains start in mid-March and end in mid-June, followed by a short dry season of 7 to 8 weeks, then recommence in mid-September and stop in mid-December. The climate is humid tropical, with mean annual rainfall of 1350-1900 mm and air temperature of 22-26 °C. The natural vegetation is a dense humid semi-deciduous tropical forest. Most of the upland soils belong to the group of Kandiodox (35).

¹Station de l'Institut Agricole pour le Développement de Bertoua. P.O. Box 203, Bertoua, Cameroon.

²Institut de Recherche Agricole pour le Développement, P.O. Box 2067, Yaoundé, Cameroon.

*Corresponding author. Tel.: (237) 959 82 37. E-mail: vagoume@yahoo.com

Received on 19.06.06 and accepted for publication on 20.05.08.

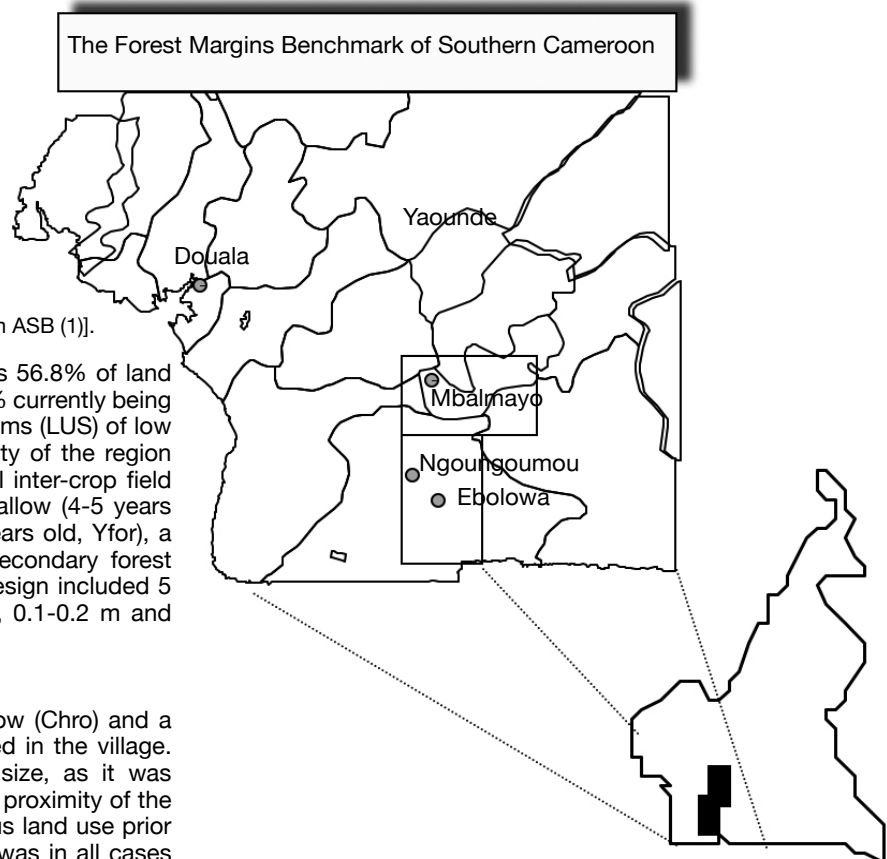


Figure 1: Location of the study site [adapted from ASB (1)].

According to Nolte *et al.* (23), this area has 56.8% of land under forest, 10.2% under fallow and 12.6% currently being cropped. The 5 commonest land-use systems (LUS) of low level of deforestation and land-use intensity of the region are: a groundnut / maize / cassava annual inter-crop field (Crop), *Chromolaena odorata* dominated fallow (4-5 years old, Chro), a young forest fallow (12-15 years old, Yfor), a shaded cocoa plantation (Coco) and a secondary forest (> 30 years old, Sfor). The experimental design included 5 land-use systems, 3 soil depths (0-0.1 m, 0.1-0.2 m and 0.2-0.3 m) and 5 replicates.

Experimental set-up

A 4-5 years old *Chromolaena odorata* fallow (Chro) and a 10-12 years old forest (Yfor) were identified in the village. The site was selected on the basis of: size, as it was required to be at least 100 m x 25 m large; proximity of the two vegetation types; and, that the previous land use prior to vegetation succession to Chro or Yfor, was in all cases a mixed food crop field dominated by groundnut, maize and cassava. The site was divided into 6 plots, 15 m x 15 m, located in the centre of the site and thus leaving border up to 5 m with the bordering vegetation. Three plots were cleared and burned and 3 served as undisturbed controls. In February 2000, the Chro plot and the under-storey of the Yfor were slashed. In the Yfor plot, all trees were manually felled. The biomass was left to dry and burned by the end of March 2000. In both fallow types, unburned materials were piled and burned again. The 3 cropped and the 3 undisturbed plots served as replicates.

An intercrop of groundnut (*Arachis hypogea* L.) local cultivar, maize (*Zea mays* L.) cultivar CMS 8704 and cassava (*Manihot esculenta* Crantz) cultivar 8017 was planted in both fallow types. First, groundnuts were seeded at approximately 20 seeds.m⁻¹, by tilling the grains into the soil with hand hoes. Cassava was planted at 1.5 m x 1.5 m inter- and intra-row distance. Two, approximately 0.3 m long, cassava sticks were planted in each hole. Two pockets of two maize seeds were planted between cassava pockets at 0.5 m distance between cassava pockets, yet only in one direction of the lines. Seedlings were in April 2000 and 2001.

Soil sampling, physical and chemical analyses

Between May and August 1999, prior to establishing the cropped plots, five monoliths of 0.5 m x 0.5 m x 0.3 m (L x W x D) were dug out along a 100 m transect in each fallow. Soil samples were taken from these monoliths at three different depths (0-0.1 m, 0.1-0.2 m and 0.2-0.3 m) for physical and chemical analysis. Bulk soil samples were horizontally collected, air-dried, ground to pass a 2-mm mesh sieve and used for determining soil textural classes and chemical characteristics.

In 2001, soil was sampled at 0-0.1 m, 0.1-0.2 m and 0.2-0.3 m depths at groundnut and maize harvest in July. All the samples were oven dried at 65 °C, the ground to pass through a 0.5 mm mesh size sieve and analyzed for pH, total N, organic C, available and exchangeable Ca, Mg, K and Al.

Soil particle size was determined by the pipet method (10). Soil pH was determined in a water suspension at a 2:5 soil/water ratio. Exchangeable Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Al³⁺ and available P were extracted by the Mehlich-3 procedure (19). Cations were determined by atomic absorption spectrophotometry and P by the Malachite green colorimetric procedure (21). Organic C was determined by chromic acid digestion and spectrophotometry (11). Total N was determined using the Kjeldahl method for digestion and ammonium electrode determination (3, 4).

Statistical and numerical analyses

Analyses of variance were conducted using the General Linear Model (GLM) procedure of SAS. Statistical comparisons of land-use systems were performed by analysis of variance. The data for the various soil depths were grossly analyzed. When an F-test proved significant at p < 0.05, the means were grouped after the Student-Newman-Keuls Test.

Results and discussion

Effect on soil particle size distribution

The soils are mainly composed of sand and clay, clay being the most representative fraction. Silt represents 22.34 per cent in the top 0-0.1 m layer, 19.67 per cent in the 0.1-0.2 m layer and 12.59 per cent in the 0.2-0.3 m layer. The top-soil (0-0.1 m) features as a clay loam and the sub-soil as a clay. This derives from the dissolution and leaching of silica due to high rainfall.

Land-use systems significantly affected the sand, the clay and the silt fractions of the soils (Figure 2). The sand and silt percentages decreased with the depth whereas the clay percentage increased with it, which was a sign of clay translocation. Clay accumulation in the sub-soil could result in reduced porosity, increased water retention and reduced drainage. But Voundi Nkana and Tonye (38) did not find that land-use systems affect the silt fraction distribution may be because their soils had less silt (11.6 per cent) compared to

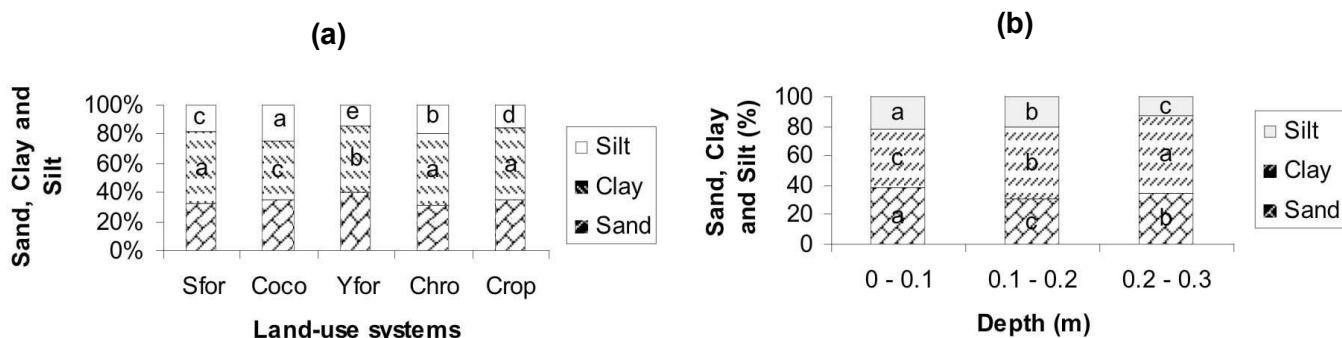


Figure 2: (a) Effect of land-use systems on soil particle size distribution

(b) Soil particle size distribution in relation to the depth.

the present ones (21 per cent) within the top 0-0.2 m layer. Kauffmann *et al.* (15) and Voundi Nkana and Tonye (38) found similarly that continuous cropping and intensive land use affected the particle size distribution and that these changes related to cultivation time. On the contrary, Shepherd *et al.* (30) observed no effect of land-use systems on soil particle size distribution. The closeness or differences of results might be due to the similarities or differences in ecosystems and climates of the places of the experiments. Nevertheless, as the overall soil texture must take into account both soil organic carbon and Ca contents (7), soils under *Chromolaena odorata* follows had the highest Ca contents and the rest of land uses the lowest. Soils under secondary forests had the highest organic carbon contents

and *Chromolaena odorata* follows the lowest. All the land-use systems had a clay texture, except cocoa plantations that had a clay loam texture (Figure 2a). All this let presume that *Chromolaena odorata* follows had the highest fertility and secondary forests the lowest. That statement will have to be confirmed or denied by the interpretations of soil chemical properties.

Effect on soil chemical properties

All the measured soil chemical properties varied under the influence of the land-use systems (Table 1, Figures 3). Soil pH, total nitrogen, Organic carbon, available P, exchangeable Ca, exchangeable Al, base saturation, Al saturation and ECEC were significantly affected by the land-use systems.

Table 1
Effects of land-use systems on chemical properties of the soil

LUS	pH _{H₂O} (1:2.5)	Total N (%)	Org. C (%)	LogavP* mg. kg ⁻¹	Ca	Mg	K	Al	ECEC
Sfor	4.13c	0.17a	2.24a	0.98a	0.35b	0.27a	0.09a	4.39a	5.10a
Coco	4.30b	0.10b	1.35c	0.65b	0.32b	0.24a	0.07a	3.53b	4.16b
Yfor	4.59a	0.12b	1.72b	0.75ba	0.82b	0.50a	0.07a	1.90d	3.29c
Chro	4.75a	0.11b	1.48cb	0.47b	1.42a	0.43a	0.10a	2.70c	4.66ba
Crop	4.75a	0.10b	1.41c	0.74ba	0.75b	0.32a	0.08a	1.96d	3.12c
P	<0.0001	<0.0001	<0.0001	=0.0008	= 0.0006			< 0.0001	< 0.0001
R ² (%)	85	88	87	89	71			91	79
C.V. (%)	4.17	21.26	19.63	41.88	97.80			17.43	16.70
√MSE	0.19	0.03	0.32	0.30	0.70			0.51	0.68
Mean	4.50	0.12	1.64	0.72	0.72			2.94	4.09

* LogavP= Log available P
LUS= Land-use systems.

Table 2
Soil chemical properties changes in relation to the depth

Depth(m)	pH _{H₂O} (1:2.5)	Total N (%)	Org. C (%)	LogavP mg.kg ⁻¹	Ca	Al	ECEC
0 - 0.1	4.45b	0.19a	2.52a	1.77a	1.60a	2.26c	4.62a
0.1 - 0.2	4.33c	0.10b	1.29b	0.29b	0.25b	3.89a	4.42a
0.2 - 0.3	4.72a	0.08c	1.16b	0.15b	0.35b	2.64b	3.26b
P	<0.0001	<0.0001	<0.0001	< 0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

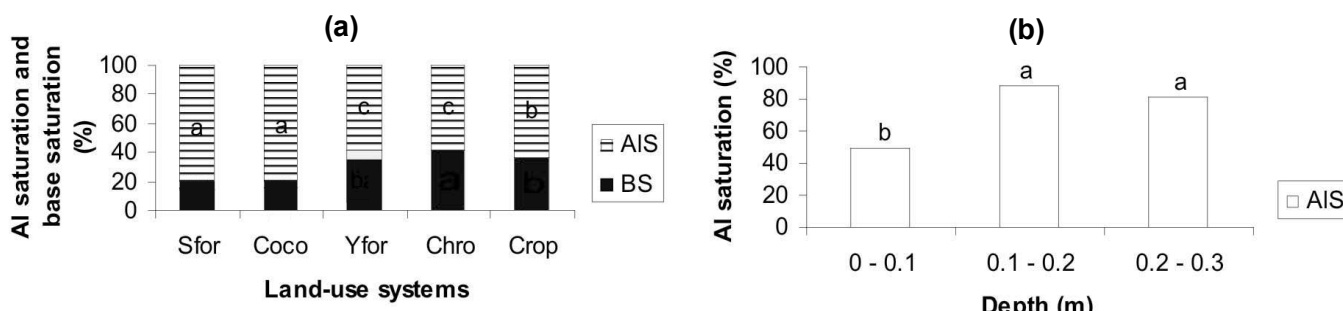


Figure 3: (a) Effect of land-use systems on base saturation (BS) and Al saturation (AIS)

(b) Soil Al saturation changes in relation to the depth.

Soil pH and nutrients were low (Table 1). Due to the strong acidity ($\text{pH} < 5.5$), these soils contained Al in the exchangeable form. The very low ECECs reminded that the adsorption capacity of these soils was humus-dependent. Menzies and Gillman (20) and Voundi Nkana *et al.* (36) justified this low and variable character of the CEC within the Cameroon humid forest zone by the domination of low-activity components such as kaolinite, Fe and Al (hydr)-oxides in these soils. That resulted from the higher degree of weathering of rock constituent minerals. In such soils, a large part of the plant nutrients and about 90 per cent of the capacity of the soil nutrient retention depends on soil organic matter (15). Buol *et al.* (5) noted that soils with ECEC of 4 me/100g or less had limited ability to retain nutrient cations. The Al saturation increases with the soil depth (Figure 3b) from 49 per cent in the top-soil up to 81-88 per cent in the sub-soil (Table 2). Sanchez and Couto (27) defined two important thresholds values: soils with 10-60 per cent Al saturation present acidity problems while soils with more than 60 per cent Al saturation exhibit Al toxicity. Thus acidity problems will occur in the top-soil and Al toxicity problems in the sub-soil.

Statistically the three depths significantly differ for most soil properties except for Mg and K. The relative richness of the top 0-0.1 m layer (Table 2) could be attributed to the regular restitution of N, P and basic cations at the soil surface via decomposition or burning of plant residues or biomass (6). The limited amount of exchangeable Al in the top-soil could be due to complexation with organic matter because it is in that layer where this latter concentrated.

In general, soils of *Chromolaena odorata* fallows presented a higher fertility level (higher soil pH, higher Ca content and lower Al saturation) compared to those of the other land-use systems (Table 1, Figure 3a). Soils under secondary forests and cocoa plantations showed a lower soil fertility level.

Although in another soil types and climate, and with different land-use systems, Schipper and Sparling (29) and Shepherd *et al.* (30) obtained similar results for the chemical status among land-use systems. According to those authors, soil chemical status was increased in non-woodland systems, due to management. The highest soil fertility status in *Chromolaena odorata* fallows could be thus due to the fact it is herbaceous, covers well the soil-surface and does not immobilize plant nutrients for a long period in the standing biomass leading to a shortening of the nutrient cycling. In addition, these fallows might have especially taken advantage of the residual effect of the wood ash from the slash-and-burn practice.

In cropped fields, the ash deposited by the slash-and-burn practice releases alkaline cations (Ca, Mg and K) and P, causing high pH, available P and low exchangeable Al values (6, 13). The lowest content of organic carbon in soils under cropped fields is due to the rapid decomposition and mineralization of organic matter subsequent to clear cutting of the forest and burning (24) because of low temperature and low pH. Indeed, high temperature and high pH stimulate biological activity. Therefore, decomposition rates of organic matter increases with increasing temperatures and pH. The reverse situation occurs in the case of secondary forests.

The lowest soil fertility status in secondary forests and cocoa plantations is due to natural acidity conditions in the soil (6). Moreover, Erisman and Heij (8) found that natural and anthropogenic atmospheric acidifications take place regardless of the type of land use. According to them, apart from rarely serious direct damage by NH_3 and SO_2 on plant leaves, atmospheric acidification on arable land is of little concern in the Netherlands. Firstly, most agricultural land is regularly limed or made so to undo the effects of natural acidification and of crop removal. Secondly, forest soils are usually poorer (i.e. lower in bases and in weatherable

minerals) than most agricultural soils, and are therefore more sensitive to acidification by strong mineral acids. Thirdly, dry deposition is generally higher on trees than on lower vegetations, increasing the acid deposition on forests relative to that on agricultural land. Deposition on forests is increased most strongly along forest edges. Acid forest soils often develop high levels of soluble aluminum. In fact, the more acidified a soil is, the more aluminum rich clay particles will release Al into solution (31). This can be seen from field research as demonstrated by Mulder *et al.* (22).

Differentiation factors

Under secondary forests and cocoa plantations, erosion is minimal and the particle size distribution is dominated by the clay fraction in the top and sub-soil (Figure 2). Soil fertility then depends on the organic matter supply by the natural vegetation and the nutrient cycling (13). In cropped fields, exposure of the soil surface to heavy rains brings about erosion, rapid decomposition and mineralization of soil organic matter, and intense leaching of nutrients. Important changes could therefore occur in base and Al saturation, and in soil nutrient levels (Table 1, Figure 3). In cropped fields, a significant benefit of slash and burn is the rapid release of nutrients from the ash to the soil (12, 34). Burning and plowing lead to the destruction and rapid decomposition of soil organic matter and reduce the contribution of organic and microbial processes to nutrient cycling (13). However, the fertility status depends on the inevitable loss of soil nutrients in crop harvest and additional losses by leaching and runoff.

Consequences for agricultural development

Soil acidity and aluminum toxicity constrain agricultural production in several ways. Farmers are limited to planting crop species or cultivars that tolerate such conditions. Many acid soils "fix" or hold phosphorus, making it unavailable for plant growth. Soil acidity can also be a barrier to root development, limiting a plant ability to reach moisture in the sub-soil. In the humid tropics, soil acidity and associated problems often lead to land abandonment and the perpetuation of slash-and-burn agriculture (33). These conditions are inherent to the nature of the soils of the rainforest zone.

Recommendations

Improving and maintaining soil productivity include erosion control, liming and fertilizer application. Residues from harvests must be used to cover the soil surface in order to minimize the effects of erosion especially in cropped fields. For nutrients that persist in the soil such as P, Mg and K, commercial fertilizers can compensate for nutrients taken up by plants or lost by runoff and leaching. For mobile nutrients like N, because uptake, runoff and/or leaching can be immediate, adding commercial fertilizers is not an option but a must and the application must be split.

Between 3.14 t and 7.24 t $\text{CaCO}_3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (or 1.76 t to 5.34 t $\text{CaO} \cdot \text{ha}^{-1}$) must be applied to increase the soil pH and eliminate Al toxicity (14). Phosphorus additions must take into account both the adsorption capacity and P requirements of the soil (20). Phosphorus requirements in soils under different land-use systems, as determined by using the relationship established by Menzies and Gillman (20) for various humid forest zone top-soils of Cameroon, ranged from 119 to 175 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Table 3).

Basic cations must be applied in proportion to achieve an ideal soil complex. According to Liebhardt (18), the ideal is to have the exchange complex saturated with 65 per cent Ca, 10 per cent Mg and 5 per cent K. But fluctuations of between 65 and 85 per cent Ca, 6 and 12 per cent Mg and, 2 and 5 per cent K do not affect the production capacity of the soil. Calculations showed that in all the land-use systems, none of the plant nutrients fulfils the ideal condition of

Table 3
Lime, Ca, N, P, Mg and K requirements

Land-use systems	Lime (t ha ⁻¹)		Ca (t ha ⁻¹)	N	P	Mg (kg ha ⁻¹)	K
	CaCO ₃	CaO					
Sfor	7.24	4.06	2.97	0.83	175	144	161
Coco	5.82	3.26	2.38	1.00	137	106	135
Yfor	3.14	1.76	1.32	0.95	147	103	92
Chro	4.46	2.50	1.61	0.98	119	22	130
Crop	3.24	5.34	1.28	1.00	146	5	74

saturation of the exchange complex stated above. So Ca, Mg and K cations have been ideally made adsorbed. According to the guidelines advocated by Landon (17), N is rated low in all these land-use systems and has been brought up to the medium level.

Secondary forests on strongly acid and leached soils depend on internal cycling to meet their mineral requirements (13) and do not need nutrient management. Recommended rates of nutrient application are listed in table 2.

Management options

Farmers finding lime and mineral fertilizers expensive look forward to cheaper alternatives. Agroforestry seems to be the most appropriate. The use of acid-tolerant species or cultivars is the first step for low-input soil management (25, 26). In addition, agroforestry is considered particularly applicable to marginal soils with severe physical, chemical or drought constraints (28). On acid soils of the tropics, the fundamental challenge is to recycle the limited nutrients available in soil-plant systems (32). Planting nitrogen fixing trees and crops in agroforestry system is one low-input technology that helps maintain levels of nitrogen, a key nutrient for plant growth.

An even cheap alternative for the farmers of Ngougoumou is the use of wood ash, which is widely available and considered as waste by the wood industries. Since the government stopped subsidizing the use of commercial fertilizers and amendments, the use of wood ash, is a justified option, as no farmers have no access to financial credit. Ash is a good source of Ca, K, P and Mg (9). Its

application in tropical acid soils can help increasing soil pH and neutralizing Al toxicity and at the same time it could supply P and K (37, 38).

Conclusion

The strongly acid soils of Ngougoumou area are mainly composed of sand and clay. They are poor in organic carbon, total nitrogen and ECEC. The soil nutrients are mainly stored in the top-soil, together with the organic matter. Land-use systems significantly affect the clay, silt and sand fractions. High proportions of clay are found in soils of secondary forests, *Chromolaena odorata* fallows and less in soils under cocoa plantations. Soil pH, exchangeable Al, organic carbon, available P, base and Al saturations, exchangeable Ca and ECEC significantly changed with the land-use systems. Soils of *Chromolaena odorata* fallows presented a higher fertility level than those under secondary forests and cocoa plantations. For agricultural development, utilization of harvest residues, wood ash or liming; Ca, N, P, K and Mg fertilizations according to crop requirement; acid-tolerant crops and N fixing trees for acid soils appeared to be the most important management options.

Acknowledgement

The authors thank the Priority Program Biodiversity in Disturbed Ecosystems of WOTRO, the Netherlands Foundation for the Advancement of Tropical Research, for its financial support.

Literature

- ASB, 2000, Summary report and synthesis of phase II in Cameroon. ASB: Nairobi.
- Birang A.M., Hauser S., Brussaard L. & Norgrove L., 2003, Earthworm surface-casting activity on slash-and-burn cropped land and in undisturbed *Chromolaena odorata* and young forest fallow in south Cameroon. *Pedobiologia*, 47, 811-818.
- Bremner J.M. & Tatabai M.A., 1972, Use of an ammonia electrode for determination of ammonium in Kjeldahl analysis of soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 3, 71-80.
- Bremner J.M., 1982, Inorganic nitrogen. In: Page A.L., Miller R.H., Keeney D.R., *Methods of soil analysis Part 2. 2nd (eds)*. American Society of Agronomy, Madison.
- Buol S.W., Sanchez P.A., Cate R.B. Jr. & Granger M.A., 1975, Soil fertility capability and classification. A technical soil classification system of soil fertility management. In: Bornemisza E. and Alvarado A. *Soil Management in Tropical America (eds)* (pp. 126-145). North Carolina University, Raleigh, NC.
- Dabin B., 1984, Les sols acides tropicaux. *Cahiers ORSTOM, série Pédologie*, 21, 7-19.
- Duchaufour P., 1960, Précis de pédologie. Masson & C^{ie}, éditeurs, 120, Boulevard Saint-Germain, Paris (VI^e). 419 p.
- Erisman J.W. & Heij G.J., 1991, Concentrations and deposition of acidifying compounds. P. 51-96. In: Heij G.J. and Schneider T. (Eds) *Acidification research in the Netherlands. Studies in Environmental Science*, 46, Elsevier, Amsterdam.
- Etiegni L. & Campbell A.G., 1991, Physical and chemical characteristics of ash wood. *Bioresource Technology*, 37, 173-178.
- Gee G.W. & Bauder J.W., 1986, Particle size analysis. In: Klute A. *Methods of soil analysis (eds)*. Part I, 2nd edition. Agronomy Monograph N° 9. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 383-411.
- Hearnes D.L., 1984, Determination of organic carbon in soils by an improved chromic acid digestion and spectro-photometric procedure. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15, 1191-1213.
- Jordan C.F., 1985, *Nutrient cycling in forest ecosystems*. Wiley: New York, NY.
- Juo A.S.R. & Manu A., 1996, Chemical dynamics in slash-and-burn agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 58, 49-60.
- Kamprath E.J., 1970, Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. *Soil Science Society of America Proceedings*, 24, 252-254.
- Kauffmann S., Sombroek W. & Mantel S., 1998, Soils of rainforests: characterization and major constraints of dominant forest soils in the humid tropics. In: Schulte A. and Ruhayat D. *Soils of Tropical Forest Ecosystems (eds)*: Characteristics, Ecology and Management, Springer-Verlag, Berlin, pp. 9-20.
- Lal R., 1996, Deforestation and land-use effects on soil degradation and rehabilitation in Western Nigeria. I. Soil physical and hydrological properties. *Land Degradation & Development*, 7, 19-45.
- Landon J.R., 1991, *Booker Tropical soil manual: a handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the Tropics and Subtropics*. Paperback edition. Longman Science and Technology, Harlow.
- Liebhardt W.C., 1981, The basic saturation concept and lime and potassium recommendations on Delaware's coastal plain soils. *Soil Science Society of America Journal*, 45, 544-549.

19. Mehlich M., 1984, Mehlich 3 soil test extractant. A modification of Mehlich 2 extractant. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 15, 1409-1416.
20. Menzies N.W. & Gillman G.P., 1997, Chemical characterization of soils of a tropical humid forest zone: a methodology. *Soil Science Society of America Journal*, 61, 1355-1363.
21. Motomizu S., Wokimoto P. & Toei K., 1983, Spectrophotometric determination of phosphate in river waters with molybdate and malachite green. *Analyst (London)*, 108, 361-367.
22. Mulder J., Van Grinsven J.J. & Van Breemen N., 1987, Impacts of acid atmospheric deposition on woodland soils in the Netherlands: III. aluminum chemistry. *Soil Science Society of America Journal*, 51, 1640-1646.
23. Nolte C., Kotto Same J., Moukam A., Thenkabail P.S., Weise S.F., Woomer P.L. & Zafack L., 2001, Land use characterization and estimation of carbon stocks in the alternatives to slash and burn benchmark area in Cameroon. *Resource and Crop Management Research Monograph*, Vol. 28, 25 pp., International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria.
24. Nye P.H. & Greenland D.J., 1964, Changing in the soil after clearing a tropical forest. *Plant and Soil*, 21, 101-112.
25. Reddell P., 1993, Soil constraints to growth of nitrogen-fixing trees in tropical environments. *In: N.S. Subba Rao and C. Rodriguez-Barrueco (eds), Symbiosis in nitrogen-fixing trees*. New Delhi: Oxford and IBH Publishing Co. pp. 65-79.
26. Sanchez P.A. & Salinas J.G., 1981, Low input technology for managing Oxisols and Ultisols in Tropical America. *Adv. Agron.* 34, 279-406.
27. Sanchez P.A., Couto W. & Buol S.W., 1982, The fertility applicability and modification. *Geoderma*, 27, 283-309.
28. Sanchez P.A., 1987, Soil productivity and sustainability in agroforestry systems. *In: H.A. Steppeler and P.K.R. Nair (eds), Agroforestry. A decade of development*. Nairobi: ICRAF, pp. 205-23.
29. Schipper L.A. & Sparling G.P., 2000, Performance of soil condition indicators across taxonomic groups and land uses. *Soil Science Society of America Journal*, 64, 300-311.
30. Shepherd G., Bureh R.J. & Gregory P.J., 2000, Land use affects the distribution of soil inorganic nitrogen in smallholder production systems in Kenya. *Biology and Fertility of Soils*, 31, 348-355.
31. Singer M.J. & Munns D.N., 1996. *Soils: an introduction*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey.
32. Sutherland J.M. & Sprent J.I., 1993, Nitrogen fixation by legume trees. *In: N.S. Subba Rao and C. Rodriguez-Barrueco (eds), Symbiosis in nitrogen-fixing trees*. New Delhi: Oxford and BH Publishing Co, pp. 33-54.
33. TropSoils, 1991, Technical Report for 1988-1989. Raleigh. NC: TropSoils Management Entity, 357 pp.
34. Tulaphitak T., Pairintra C. & Kyuma K., 1985, Changes in soil fertility and soil tilth under shifting cultivation. 2: changes in soil nutrient status. *Plant and Soil*, 31, 239-249.
35. USDA., 1986, Amendments to soil taxonomy. Oart 615 (430-VI-NSTH). INCOMLAC. Soil Conservation Service, Washington, DC.
36. Voundi Nkana J.C., Demeyer A., Baert G., Verloo M.G. & Van Ranst E., 1997, Chemical fertility aspects influenced by the mineralogical composition of some acid tropical soils of the forest zone in Central Cameroon. *AGROCHIMICA*, 41, 209-220.
37. Voundi Nkana J.C., Demeyer A. & Verloo M.G., 1998, Chemical effects of wood ash on plant growth in tropical acid soils. *Bioresource Technology*, 63, 251-260.
38. Voundi Nkana J.C. & Tonye J., 2002, Assessment of certain soil properties related to different land-use systems in the Kaya watershed of the humid forest zone of Cameroon. *Land Degradation and Development*. Published online in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com) DOI: 10.1002/ldc.519.

V. Agoumé, Cameroonian, MSc in Soil and Water, Soil Fertility and Plant Nutrition specialization, Provincial Chief of Scientific Research of the East / Provincial Supervisor of the Heavily in Debt Poor Country Project – Seeds of the East.
A.M. Birang, Cameroonian, PhD, Senior Researcher at the Soil, Water and Atmosphere Programme of the Institute of Agricultural Research for Development (IRAD), P.O. Box 2067, Messa, Yaoundé, Cameroon.

Influence des facteurs écologiques (température et hygrométrie) sur le développement de la cochenille farineuse du manioc (*Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero, Homoptera: Pseudococcidae)

D. Obame Minko*

Keywords: Mealybug- Cassava- Temperature- Hygrometry- Ivory Coast

Résumé

La cochenille du manioc (*Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero) a été introduite accidentellement en Afrique au début des années 70, en provenance de l'Amérique du Sud. Depuis cette date, elle cause beaucoup de dégâts aux cultures de manioc, denrée d'importance capitale dans l'alimentation des Africains au sud du Sahara. Dans le souci de comprendre l'évolution des effectifs du déprédateur dans la nature, nous avons étudié l'effet de la température et de l'hygrométrie, facteurs écologiques essentiels influençant le développement. La température favorise l'éclosion des œufs, réduit la durée du développement embryonnaire, larvaire et du cycle tandis que l'hygrométrie a une action négligeable sur la durée des stades de développement de la cochenille. Toutefois, étant des fonctions inverses dans la nature, ces deux facteurs pourraient s'influencer mutuellement au champ.

Summary

The Influence of Ecological Factors (such as Temperature and Hygrometry) on the Development of Cassava Mealybug (*Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero, Homoptera: Pseudococcidae)

Phenacoccus manihoti Matile-Ferrero cassava mealybug was accidentally carried away from South America to Africa by early 70s. Since then, it has been inducing a lot of damage to cassava cultures, which cassava remains the main foodstuff in the southern Sahara inhabitant's nutrition. Being anxious to understand the depredator population evolution in the nature, we have studied the temperature and hygrometry as main ecological factors helpful to development. The temperature favours eggs hatching and reduces the duration of embryonic, larval and cycle development whereas hygrometry's action on mealybug development can be neglected. As both factors are opposite functions in the nature, mutual influence on the field can be possible.

Introduction

Le manioc est une denrée de première nécessité en Afrique intertropicale (3), avec une production avoisinant 50 millions de tonnes (6).

Mais, les dégâts provoqués par la cochenille du manioc *Phenacoccus manihoti*, surtout au cours de la saison sèche sont spectaculaires (1, 2, 5). Ils sont caractérisés par une chute prématurée des feuilles colonisées, un ralentissement de la croissance apicale et la mort de jeunes plants de manioc (1, 4, 10). L'expansion rapide du ravageur et l'accroissement des dégâts qui lui sont attribués, imposent aujourd'hui des recherches orientées notamment vers une maîtrise de la bioécologie de l'insecte. La connaissance des fluctuations d'effectifs sous l'effet des facteurs physiques de l'environnement est une donnée fondamentale, dans l'interprétation des mécanismes de variation d'abondance du ravageur dans la nature et la mise en place des stratégies de lutte efficaces.

La croissance d'une population animale est fonction entre autres, de la fécondité et de la mortalité des individus ainsi que de la durée du développement, chacun de ces paramètres étant lui-même influencé par les facteurs du milieu (9).

Foua-Bi (7) indique que de nombreux auteurs se sont préoccupés depuis longtemps de l'influence de la température sur les insectes, et c'est surtout la durée de leur développement qui fut étudiée en premier lieu par Réaumur en 1735 et Bonnet en 1779. Il ajoute que Bachmetzew, en 1907, a fait le point des limites géographiques du développement, de la survie de diverses espèces d'insectes et de l'influence de la température sur ceux-ci.

L'ambiguïté qui règne autour du rôle exact de l'hygrométrie sur la biologie des insectes, nous a poussés à étudier l'importance de ce facteur sur les paramètres de développement de la cochenille.

Pour apprécier les effets respectifs de la température et de

l'hygrométrie sur le développement du déprédateur, nous avons réalisé notre travail au laboratoire, en conditions contrôlées. Les paramètres de développement étudiés sont la durée des différents stades et celle du cycle biologique d'une part; la maturation sexuelle, la ponte et l'éclosion des œufs d'autre part.

Matériel et méthodes

Matériel végétal

Nous avons utilisé des boutures de manioc de la variété "Bonoua" en provenance d'Abobo, un quartier d'Abidjan.

Matériel entomologique

Le matériel entomologique utilisé est une souche de cochenille *P. manihoti*. Cette souche, acclimatée de Côte d'Ivoire, a été récoltée à Abobo, un quartier d'Abidjan. Pour nos différents essais, nous avons utilisé la cochenille sous divers stades biologiques (œufs, larves et adultes).

Matériel technique

La culture du manioc s'effectue dans des sachets de polyéthylène noirs de 20 cm de haut et 10 cm de diamètre. Ces sachets sont perforés de trous à la base pour l'évacuation de l'excès d'eau d'arrosage.

Pour des élevages de masse ou des études de maturation sexuelle ou de fécondité, des cages en bois de 60 cm x 50 cm x 50 cm vitrées sur un côté et contenant des cochenilles sur des plants de manioc, ont été utilisées. L'incubation des œufs de la cochenille a nécessité l'utilisation des logettes qui sont des cellules d'élevage. Une loupe binoculaire, de marque Wild M5 a été utilisée pour l'observation et le dénombrement des œufs et des larves de premiers stades.

De petites aiguilles de laboratoire ont permis de faire l'infestation par prélèvement des larves de premier stade,

*Département de biologie, Université des Sciences et Techniques de Masuku, B.P. 913, Franceville, Gabon.
Reçu le 01.12.06 et accepté pour publication le 23.05.08.

et un petit pinceau pour le prélèvement des cochenilles de stades supérieurs. Des étuves Memmert, thermostatées, ont été utilisées pour avoir les différentes températures expérimentales. Enfin, un pulvérisateur d'eau et des récipients remplis d'eau de nébulisation, ont permis de garder la valeur de l'hygrométrie constante lors des essais.

Technique de culture

Des boutures de manioc sont plantées verticalement aux 2/3 de leur longueur dans de la terre appropriée, contenue dans des sachets plastiques; le substrat est maintenu humide grâce à des arrosages fréquents (1 fois tous les 2 jours). Pour assurer une standardisation certaine, nous avons cultivé notre manioc selon la même technique et avec le même substrat.

Le manioc ainsi planté a été placé dans une serre, en conditions naturelles, où la température et l'hygrométrie étaient régulièrement mesurées par un thermohygromètre. Et l'enracinement se produit au bout d'une dizaine de jours, à des températures voisines de 26-27 °C. Pour les essais, nous avons utilisé le manioc, au stade de 2 feuilles épanouies qui suivent le bourgeon apical.

Techniques d'infestation du manioc

Dépôt des feuilles infestées sur les feuilles des plants sains

Cette technique a été utilisée pour faire l'élevage de masse, qui nous a permis d'obtenir un grand nombre de cochenilles nécessaires aux différentes manipulations expérimentales.

Dépôt des larves isolées sur les feuilles des plants sains

L'application de cette technique est intervenue lorsque nous avons à déterminer la durée des différents stades larvaires successifs et celle du cycle complet du ravageur. Ainsi, nous avons procédé au dépôt des larves néonates (L1), le jour même de leur naissance (sortie après éclosion de l'œuf), sur les feuilles des plants sains.

Techniques d'élevage de *P. manihoti*

Après l'opération d'infestation du manioc, on peut suivre le développement de la larve à l'adulte, jusqu'à la ponte des œufs à différentes températures et hygrométries.

Maturation sexuelle

Nous avons déposé sur chaque feuille des 20 plants de manioc utilisés, une larve néonate, soit 40 individus au total, que nous avons introduits dans des armoires à culture vitrées et ventilées. Nous les avons suivis individuellement à différentes températures (20 °C, 25 °C, 27 °C et 30 °C) avec

une hygrométrie voisine de 65%; à différentes hygrométries (60%, 65% et 90%) avec une température fixée à 27 °C. La maturation sexuelle des cochenilles est atteinte dès qu'elles commencent à produire l'ovisac, structure de couleur blanc-coton apparaissant à l'extrémité de l'abdomen.

Incidence de la température sur la ponte des œufs

Nous disposons de 4 lots de 50 cochenilles matures (avec ovisac), dont nous avons observé respectivement la ponte dans 4 étuves vitrées et ventilées portées à 4 températures différentes (20 °C, 25 °C, 27 °C et 30 °C). Nous nébulisons les étuves avec des récipients et un nébulisateur ordinaire, pour maintenir l'hygrométrie ambiante à environ 65%.

Incidence de la température sur le développement embryonnaire et l'éclosion

Nous avons utilisé la technique d'incubation des œufs, inspirée des logettes que Nickel utilisa en 1960 pour l'étude des tétranyques (3). L'étude du développement embryonnaire et l'éclosion des œufs à différentes températures (15 °C, 20 °C, 25 °C, 27 °C, 30 °C et 35 °C) s'est faite avec 25 cellules d'élevage contenant chacune 35 œufs, soit au total 875 œufs dans chaque cas. Les unités d'élevage ainsi constituées ont été déposées dans 6 étuves vitrées, thermostatées et ventilées. Le papier filtre sur lequel reposaient les œufs est resté légèrement mouillé en permanence (nous l'humidifions toutes les 24 heures), ce qui a maintenu une hygrométrie voisine de 100% et permis une incubation satisfaisante. La différence entre le nombre d'œufs incubés (à différentes températures) et le nombre d'œufs éclos a permis de calculer le pourcentage d'éclosion dans chaque cas.

Incidence de la température sur la durée des stades de développement et du cycle biologique

Après avoir recueilli les larves néonates provenant des cellules d'élevage ci-dessus, leur développement individuel a été suivi à différentes températures expérimentales. Au total, 35 larves ont été suivies dans chaque cas, jusqu'à l'état imaginal. L'essai a lieu dans des étuves "Memmert" vitrées et thermostatées à 20 °C, 25 °C, 27 °C et 30 °C, pour une hygrométrie de 65%.

Incidence de l'hygrométrie sur la ponte des œufs

Nous avons 3 lots de 50 cochenilles matures dont nous suivons la ponte dans 3 enceintes ayant des hygrométries différentes (60%, 65% et 95%). La température à laquelle se réalise l'essai est de 27 °C.

Incidence de l'hygrométrie sur la durée des stades de développement et du cycle biologique

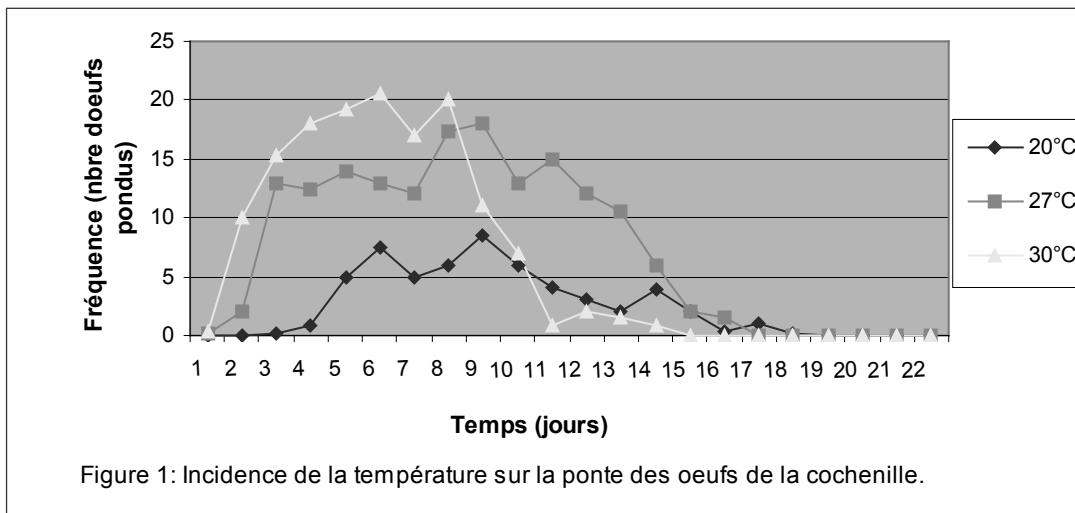


Figure 1: Incidence de la température sur la ponte des oeufs de la cochenille.

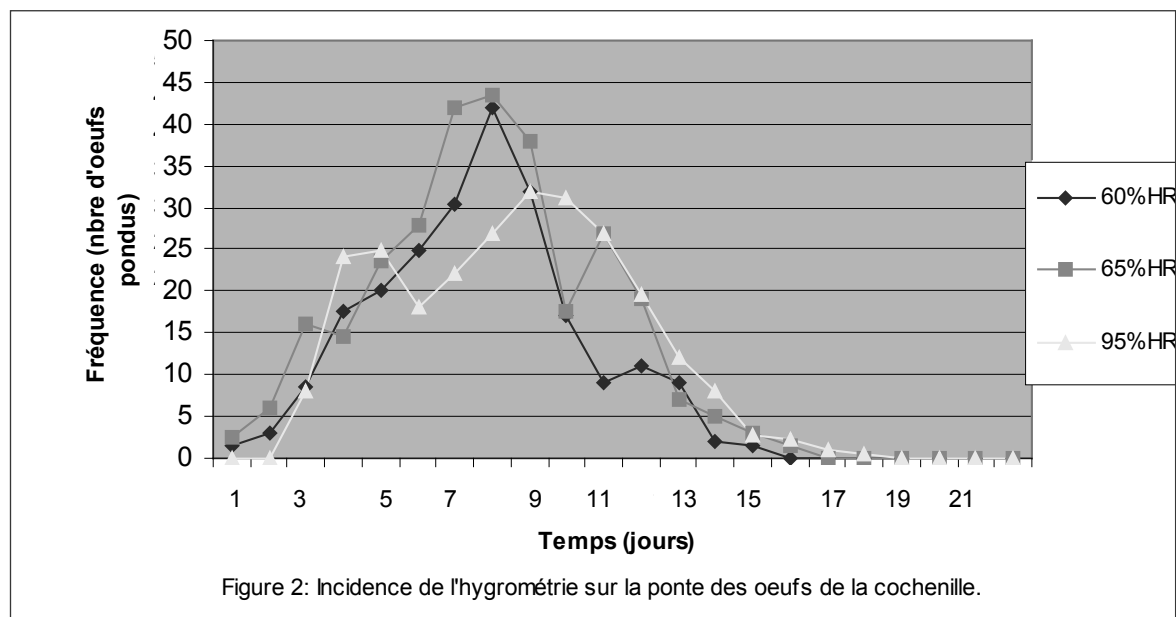


Figure 2: Incidence de l'hygrométrie sur la ponte des oeufs de la cochenille.

L'importance du facteur hygrométrique sur le développement de *P. manihoti* a été recherchée sur trois valeurs seulement (60%, 65% et 90%), faute de matériel pouvant nous permettre d'avoir une gamme plus étalée. La première valeur est obtenue par assèchement du milieu expérimental à l'aide du silicate de silice qui est un bon dessiccateur. La valeur de 65% est offerte directement par les conditions de l'étuve. Enfin, la valeur tendant vers la saturation est obtenue par nébulisation à l'aide des récipients remplis d'eau et grâce à un pulvérisateur ordinaire. Comme précédemment, nous avons utilisé des étuves "Memmert" vitrées et thermostatées à 27 °C. Un thermohygromètre est placé dans chaque enceinte pour le contrôle continu de la température et de l'hygrométrie.

Résultats

Incidence de la température

➤ sur le délai de maturation sexuelle

Les résultats obtenus montrent que la température accélère la maturation sexuelle, avec respectivement 54,50; 22,69; 20,40 et 16,05 jours à 20; 25; 27 et 30 °C.

➤ sur la ponte des oeufs

A des températures plus élevées, nous enregistrons les niveaux de ponte les plus importants et les durées de ponte sont fonction inverse de la température (Figure 1).

➤ sur le développement embryonnaire et l'éclosion des oeufs

La température a une action directe aussi bien sur la durée de développement embryonnaire que sur le taux d'éclosion (Tableau 1). La durée du développement embryonnaire diminue lorsque la température est plus élevée. Les taux d'éclosion ont une valeur optimale pour 27 °C. De part et d'autre de cette température, les taux d'éclosion baissent progressivement. Par ailleurs, les valeurs thermiques plus fortes ou plus faibles provoquent des mortalités embryonnaires plus ou moins importantes. En outre, à 15°C, le développement embryonnaire est particulièrement long (plus de 40 jours) et les quelques rares éclosions enregistrées (4,3%) donnent des larves non viables. A cette température, la mortalité est donc totale (100%).

➤ sur la durée des stades de développement et le cycle biologique

L'augmentation de la température se traduit globalement par une diminution de la durée du développement, aussi bien embryonnaire que larvaire et donc sur celle du cycle biologique complet (Tableau 2). En revanche, à 35 °C, les larves néonates meurent en quelques minutes. Cette température s'est donc révélée létale pour la cochenille.

Incidence de l'hygrométrie

➤ sur le délai maturation sexuelle

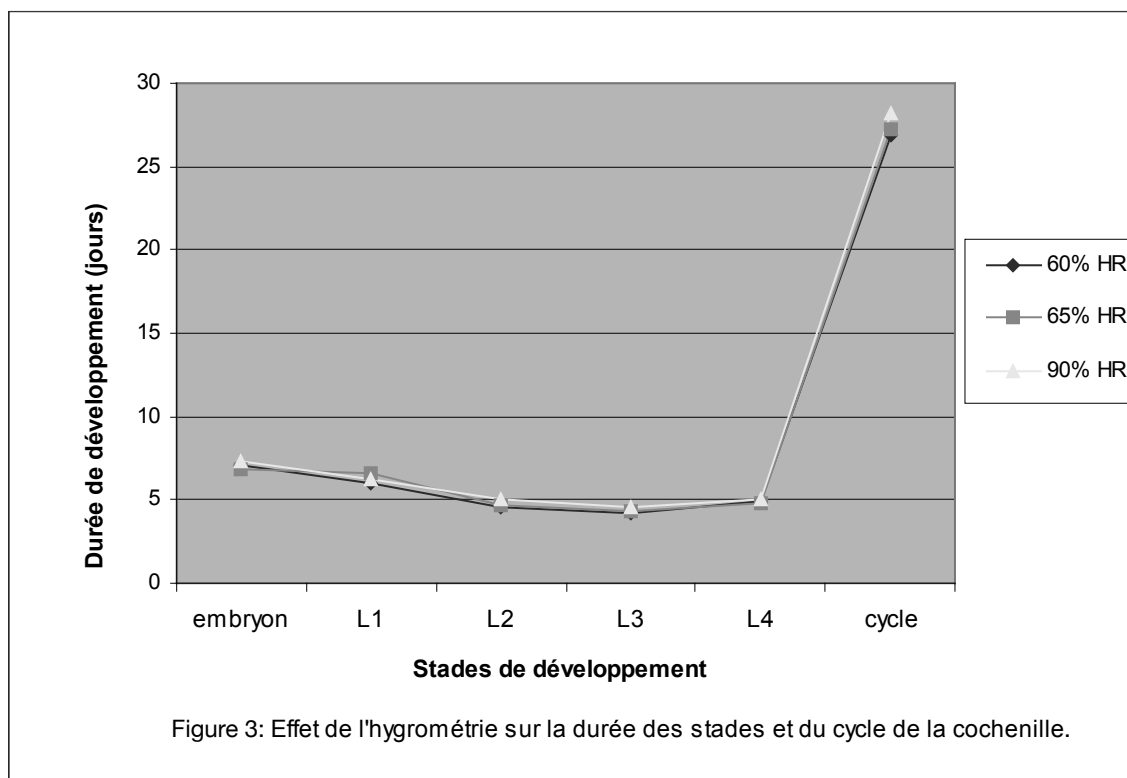
Le délai de maturation sexuelle des femelles semble

Tableau 1
Incidence de la température sur le développement embryonnaire et l'éclosion des oeufs de la cochenille

Température (°C)	15	20	25	27	30	35
Durée développement embryonnaire (jours)	43	13,63	7,25	6,97	6,38	5,90
% éclosion	4,3	75,5	88,5	98,5	83,4	62,4

Tableau 2
Influence de la température sur la durée des stades de développement et du cycle biologique de la cochenille

Stade développmt	Embryon	L1	L2	L3	L4	cycle
20 °C	15,29 ± 1,06	10,9 ± 1,38	7,87 ± 1,17	7,24 ± 0,74	7,47 ± 0,96	48,87 ± 3,01
25 °C	8 ± 0,92	6,53 ± 0,90	4,94 ± 0,85	5,51 ± 0,82	5,76 ± 0,78	30,74 ± 1,33
27 °C	6,82 ± 0,97	6,59 ± 0,96	4,65 ± 0,88	4,38 ± 0,70	4,80 ± 0,76	27,24 ± 1,75
30 °C	6,15 ± 0,56	5,47 ± 0,66	4,26 ± 0,71	3,85 ± 0,86	4,26 ± 0,79	23,99 ± 0,87



augmenter légèrement avec l'hygrométrie. Sa durée moyenne est de 20,13; 20,40 et 21,34 jours à 60, 65 et 90% d'humidité respectivement.

➤ sur la ponte des œufs

Les pontes les plus rapides et les moins étalées dans le temps s'observent pour les hygrométries les plus basses (Figure 2). Le nombre d'œufs pondus est plus élevé et plus étalé dans le temps, lorsque le niveau d'hygrométrie est plus grand. Ainsi, les pontes les plus importantes et les plus étalées s'obtiennent à 95%, suivies de celles de 65% et de 60% d'hygrométrie.

➤ sur le développement embryonnaire et l'éclosion des œufs

Les résultats obtenus (Tableau 3) montrent que la durée du développement embryonnaire augmente avec l'hygrométrie. Il en est de même du pourcentage d'éclosion qui, lui aussi croît lorsque l'humidité du milieu devient plus importante.

➤ sur la durée des stades de développement et le cycle biologique

Les résultats obtenus (Figure 3) font apparaître que l'hygrométrie n'a pas d'effet significatif sur la durée des différents stades de développement et du cycle.

Discussion

La température apparaît finalement comme le facteur dont les variations entraînent les modifications les plus importantes des paramètres de développement de *P. manihoti*. Le Rü & Fabres (8) soulignent que l'importance de la température comme facteur de variation du pouvoir de multiplication avait été montrée à maintes reprises, notamment sur les Homoptères Aphididae par Barlow en 1962, sur *Myzus persicae* Sulzer et *Macrosiphum euphorbiae* Thomas, et par Deloach en 1974 sur *M. persicae*.

Avec un optimum thermique de 27 °C, *P. manihoti* peut se développer dans une gamme de températures comprise entre 15 °C et 35 °C. Il est particulièrement intéressant de relever que les températures moyennes journalières des

Tableau 3
Incidence de l'hygrométrie sur le développement embryonnaire et l'éclosion des œufs de la cochenille

Hygrométrie (%)	60	65	95
Durée développement embryon. (jours)	4,93	5,58	6,97
% éclosion	41,66	80,55	97,22

régions tropicales où vivent les cochenilles s'inscrivent dans cet intervalle. Dans ces conditions, l'estimation expérimentale des modifications des paramètres biologiques de *P. manihoti* prend alors toute sa valeur. En effet, à l'aide de simulations utilisant les données expérimentales, il est toujours possible de prévoir la dynamique des populations de la cochenille au champ (5). La gamme de préférence thermique explique la rapide adaptation et l'expansion de la cochenille en Afrique tropicale, après son introduction accidentelle. La température réduit considérablement le délai de maturation sexuelle, ce qui représente un avantage pour l'insecte, dans la multiplication de ses effectifs. Cette donnée est d'autant plus importante en conditions naturelles intertropicales, quand on sait que *P. manihoti* a une reproduction parthénogénétique, de type thélytoque (11). De plus, le taux net de reproduction, élevé, est compris entre 400 et 500 œufs par femelle (8, 11). Le taux de reproduction, tout comme le pourcentage d'éclosion et l'espérance de vie, sont d'une grande importance dans des études de dynamique des populations (5, 9). Ces paramètres permettent en effet de calculer l'indice d'accroissement naturel qui, selon Fabres & Boussienguet (5), peut être considéré comme le trait d'union entre la biologie de l'individu telle qu'on peut l'étudier en laboratoire et les variations d'abondance de ses populations dans le champ. Quant à l'hygrométrie, les durées du développement embryonnaire, larvaire et du cycle semblent ne pas être influencées par ce facteur écologique. Lorsqu'il y a diminution accentuée de l'humidité, on note un assèchement important du chorion des œufs, avec mort de l'embryon. Mais quand cette baisse est relative, il devrait avoir accélération des processus physio-biochimiques, assortie d'une réduction de la durée du développement. Ce

qui est le cas par exemple du Diptère *Lucilia*, dont la durée de développement embryonnaire diminue quand l'humidité relative augmente, pour atteindre son optimum à 100% (comm. Pers.).

Pour ce qui est de *P. manihoti*, les résultats enregistrés offrent donc une différence fondamentale par rapport à ce qui se passe ordinairement chez la plupart des insectes (*Lucilia*, *Musca*, *Ephestia*, *Locusta*, ...). Cette différence pourrait s'expliquer en grande partie par la structure du chorion des œufs et de ses réactions vis-à-vis du facteur hygrométrique. De même, les valeurs d'hygrométrie plus faibles pourraient favoriser le phénomène de mue, permettant ainsi au tégument de l'insecte de lâcher plus facilement pour former l'exuvie, sous la pression du corps. Il convient de signaler ici que le chorion des œufs et le tégument de *P. manihoti* possèdent une structure très souple et perméable, d'où sa présence fréquente dans les climats chauds et humides ou semi-arides. L'insuffisance des données bibliographiques faisant état de l'étude de l'éclosion et du développement des insectes, notamment *P. manihoti*, en fonction de l'hygrométrie uniquement constitue une grande lacune. Toutefois, la

température et l'hygrométrie étant des fonctions inverses dans la nature, ces deux paramètres pourraient s'influencer mutuellement au champ. Ainsi, on pourrait penser qu'à une hygrométrie plus faible (dans les limites vitales), le chorion de l'œuf de *P. manihoti* étant plus sec, se déchire plus facilement, sous la pression de l'embryon au terme de son développement.

Conclusion

L'augmentation de la température semble être le principal facteur responsable de la gradation des effectifs de la cochenille, avec un optimum se situant autour de 27 °C. La connaissance de la bio-écologie permettra de prévoir la ou les périodes favorables aux pullulations du ravageur dans le champ. Ce qui permet la mise en place des stratégies de lutte efficaces à des moments précis de l'année.

Parallèlement à la lutte, il serait intéressant d'explorer des méthodes culturales appropriées à la culture du manioc et des sélections variétales.

Références bibliographiques

1. Anonyme, 1977, Rapport sur l'importance des dégâts causés par la punaise farineuse du manioc en Afrique centrale, 4 p.
2. Anonyme, 1984, Lutte biologique contre la cochenille et les acariens verts du manioc en Afrique. Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), Ibadan, Nigeria, 25 p.
3. Boussienguet J., 1984, Bio-écologie de la cochenille du manioc *Phenacoccus manihoti* Mat-Fer et de ses ennemis naturels au Gabon, thèse de doctorat 3^{ème} cycle. Université Pierre et Marie-Curie, Paris 6, spécialité: entomologie, 154 p.
4. Ezumah C. & Knight A., 1978, Some notes on the mealybug, *Phenacoccus manihoti* Mat-Ferr. Incidence on manioc (*Manihot esculenta*) in Bas Zaïre. Pro. int. workshop on the cassava mealybug. IITA, Ibadan, n°1, 7-14.
5. Fabres G. & Boussienguet J., 1981, Bioécologie de la cochenille du manioc *Phenacoccus manihoti* (Hom. Pseudococcidae) en République populaire du Congo. Cycle évolutif et paramètres biologiques, Agro. Trop. **36**, 1, 82-89.
6. FAO, 1981, Investigations on cassava in the Republic of Zaïre. Rapport au commissaire d'Etat à l'agriculture, IITA, Ibadan, 12 p.
7. Foua-Bi K., 1982, Etude de *Aspidiella hartii* CKLL (Homoptera, Diaspididae) déprédateur des ignames en Côte d'Ivoire, thèse de doctorat d'Etat ès sciences naturelles, Université nationale de Côte d'Ivoire, 220 p.
8. Le Rü B. & Fabres G., 1987, Influence de la température et de l'hygrométrie relative sur le taux d'accroissement des populations de la cochenille du manioc (*Phenacoccus manihoti*, Hom. Pseudococcidae) au Congo. Oecol. Appl. **8**, 165-174.
9. Le Rü B. & Papierok B., 1987, Taux intrinsèque d'accroissement naturel de la cochenille du manioc, *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Homoptera, Pseudococcidae). Intérêt d'une méthode simplifiée d'estimation. Acta Oecologica, oecol. Appl. **8**, 3-14.
10. Leuschner K., 1978, Preliminary observations on the mealybug (Homoptera, Pseudococcidae) in Zaïre and a projected outline for subsequent work. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, n°1, 15-19.
11. Obame Minko D., 1991, Effets de quelques facteurs (température et hygrométrie) sur la fécondité et le cycle biologique de la cochenille du manioc *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Homoptera, Pseudococcidae). Mémoire de DEA, Université nationale de Côte d'Ivoire, 64 p.

D. Obame Minko, Gabonais, Doctorat 3^{ème} cycle, Université Nationale de la Côte d'Ivoire. Maître-Assistant CAMES zoologie/entomologie, Département de Biologie de la Faculté des Sciences de l'Université des Sciences et Techniques de Masuku (USTM), Franceville, Gabon.

Détermination du niveau de contamination de l'ochratoxine A (OTA) dans les fèves de cacao à l'exportation

A. Dembele^{1*}, A. Coulibaly³, S.K. Traoré², K. Mamadou², N. Silue¹ & A. Abba Touré⁴

Keywords: Cocoa- Contamination- Immunoaffinity column- Grade- Ochratoxin A (OTA)- Ivory Coast

Résumé

L'évaluation du niveau de contamination du cacao à l'exportation par l'ochratoxine A (OTA) a été initiée pour satisfaire à des dispositions légales et réglementaires. Des prélèvements d'importants échantillons de cacao (300), effectués selon le règlement No 401/2006 (CE) ont été dosés par la méthode CLHP pour la recherche de l'OTA après extraction et purification sur colonnes d'immunoaffinité. Les résultats globaux indiquent que 33 échantillons sur les 300 fèves de cacao se situent à une limite supérieure à 2 µg/kg, ce qui représente un pourcentage de 11,04%. Sur le port d'Abidjan la probabilité de rejet serait de l'ordre de 15,65% si la norme était fixée à 2 µg/kg. Les résultats au niveau du port de San Pedro indiquent une probabilité de rejet plus faible (6, 67%). Si l'on considère selon la législation ivoirienne que les lots classés sous grade (SG) ne doivent pas être exportés (c'est-à-dire les fèves de cacao séchées dont le taux de moisissure est supérieur à 4%), le taux de fèves ardoisées est supérieur à 8% et le taux de défectuosité est également supérieur à 6%). Les rejets ne seraient plus que de l'ordre de 9,50% pour les 2 ports, à savoir 11% sur le port d'Abidjan et 8% pour le port de San Pedro. Cette contamination des fèves de cacao par l'OTA peut être contrôlée ou réduite par la mise en place effective et la vulgarisation de bonnes pratiques de production du cacao, si les points critiques de production de l'OTA par les champignons ochratoxigènes sont bien identifiés.

Summary

Determination of Ochratoxin A (OTA) Levels in Exported Cocoa

This exported cocoa ochratoxin A contamination assessment target is to answer the legal dispositions and regulations. Three hundred (300) large samples of dried cocoa beans was taken according the Commission Regulation (EC) No 401/2006 and OTA was quantified by HPLC analytical methods with extraction and clean-up on immunoaffinity columns. The global result shows that 33 samples out of 300 cocoa samples have levels of OTA above 2 µg/kg that constitutes 11.04% of total cocoa production in Ivory Coast. At the port of Abidjan rejected cocoa beans were evaluated to 15.65%, if the maximum authorized levels are fixed to 2 µg/kg. The result for San Pedro port showed lower levels of OTA (only 6.67%). If we consider the Ivorian regulation that the under grade cocoa bean (S/G) cannot be exported (the under grade cocoa bean (S/G) is the dry cocoa bean of which the mould rate is above 4%), the slated cocoa bean rate is above 8% and the defective rate is also above 6%. At the both ports rejected cocoa beans constitutes 9.50% (11% at Abidjan and 8% at San Pedro). This cocoa beans contamination by OTA can be controlled or reduced by the efficient implementation and vulgarization of the good cocoa production, if we identify the critical points of contamination in the cocoa chain production by ochratoxigen fungi.

1 - Introduction

Les filières Café-Cacao constituent un secteur vital pour l'économie des pays tropicaux à revenus intermédiaires comme la Côte d'Ivoire. Elles représentent plus de 46% des recettes d'exportation et emploient (y compris le secteur agro-industriel) plus de deux-tiers de la population active. Depuis 1980, cette filière est fortement ébranlée par une crise économique persistante, avec une libéralisation accompagnée d'une chute des prix aux producteurs. De même, des dispositions légales et réglementaires sont actuellement prises au niveau international par le Codex Alimentarius (OMC) (1) et certains partenaires au développement pour le renforcement des exigences de sécurité alimentaire, en particulier au niveau de l'Union Européenne en vue de protéger les consommateurs des effets néfastes des contaminants chimiques et des mycotoxines, notamment de l'ochratoxine A (OTA) (4). Compte tenu de ces nouvelles exigences de qualité sanitaire et de la publication du règlement (CE) 1881/2006, fixant les limites maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires, notamment celle de l'OTA de 5 µg/kg dans les grains de café torréfié et café torréfié moulu; de 10 µg/kg dans le café soluble (café instantané) (2), un avant projet de règlement propose de fixer le taux pour le cacao et produits dérivés à 2 µg/kg (6). Les pays exportateurs de café et de cacao doivent donc

prendre des mesures pour répondre à ces exigences. Celles-ci concernent tant l'adoption de nouvelles réglementations sanitaires que le contrôle et le suivi de la qualité des productions exportées.

C'est dans cette optique que nous avons entrepris au cours de la campagne 2005-2006 une étude, dénommée «DP OTA N° DP/IVC/2005/16» avec un financement de l'Union Européenne (UE) ainsi qu'un financement des structures des filières café et cacao.

Les objectifs sont :

- d'une part faire l'état des lieux en matière de qualité sanitaire du principal produit d'exportation (le cacao). C'est-à-dire évaluer réellement le niveau de contamination de l'OTA dans les fèves de cacao sur les deux principaux ports d'exportation en Côte d'Ivoire, à savoir Abidjan et San Pedro.
- d'autre part permettre aux acteurs des filières café-cacao de prendre des dispositions pour éviter les contaminations à des niveaux supérieurs à la limite (en cours d'études) qui risque d'être une contrainte majeure aux échanges économiques, notamment par des pertes de parts de marché et par conséquent une réduction importante des entrées de devises et une baisse notable des revenus de quelques 680.000 producteurs (6).

¹Laboratoire Central d'Agrochimie et d'Ecotoxicologie, LANADA 04 BP. 612, Abidjan 04, Côte d'Ivoire.

*Corresponding author. E-Mail: ardjouma@yahoo.fr, labeco@aviso.ci; Phone: 00 225 05 95 95 72/ 00225 22 49 24 94; Fax: 00 225 20 22 71 17.

²UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université d'Abobo-Adjamé, 02 BP. 801, Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

³Laboratoire de Biochimie et Sciences des Aliments, UFR Biosciences, Université de Cocody, 25 BP. 313, Abidjan 25, Côte d'Ivoire.

⁴Département Environnement et Santé, Institut Pasteur, BP. V 34, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Reçu le 08.01.08 et accepté pour publication le 27.05.08.

2. Matériels et méthodes

2.1 Echantillonnage

L'étude s'est limitée pour la campagne considérée à trois cent (300) échantillons de cacao prélevés sur les deux principaux ports d'exportation (Abidjan et San Pedro). Les statistiques fournies par la Bourse Café Cacao (BCC) et les organismes en charge du contrôle qualité indiquent que les exportations de cacao se répartissent équitablement entre ces deux ports. La campagne principale s'étale sur une période de 5 mois; de novembre 2005 à mars 2006.

A l'exportation, un lot de cacao est constitué de 385 sacs de 65 kg, soit un poids total de 25.025 kg. Cent échantillons élémentaires de 100 g ont été prélevés en différents endroits des sacs (extrémités et centre) et regroupés pour la constitution de l'échantillon global de dix (10) kilogrammes (règlement No 401/2006 CE) (3).

La moitié des échantillons (150) a été donc prélevée à San Pedro, port situé au sud - ouest. L'autre moitié a été prélevée à Abidjan (sud-est), la capitale économique, selon le rythme d'exportation (Tableau 1).

2.2 Tests préliminaires et conditionnement des échantillons

Certains paramètres tels que les taux d'humidité des fèves de cacao dans les sacs ont été enregistrés sur les lieux de prélèvement, au moment du sondage à l'aide d'une sonde KPM Aquaboy ou au laboratoire à l'aide d'un Dickey John multigrain. Nous avons ensuite procédé à l'évaluation de la qualité des fèves de cacao à partir du test à la coupe (cut-test) afin de procéder à leur classification en grade selon la norme ivoirienne et la norme internationale (ISO 1114, 1977) (6), ou la norme de la Fédération du Commerce du Cacao (FCC) (5).

Après cette opération, les échantillons globaux (10 kg) sont broyés en totalité à l'aide d'un broyeur à marteaux SB (16 marteaux sur le rotor) pour obtenir des moutures très fines (≤ 4 mm) et un broyat très homogène. Les broyats sont ensuite subdivisés en échantillons finaux de 200 g et conditionnés dans des sacs stomachers (SERFLAM Réf: 111425) étiquetés et emballés dans des poches plastiques. Les échantillons ainsi conditionnés sont ensuite stockés dans une chambre froide à -22°C afin d'éviter toute contamination ultérieure.

2.3 Dosage de l'OTA

Les analyses de l'OTA ont été effectuées au laboratoire «LARA EUROPE ANALYSES» de Toulouse/France, Laboratoire accrédité COFRAC. Ces analyses ont été effectuées selon la Directive 2002/26/CE) (3).

Une quantité de quinze grammes ($15 \pm 0,01$ g) est prélevée et pesée des 200 g de broyat des fèves de cacao dans des pots en nalgène de 300 ml. On ajoute 150 ml du mélange méthanol/hydrogencarbonate de sodium à 1% (m/v) dans l'eau (50/50). Ce mélange est homogénéisé par un ultraturax à des vitesses variables pendant 2 à 3 minutes.

Puis l'homogénéisat est centrifugé à 7500 g pendant 5 min à $+4^{\circ}\text{C}$, ensuite on procède à la filtration sur du papier filtre (Whatman No. 4; Réf: 066082. 775) dans des erlenmeyers de 25 ml.

A 11 ml de ce filtrat, est ajouté un volume équivalent de tampon PBS (Solution saline de phosphate tamponnée, 10 pastilles/litre d'eau CLHP).

Les colonnes d'immunoaffinité (R-Biopharm Ochrapprep) (IAC) sont sorties de la chambre froide au moins 30 minutes avant le début des essais et laissées à la température ambiante. Elles sont ensuite vidées de leur liquide de conservation dans des flacons de récupération et conditionnées avec 10 ml de tampon PBS à un débit de 3 ml/min à l'aide d'un appareil GILSON 232XL automate programmable (24 postes; ne pas laisser sécher les colonnes). Nous avons prélevé 20 ml du filtrat à un débit de 10 ml/mn avec l'appareil GILSON 232XL et procédé à la purification sur colonnes d'immunoaffinité (IAC) et au décrochage de l'OTA avec 1,5 ml de PBS (Solution saline de phosphate tamponnée) à un débit de 5 ml/min. Conditionnés dans des vials, nous avons procédé à l'analyse des échantillons de l'OTA, le taux de recouvrement de cette méthode ou rendement d'extraction est de $85\% \pm 0,02$.

Il est à noter que le volume final est de 2,8 ml car, il reste toujours des gouttelettes sur la colonne (IAC).

L'analyse de l'OTA dans les fèves de cacao broyées a été effectuée par Chromatographie Liquide de Haute Performance (CLHP) dans les conditions analytiques suivantes:

- Colonne: Hypersil Hypurity 100 C18, 5 μm , 250 mm x 4,6 mm
- Précolonne: Thermoquest Thermohypersil, Kromasil 100 C18, 5 μm
- Phase mobile: Acétonitrile/Eau/Acide Acétique (99/99/2, v/v/v)
- Débit: 1 ml/min en isocratique
- Volume injecté: 100 μl
- Détecteur: fluorescence, λ excitation: 330 nm,
- λ émission: 460 nm
- Durée d'analyse: 12 min
- Solvant de rinçage: acétonitrile
- Limite de détection: 0,034 $\mu\text{g}/\text{kg}$
- Limite de quantification: 0,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$

3. Résultats et discussions

3.1 Classification des lots

Les échantillons ont été classés en grade en fonction du nombre de défauts trouvés après l'épreuve à la coupe (cut-test). Il est à noter que trois types de défauts sont observés:

- les fèves moisies, ce sont des fèves dont l'intérieur à la coupe est couvert de moisissures ou pourritures;
- les fèves ardoisées, elles se reconnaissent par une texture compacte ou non et les cotylédons sont de couleur ardoisée due à une mauvaise fermentation;
- et les fèves défectueuses, ce sont les fèves mitées (l'intérieur renferme des insectes ou larves), les fèves plates (réduites au seul tégument de la graine et absence de cotylédon ou fortement atrophié), les fèves germées (la racine a percé le tégument ou fève ayant un orifice).

Tableau 1
Chronogramme d'échantillonnage aux ports

Semaines	2005								2006											
	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Abidjan	0	0	0	02	16	15	14	14	14	11	10	10	10	9	6	6	5	4	2	2
San Pedro	0	0	0	0	16	16	14	13	12	11	9	8	10	10	10	8	6	3	2	2
	Novembre				Décembre				Janvier				Février				Mars			

Tableau 2
Répartition des défauts par grades

	Abidjan				San Pedro			
	Moisie	Ardoisée	Défectueuse	Total	Moisie	Ardoisée	Défectueuse	Total
GI				40				25
GII	21	15	47	59	27	27	47	66
SG	39	1	18	51	47	10	51	59
Total	60	16	65	150	74	37	98	150

Un même échantillon peut présenter simultanément les trois défauts. Le tableau 2 indique pour les deux ports la répartition des grades obtenus (5).

L'évaluation des données de classification du tableau 2 indique que sur les deux sites, le grade GI qui désigne en terme commercial les fèves de qualité supérieure (Good fermented) ne représente que 22% et le cacao prélevé au port d'Abidjan contient plus de GI (5% en plus) que celui prélevé sur le site de San Pedro.

Sur l'ensemble des deux ports, le grade GII est dominant avec 42% (San Pedro 22%, Abidjan 20%) et le sous grade représente 37% (San Pedro 20%, Abidjan 17%).

Le cacao de qualité intermédiaire (GII et sous grade) est donc dominant à 78%.

Par ailleurs la figure 1, nous indique que la qualité du cacao baisse au fur et à mesure que nous tendons vers la fin de la campagne ou la fin de la récolte principale. En fin de campagne il n'y a pratiquement plus de grade (GI). Cela s'explique t-il par un relâchement des bonnes pratiques d'écabossage, de fermentation, de séchage ou de stockage et même de transport ?

3.2 Teneurs en OTA des échantillons

Les résultats globaux indiquent que 33 échantillons sur les 300 échantillons de fèves de cacao prélevés se situent à une limite supérieure à 2 µg/kg, ce qui représente un pourcentage de 11% de la production de cacao.

Le tableau 3, reprend les données pour les échantillons ayant une teneur supérieure à 2 µg/kg (la limite maximale de l'OTA envisagée par l'UE pour le cacao).

Il en ressort que les lots de seconde qualité sont les lots qui présentent les contaminations les plus fortes.

Nous constatons que sur le port d'Abidjan les résultats sont mauvais avec une probabilité de rejet de l'ordre de 15,33% si la norme était fixée à 2 µg/kg (Tableau 3).

Ceux du port de San Pedro sont nettement meilleurs, avec une probabilité de rejet de seulement 6,67%.

Ces résultats doivent être toutefois corrigés en considérant que les lots classés SG (sous grade) ne doivent pas être exportés (législation ivoirienne), les rejets ne seraient plus que de l'ordre de 9,50% pour les 2 ports, soit 11% au port d'Abidjan et 8% pour le port de San Pedro (Tableau 3).

La production moyenne de cacao en Côte d'Ivoire étant estimée à 1.400.000 tonnes (6) et le prix moyen CAF (coût, assurance, fret; 2006) à 845 FCFA par kilogramme, les rejets de l'ordre de 9,50% engendreraient donc une perte financière annuelle de l'ordre de 118.300.000.000 FCFA (180347187,39 Euro).

Pour certains de ces lots, il semble qu'un reconditionnement soit autorisé alors qu'ils devraient théoriquement être transformés sur place (6). La figure 2 traduit donc le taux de rejet cumulé par grade sur les deux ports si la norme 2 µg/kg est retenue.

Le sous grade (SG) et le grade GII qui représentent plus de 78% de la production cacaoyère présentent pratiquement le même niveau de rejet de 13,6% (Figure 2) soit 27% de rejet au total.

Cela implique qu'un effort considérable doit être fait pour améliorer l'ensemble de la qualité de la production cacaoyère et de toute la filière. Ce qui est confirmé par la figure 3 qui indique que pour des limites tolérables inférieures à 2 µg/kg c'est-à-dire très sévères, les pertes seraient supérieures à 20% de la production, contre 5% pour les limites tolérables supérieures à 2,5 µg/kg. Il est donc vital pour la filière de mettre en place une stratégie de prévention.

Cette stratégie de prévention de la contamination des fèves de cacao par l'OTA doit prendre en compte les différentes étapes des opérations post-récoltes suivantes:

- le choix des cabosses à la récolte, ne choisir que les cabosses mûres (jaune ou orange), éviter les cabosses pourries et les cabosses piquées par les insectes, surtout

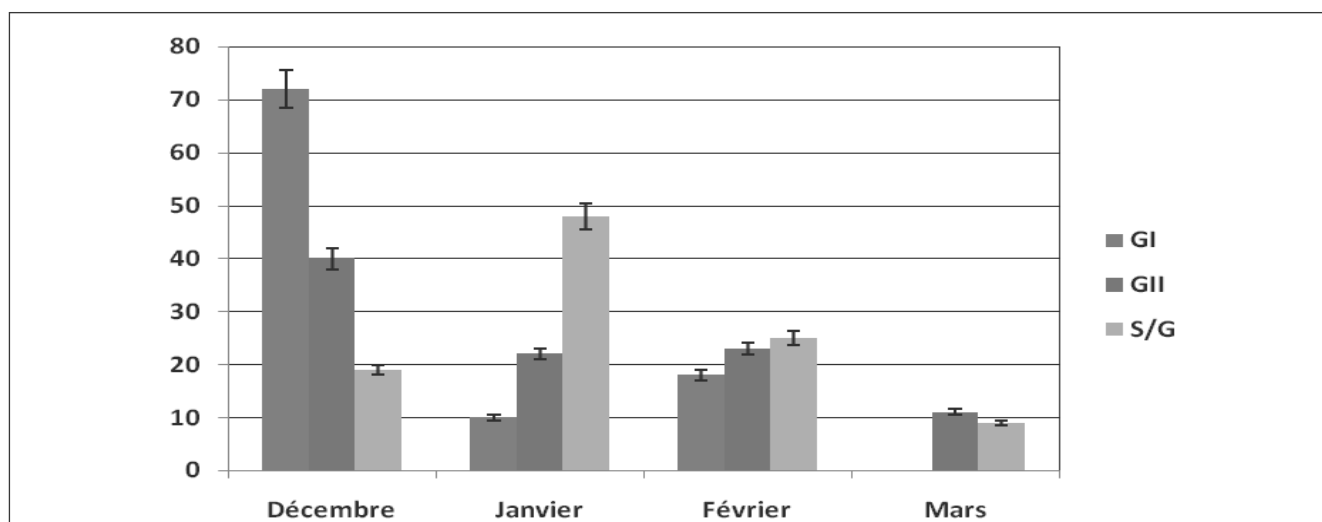


Figure 1: Evolution saisonnière des grades de cacao.

Tableau 3
Lots supérieurs à la limite de 2,0 µg/kg par grades

	G I	G II	S/G	Total
Abidjan	40,0	59,0	51,0	150,0
Teneurs > 2,0 µg/kg	0,0	11,0	12,0	23,0
Pourcentage	0,0	18,6	23,5	15,3
San Pedro	25,0	66,0	59,0	150,0
Teneurs > 2,0 µg/kg	1,0	6,0	3,0	10,0
Pourcentage	4,0	9,0	5,0	6,7
Total pour les 2 ports				11,0%

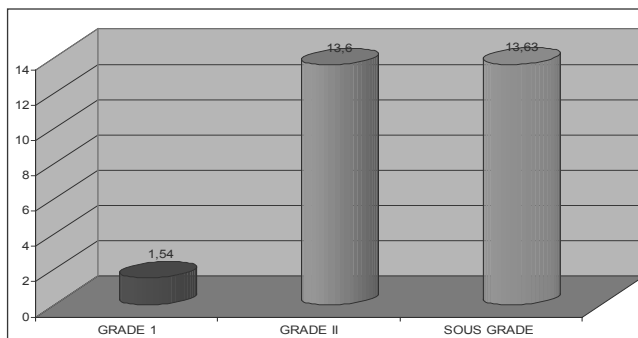


Figure 2: Pourcentage des lots à teneurs supérieures à 2 µg/kg sur les deux ports.

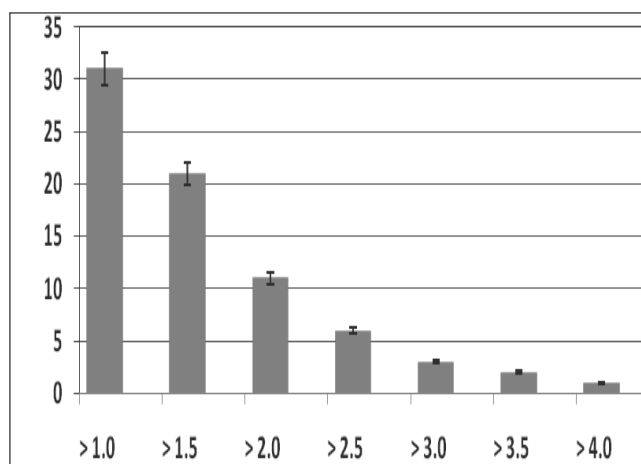


Figure 3: Rejets en pourcentage en fonction des teneurs en OTA.

éviter de piquer les cabosses avec les machettes lors du ramassage car ces piqûres constituent des poches de contamination par l'OTA et les microorganismes;

- l'écabossage, est l'opération qui consiste à enlever les fèves de cacao avec leur mucilage dans les cabosses. Si elle est mal faite, notamment en utilisant des outils tels que les machettes souillées pour ouvrir les cabosses et blesser les fèves, cela constitue des portes d'entrée pour les moisissures ochratoxigènes. Les cabosses blessées doivent donc être immédiatement mise en fermentation, ne pas les laisser en tas pendant plusieurs jours sur les lieux de récolte;
- la fermentation (en caisse, sous feuille de bananier et sous bâche plastique), c'est l'opération qui permet d'éviter la germination, d'enlever la pulpe mucilagineuse et de donner l'arôme du chocolat. Une bonne fermentation ne doit pas dépasser 6 jours, car une fermentation trop prolongée entraîne une putréfaction des fèves et leur noircissement. Il faut prévoir pour tous ces trois systèmes un dispositif

- pour l'évacuation du jus de fermentation;
- le séchage, qui fait baisser l'humidité des fèves fermentées de 60% d'eau à 6-8% (5). Un séchage bien fait permet une bonne conservation;
- éviter la réhumidification des fèves lors du séchage, cela favorise les conditions de prolifération des moisissures ochratoxigènes et probablement un stress approprié pour la production de l'OTA;
- le stockage, le cacao marchand doit être entreposé à l'abri des rongeurs, dans un local sec à l'écart des sources d'odeurs étrangères qui pourraient imprégner le cacao. Il ne doit pas être exposé directement au soleil ou à côté d'une source de chaleur, pour éviter des écarts de température qui sont à l'origine des migrations d'eau;
- Enfin, le transport et la manutention doivent se faire dans les conditions ne permettant pas de dépasser les 8% d'humidité. Il faut donc éviter les écarts de température favorisant la migration de l'eau. Les chargements de cacao doivent se faire dans des véhicules couverts de bâche et en bon état.

Nous constatons sur la figure 1, une évolution saisonnière en grade du cacao qui baisse de qualité plus on tend vers la fin de la récolte. Par contre la teneur en OTA a une tendance à l'augmentation au fur et à mesure de l'état d'avancement de la récolte principale. Le pic de la campagne se situe de décembre à janvier qui correspond à la période de l'harmattan (vent chaud et sec) alors que les mois de février et mars (fin de la campagne) coïncident avec le rétablissement de la mousson (vent humide et chaud). Ce changement de climat a-t-il une influence sur les facteurs de production de l'OTA? Nous pourrions aussi penser à un relâchement des mesures de bonnes pratiques agricoles en fin de campagne (6). Il en est de même pour la classification en grade où le grade GI (good fermented) n'existe plus en fin de campagne.

L'analyse en composantes principales des données n'a cependant pas permis de mettre en évidence de corrélations majeures entre les différentes données de la classification en grade et les teneurs en OTA des fèves de cacao.

L'analyse statistique des résultats donne les moyennes, les médianes et les maxima suivants:

Port de San Pedro (µg/kg)	Port de Abidjan (µg/kg)
• Maxi: 8, 2 ± 0, 02	• Maxi: 4,7 ± 0, 02
• Médiane: 0, 6998 ≈ 0, 7	• Médiane: 1, 1
• Moyenne: 0, 6999 ≈ 0, 7	• Moyenne: 1, 3
• Mini: 0	• Mini: 0
• Incertitude: ± 0, 02	• Incertitude: ± 0, 02
• N= 150	• N= 150

Ces résultats confirment également que le port d'Abidjan où est exportée la production de la région du sud-est, semble plus contaminée bien que la valeur extrême (8,2 µg/kg) soit détectée au port de San Pedro où est exportée la production de la région du sud-ouest.

Les producteurs et les traitants de la filière cacao du sud-

ouest (port de San Pedro) ont-ils une plus grande maîtrise ou respectent-ils les consignes de bonnes pratiques agricoles plus que ceux du sud-est (port d'Abidjan)?

Notons cependant que la problématique OTA-cacao, c'est-à-dire la réduction du taux de l'OTA passe nécessairement par la mise en place de bonnes pratiques de production du cacao et de son suivi rigoureux.

Conclusion

Cette étude a permis d'avoir les premières données sur la contamination de l'OTA dans le cacao en Côte d'Ivoire. Nous constatons que le niveau de contamination reste relativement faible (0,00-1,3 µg/kg). Nous pouvons conclure que le cacao et les produits chocolatés restent des sources marginales d'apport d'OTA dans l'alimentation humaine comparativement à d'autres produits alimentaires tels que les produits céréaliers (blé, orge, maïs, riz), le vin et les épices. La fixation de la nouvelle limite tolérable de l'OTA dans le cacao doit donc prendre en compte cet aspect, tout en sauvegardant la sécurité sanitaire des aliments selon le principe ALARA (As Low As Reasonably Achievable (au niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre)).

Cette contamination des fèves de cacao par l'OTA peut

être contrôlée ou réduite par la mise en place effective et la vulgarisation de bonnes pratiques de production du cacao, si les points critiques de production de l'OTA par les champignons ochratoxigènes sont bien identifiés.

Les augmentations de coût pour améliorer la qualité du cacao ne devraient pas constituer un véritable problème dans la mesure où il s'agit de revenir à de bonnes pratiques agricoles. Néanmoins, l'effort demandé aux producteurs pour améliorer la qualité devra être accompagné d'une augmentation significative des prix d'achats aux producteurs pour les inciter à suivre la démarche qualité suggérée.

Remerciements

Les études de ce devis programme «DP OTA N° DP/IVC/2005/16» ont été réalisées sous financement de l'Union Européenne couplé à un financement des structures des filières café et cacao, notamment la Bourse Café-Cacao (BCC), l'Autorité de Régulation du Café et du Cacao (ARCC) et le Fonds de Développement pour la Promotion des Activités des Producteurs de Café-Cacao (FDPCC). Nous remercions également la cellule de gestion du Devis Programme (DP) et la Direction Générale des Productions et de la Diversification Agricoles du Ministère de l'Agriculture pour leur appui à la réalisation du programme OTA.

Références bibliographiques

1. FAO, 2003, Réglementations relatives aux mycotoxines dans l'alimentation humaine et animale, à l'échelle mondiale en 2003. Etude FAO Alimentation et Nutrition 81. 188 p.
2. La Commission des Communautés Européennes., 2006, Règlement (CE) N° 1881/2006 de la commission du 19 décembre 2006 portant Fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires. Journal officiel de l'Union européenne L 364/4 - 364/24.
3. La Commission des Communautés Européennes, 2006, Règlement (CE) N° 401/2006 de la commission du 23 février 2006 portant fixation des modes de prélèvement d'échantillons et des méthodes d'analyse pour le contrôle officiel des teneurs en mycotoxines des denrées alimentaires. Journal officiel de l'Union européenne L70/12.
4. La Commission des Communautés Européennes, 2005, Règlement (CE) N° 123/2005 de la commission du 26 janvier 2005 modifiant le règlement (CE) N° 466/2001 en ce qui concerne l'ochratoxine A. Journal officiel de l'Union européenne L 25/3.
5. Lainé K., 2001, Enquête sur les pratiques culturales dans les cacaoyères en Côte d'Ivoire 29 octobre-10 novembre 2001. Projet PACCC/ICCO/ Industrie sur l'amélioration de la qualité du cacao en Côte d'Ivoire. 27 p.
6. Mills L., 2004, Etude de Stratégie de Prévention de la Contamination du café et du cacao par l'Ochratoxine A en Côte d'Ivoire. Rapport final janvier 2004. 1-76 p.

A. Dembele, Ivoirien, Ph.D. (Doctorat en Philosophie) des Sciences Sociales et Fondamentales de l'Environnement Appliquées à l'Ecotoxicologie, Responsable au Laboratoire d'Agrochimie et d'Ecotoxicologie.

C. Adama, Ivoirien, DESS Hygiène Agro-Alimentaire, Université de Cocody- Abidjan, Etudiant, chercheur au laboratoire central d'Agrochimie et d'Ecotoxicologie (LCAE) du LANADA.

S.K. Traoré, Ivoirien, Doctorat de l'Université de Haute Alsace, Enseignant- Chercheur à l'Université d'Abobo-Adjamé.

K. Mamadou, Ivoirien, DEA en chimie minérale à l'Université P.M. Curie (Paris 6^e), Maître-Assistant à l'Université d'Abobo-Adjamé.

N. Sihulé, Ivoirien, Ingénieur agronome, DEA en Sciences de l'Environnement, Responsable Adjoint au Laboratoire Central d'Agrochimie et d'Ecotoxicologie du Laboratoire Nationale d'Appui au Développement Agricole.

A. Abba Touré, Ivoirien, Professeur de Chimie minérale à l'UFR des Sciences des Structures de la Matière et de Technologie (UFR-SSMT) à l'Université de Cocody, (Laboratoire de Chimie des Matériaux Inorganiques).

Analyse de l'influence du fonds génétique, des conditions climatiques et du mode de protection phytosanitaire sur l'expression de la bactériose chez différentes variétés de cotonnier au Burkina Faso

S.L. Ouédraogo¹, D. Sanfo¹, I. Somda² & B.C. Tiemtore¹

Keywords: Cotton- Gene Bt- Bacterial disease- Treatment- Burkina Faso

Résumé

En septembre 2004 et 2005, l'incidence et la sévérité de la bactériose du cotonnier causée par *Xanthomonas campestris* pv. *malvacearum* ont été évaluées sur différentes variétés de cotonnier américaines (Bollgard II et DP50) et locales (FK 37 et Stam 59A) au niveau des stations de recherche de Farako-bâ (Bobo Dioulasso) et de Kouaré (Fada Gourma), situées respectivement dans la région Ouest et Est du pays. Le dispositif expérimental utilisé était un bloc complètement randomisé à 4 répétitions. L'incidence a été appréciée selon la présence ou l'absence de la maladie tandis qu'une échelle de notation à 6 classes a été utilisée pour évaluer la sévérité des attaques. Les résultats montrent que l'incidence de la maladie a été de 100%. Aucune variété ne s'est révélée immune. La sévérité a varié de 0,62 à 1,72 pour les variétés locales témoins et de 0,54 à 3,75 pour les variétés américaines. Ces dernières, avec ou sans transgène, se sont montrées plus sensibles à la bactériose que les variétés locales. A la station de Kouaré, la bactériose s'est montrée plus agressive qu'à Farako-Bâ en 2004. La sévérité de la maladie dépend (i) des conditions de l'environnement qui varient en fonction des années et (ii) de la protection des plantes par des traitements insecticides directs ou par l'introduction de gène Bt qui semblent les rendre plus résistantes à la bactériose.

Summary

Analysis of the Influence of Gene Pool, Climatic Conditions and Plant Protection Program on the Effect of Bacterial Blight on Different Cotton Varieties of Burkina Faso

In september 2004 and 2005, the incidence and severity of bacterial blight caused by *Xanthomonas campestris* pv. *malvacearum* were evaluated on different American cotton varieties (Bollgard II and DP50) and local varieties (FK 37 and Stam 59A), tested at Farako-ba station (Bobo Dioulasso) and at Kouare station (Fada Gourma), which are respectively in the western and eastern region of the country. The design of the experiment was a completely randomized Fisher bloc with four replicates. The incidence was appreciated according to the presence or absence of the disease while a six class scale was used to evaluate the severity of the attacks. The results show that the incidence of the disease was 100%. No immune variety was detected. The mean severity varied from 0.62 to 1.72 for local varieties and from 0.54 to 3.75 for American varieties. The foreign cultivars, with or without transgene, were more sensitive to bacterial blight than the local varieties. At Kouare station, the disease was more aggressive than Farako-ba station in 2004. The disease severity depends on (i) environmental conditions which vary according to years and (ii) plant protection, by insecticide direct treatments or by introduction of Bt gene, which seems to rend them more resistant to the bacterial disease.

Introduction

La bactériose du cotonnier causée par *Xanthomonas campestris* pv. *malvacearum* (E.F. Smith) Dye (Xcm) apparaît dans toutes les zones de culture du cotonnier à travers le monde (9) et est parmi les maladies les plus dévastatrices des espèces cultivées du genre *Gossypium*. Les pertes en fibre dues à la maladie se situent entre 5-35%. A partir des années 1950, avec l'intensification de la culture du cotonnier, la bactériose est devenue un sérieux facteur limitant de la production de fibres aux Etats-Unis d'Amérique (13), en Inde (14) et en Afrique (5). Ainsi aux Etats-Unis, de 1952 à 1977 le montant cumulé des pertes annuelles dues à cette maladie est évalué à 31 milliards de dollars US au niveau des espèces *G. hirsutum* et *G. barbadense* (16). Au Pakistan, des pertes allant jusqu'à 50% du rendement ont été estimées par Huissain et Ali en 1975 (10). A partir d'inoculations artificielles des semences et des plantes en Inde, des pertes de 25,08 et 23,68% ont été respectivement observées sur le cultivar L147 et l'hybride H4 (12). En 1983 des pertes de 10% ont été estimées par Fahy et Persley en Australie (2). Au Soudan, El-Nur indique en 1970 que la bactériose du cotonnier peut entraîner une perte au champ de l'ordre de 20%, qui peut atteindre 77% lorsque l'infection survient au début du cycle cultural (1). Contrairement aux autres régions du monde, les pertes

liées à la bactériose ne sont pas bien connues en Afrique de l'Ouest. Compte tenu du climat favorable au développement de la maladie (chaud et humide) et de l'apparition de nouvelles races, on peut supposer que des niveaux de pertes équivalents à ceux observés dans d'autres régions du monde sont enregistrés en Afrique.

En 1981 au Burkina Faso et simultanément au Tchad et au Soudan, des souches de bactéries capables d'attaquer les variétés possédant les gènes de résistance B2-B3 ou B91-B101 ont été mises en évidence (3, 4, 5, 8). Les variétés possédant ces gènes étaient jusque là réputées pour la résistance foliaire totale à la bactériose (6). Les nouvelles souches de l'agent pathogène induisaient peu de nécroses angulaires typiques sur le limbe mais gagnaient rapidement les tissus vasculaires pour cheminer des nervures vers le pétiole et les rameaux, provoquant un flétrissement et un rougissement des feuilles et un noircissement des rameaux atteints. Pour faire le point sur l'évolution de la nouvelle souche au Burkina Faso, une prospection a été réalisée en octobre – novembre 1989 (6). Cette prospection a permis d'établir la répartition de la nouvelle souche dans la région de Ouagadougou (au Centre) et de Bobo Dioulasso (à l'Ouest).

Au cours des campagnes 2004 et 2005, une très forte

¹Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Station de Farako-Bâ, BP. 910, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. Email: ouedraogo_somnogdin@yahoo.fr

²Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, BP. 1091, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

Reçu le 02.10.06 et accepté pour publication le 11.06.08.

Tableau 1
Produits de traitements utilisés

Objets	Périodes	Produit Commercial	Matières Actives	Doses /ha	Superficies Traitées (m ²)
BGII, t	T1 : 86 jal	Général 600 EC	Carbosulfan 600 g/l	500 g	480
	T2 : 100 jal	Acetarnal 100 WP	Acétamipride 100 g/kg	160 g	480
DP50, pv	T1 : 30 jal	Rocky 500 EC	Endosulfan 500 g/l	500 g	980
	T2 : 44 jal	Rocky 500 EC	Endosulfan 500 g/l	500 g	980
	T3 : 58 jal	Lamdacal P212 EC	Lambdacyhalothrine 12 g/l-profenofos 200g/l	12 g + 200 g	980
FK 37, pv Ou STAM, pv	T4 : 72 jal	Lamdacal P212 EC	Lambdacyhalothrine 12 g/l-profenofos 200g/l	12 g + 200 g	980
	T5 : 86 jal	Conquest C88 EC	Cyperméthrine 72 g/l Acétamipride 16 g/l	36 g + 8 g	980
	T6 : 100 jal	Conquest C88 EC	Cyperméthrine 72 g/l Acétamipride 16 g/l	36 g + 8 g	980

attaque de bactériose du cotonnier a été observée sur les variétés américaines cultivées à la station de Farako-Bâ et à la station de Kouaré pour évaluer l'efficacité biologique du gène Bollgard II sur les insectes ravageurs du cotonnier notamment les carpophages (*Helicoverpa armigera*, *Diparopsis* et *Earias*) et les phyllophages (*Syllepte*, *Spodoptera* et *Anomis*). Les résultats obtenus pour l'analyse de l'incidence et de la sévérité des attaques de bactériose foliaire du cotonnier au cours de cette expérimentation sont analysés dans le cadre du présent article.

Matériel et méthode

Matériel végétal

Le matériel végétal étudié est composé des variétés suivantes:

- DP50: variété américaine conventionnelle. Elle est utilisée sous deux variantes: sans traitements insecticides (DP50, nt) et traitée selon le programme de traitement vulgarisé en milieu paysan au Burkina Faso (DP50, pv).
- Bollgard II (BGII): c'est la variété DP50 contenant le gène de résistance aux insectes Bollgard II. Elle est étudiée sous deux variantes: sans traitements insecticides (BGII, nt) et traitée deux fois contre les piqueurs suceurs (BGII, t).
- FK37: variété conventionnelle locale avec deux modalités: sans traitements insecticides (FK37, nt) et traitée selon le programme de traitements insecticides vulgarisé en milieu paysan (FK37, pv). C'est le témoin dans les expérimentations du site de Farako-Bâ.
- STAM 59A: variété conventionnelle locale avec deux modalités: sans traitements insecticides (STAM, nt) et traitée selon le programme de traitements insecticides vulgarisé en milieu paysan (STAM, pv). C'est le témoin dans les expérimentations du site de Kouaré. Les molécules chimiques utilisées, les périodes d'application, les spécialités commerciales, les matières actives, les doses à l'hectare ainsi que les volumes d'eau nécessaire sont indiqués dans le tableau 1.

Dispositif expérimental

Sur les deux sites et pour les deux années d'expérimentation, les essais ont été implantés selon un dispositif expérimental en blocs complètement randomisés à 4 répétitions. Chaque parcelle élémentaire comporte 10 lignes de 15 m avec des écartements de semis de 0,80 m entre les lignes et 0,40 m entre les poquets. Les semences ont été délintées à l'acide sulfurique puis traitées avec du Cruiser (Thiamethoxam) à raison de 3,675 g de matière active par kg de semence. Le

démariage a été réalisé à deux plants par poquet.

Les parcelles élémentaires ont reçu une fumure minérale en apport fractionné avec l'engrais coton (15-20-15-6-1) à raison de 150 kg/ha au semis et complétée par de l'urée (46%) à la dose de 50 kg/ha au moment du démariage. Les sarclages ont été réalisés à la demande.

Produits de traitements utilisés

Le tableau 1 reprend les périodes et les produits de traitements insecticides utilisés lors des expérimentations.

Collecte des données

Pour évaluer l'incidence de la maladie, 20 plantes choisies au hasard sur les deux lignes centrales de chaque parcelle élémentaire ont été observées. Sur chaque plante on a noté visuellement la présence ou l'absence de la maladie en se basant sur les symptômes caractéristiques (taches anguleuses, huileuses, nervures attaquées etc.).

Pour apprécier la sévérité, 10 plantes ont été observées au hasard sur les deux 2 lignes centrales soit 5 plantes sur chaque ligne. Sur chaque plante les observations ont porté sur les 5 premières feuilles à partir du sommet. Sur la face inférieure de chaque feuille la nature et la distribution des symptômes ont été évaluées selon l'échelle de notation reprise au tableau 2.

L'échelle de cotation a été élaborée en s'inspirant de l'échelle de Yehouessi (15) cité par Girardot (7) et Lagière (11).

Les évaluations ont été faites à partir du 15 septembre en 2004 et en 2005 au moment où les cotonniers portent des capsules.

Analyse des données

Les analyses statistiques ont été effectuées au moyen du logiciel XLSTAT-Pro 6.1.9 et les moyennes comparées avec le test de Newman et Keuls au seuil de 5 %. Les figures ont été tracées avec le logiciel EXCEL 2003.

Résultats

Incidence de la bactériose du cotonnier

Avec la méthode utilisée (présence ou absence) 100% des cotonniers sont attaqués quelles que soient la variété et la localité. Aucune variété ne s'est montrée indemne.

Sévérité de la bactériose du cotonnier

Les résultats obtenus en 2004 (Figures 1a et 1b) montrent qu'à Farako-bâ comme à Kouaré, les objets étudiés

Tableau 2
Echelle de notation de la sévérité de la bactériose du cotonnier

Comportement de la plante	Notation	Symptômes foliaires
Immunité	0	Pas de traces de maladie
Bonne Résistance (BR)	1	Petites taches nécrotiques non coalescentes (Nbre<15) ou lésions minuscules, de la taille d'une pointe d'épingle, peu visibles. Les nervures ne sont pas touchées.
Résistance Moyenne (RM)	2	Petites taches nécrotiques non coalescentes (Nbre<15) Quelques positions de nervures attaquées (<1 cm) ou lésions très petites, arrondies, rouges, jamais vertes ni coalescentes lâchement éparées sur le limbe. Les nervures sont occasionnellement marquées en rouge.
Bonne Tolérance (BT)	3	Taches moyennes, humides, anguleuses non coalescentes (Nbre> 15) localisées sur une partie de la feuille. Nervures attaquées ou non.
Sensible (S)	4	Taches moyennes, humides, anguleuses non coalescentes (Nbre> 15) réparties sur tout le limbe ou soit 2 nervures principales au maximum sont attaquées.
Très Sensible (TS)	5	Taches moyennes, humides, anguleuses et coalescentes réparties sur tout le limbe ou soit 3 nervures principales sont attaquées .

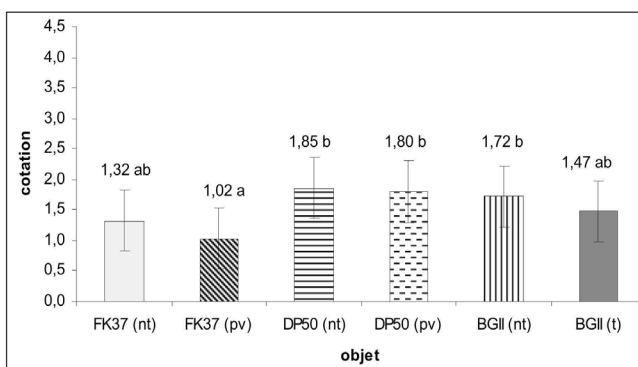


Figure 1a: Evolution de la bactériose en fonction des variétés et des traitements insecticides sur essai BGII de Farako-Bâ (2004).

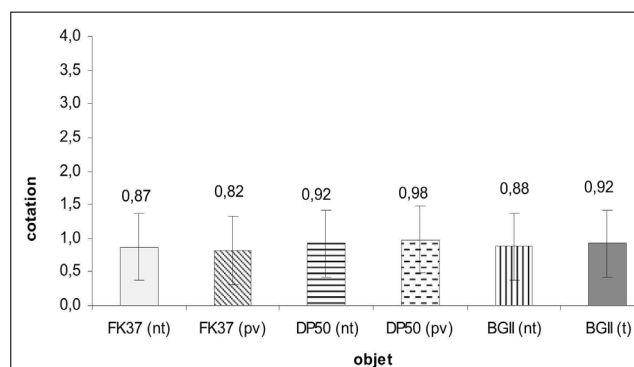


Figure 2a: Evolution de la bactériose en fonction des variétés et des traitements insecticides sur essai BGII de Farako-bâ (2005).

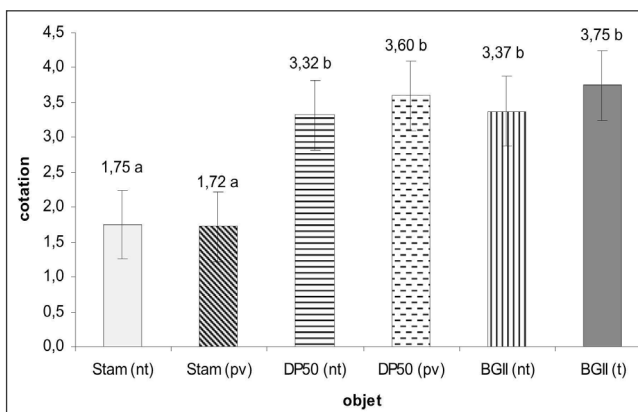


Figure 1b: Evolution de la bactériose en fonction des variétés et des traitements insecticides sur essai BGII de Kouaré (2004).

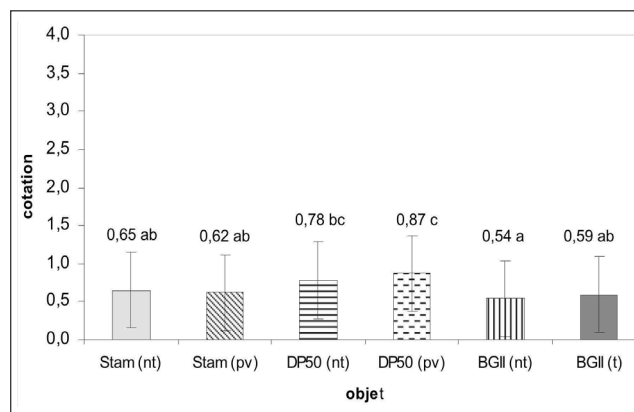


Figure 2b: Evolution de la bactériose en fonction des variétés et des traitements insecticides sur essai BGII de Kouaré (2005).

sont significativement différents pour leur sensibilité à la bactériose ($p = 0,038$ pour Farako-bâ et $p < 0,0001$ à Kouaré). Les moyennes ont été de $1,53 \pm 0,44$ à Farako-bâ contre $2,92 \pm 0,91$ à Kouaré. A Farako-bâ (Figure 1a), l'objet le moins sensible est FK37 (pv). Les objets les plus sensibles sont DP50 (pv), DP50 (nt) et BGII (nt). FK37 (nt) et BGII (t) sont d'une sensibilité intermédiaire. A Kouaré (Figure 1b), STAM (nt) et STAM (pv) se révèlent les moins sensibles. Les plus sensibles sont BGII (t), DP50 (pv), BGII (nt) et DP50 (nt). En 2005, la figure 2a montre que les objets comparés ne se différencient pas statistiquement à Farako-Bâ ($p = 0,718$) avec

une sensibilité moyenne de $0,90 \pm 0,14$. A Kouaré (Figure 2b) les objets se révèlent statistiquement différents ($p = 0,040$) avec une sensibilité moyenne de $0,67 \pm 0,17$. L'objet le moins sensible est BGII (nt) et le plus sensible DP50 (pv). Les autres objets sont d'une sensibilité intermédiaire.

Discussion

La plus forte agressivité de la bactériose constatée en 2004 par rapport à l'année 2005 serait liée aux variations climatiques saisonnières. Le même constat a été fait par Follin en 1990 (6). Ces différences pourraient aussi s'expliquer par le fait

que pour un même site les expérimentations n'ont pas été conduites sur les mêmes parcelles en 2004 et en 2005 et il est donc fort possible que celles-ci diffèrent par rapport aux niveaux d'inoculum de la bactériose présents.

Les variations de l'intensité de la maladie au cours d'une même année entre les deux localités seraient liées aux conditions pédo-climatiques de chaque localité.

En 2004 comme en 2005, l'évaluation de l'incidence et de la sévérité de la bactériose du cotonnier montre que les variétés testées (introduites ou locales) ne possèdent pas de gène de résistance totale à cette maladie (incidence=100%). La présence du gène Bt n'a pas non plus conféré une immunité aux variétés qui le possèdent. Au cours des deux années d'expérimentation et sur l'ensemble des deux sites, la variété américaine DP50 traitée ou non traitée s'est montrée la plus sensible à la bactériose par rapport aux variétés locales FK 37 et STAM 59A (traitées et non traitées). La résistance intrinsèque des variétés introduites et les conditions de culture qui les entourent expliqueraient leur plus grande sensibilité vis-à-vis de la bactériose par rapport aux variétés locales. Sur le site de Farako-bâ en 2004, l'objet FK37 (pv) a été moins sensible que l'objet FK 37 (nt). Le même phénomène a été observé pour les objets BG II (t) et BG II (nt), DP50 (pv) et DP50 (nt). Ces constats

laissent supposer que la protection du cotonnier contre les insectes à l'aide d'insecticides ou par l'introduction du gène Bt diminue la sévérité des attaques de bactériose.

Conclusion

Les résultats obtenus à travers ces expérimentations montrent que la bactériose du cotonnier est bien présente au Burkina Faso et que les variétés cultivées FK37 et STAM 59A sont sensibles à cette maladie. On note également que les variétés américaines sont plus sensibles que les variétés locales. La sévérité de la maladie dépend des conditions de culture prévalant chaque année. Une surveillance permanente de l'impact de celle-ci est donc nécessaire car elle pourrait surprendre et causer des dégâts importants. L'application d'une bonne protection contre les insectes semble limiter sensiblement l'incidence de la maladie. Cette étude doit être élargie à l'évaluation des pertes causées par la bactériose sur la production de coton-graine. Un criblage de la collection de la banque de gènes de la recherche cotonnière de l'INERA et des lignées en cours de sélection doit être réalisé. Une prospection sur l'ensemble des zones cotonnières devrait être initiée en vue d'identifier les souches existantes.

Références bibliographiques

1. El-Nur E., 1970, Bacterial blight of cotton. *In: Cotton growth in the Gezira environment*, eds. M.A. Siddig & L. Hughes, pp. 179-188. Sudan Agricultural Research Corporation.
2. Fahy P.C. & Persley G.F., 1983, Plant bacterial diseases. A diagnostic guide. Academic Press, 393 p.
3. Follin J.C., 1982, Mise en évidence des races de *Xanthomonas malvacearum* virulentes sur les associations de gènes B2-B3 chez *G. hirsutum*. *Cot. Fib. Trop.* 36, 4, 353.
4. Follin J.C., 1983, Races de *Xanthomonas malvacearum* en Afrique de l'Ouest et en Afrique Centrale. *Cot. Fib. Trop.* 38, 3, 274-279.
5. Follin J.C., Girardot B., Mangano V. & Benetez R., 1988, Nouveaux résultats sur le déterminisme génétique de la résistance foliaire totale du cotonnier (*Gossypium hirsutum*) à la bactériose *Xanthomonas campestris* pv. *malvacearum* (Smith) Dye, races 18 et 20. *Cot. et Fib. Trop.* 43, 167-175.
6. Follin J.C., 1990, Communications sur la bactériose. Réunion des sélectionneurs IRCT. 30 juillet - 4 août 1990, 14 p.
7. Girardot B., 1986, Rapport de mission au Mali du 18 au 24 août 1986. I.R.C.T.-C.I.R.A.D, 12 p.
8. Guibordeau P. & Yehouessi M.T., 1982, Réaction différentielle de la variété J 193 (*G. hirsutum*) après infection artificielle au champ avec deux inoculum d'origines différentes. *Cot. Fib. Trop.* 37, 2, 225.
9. Hillocks R.J., 1992, Bacterial blight. *In: Cotton diseases*, ed. RJ Hillocks, pp. 39-85. Wallingford, UK: CAB international Redwood press, Melksham.
10. Huissain T. & Ali M., 1975, A review of cotton diseases of Pakistan. *Pakistan cotton*, 19, 2, 71-86.
11. Lagièrre R., 1954, La bactériose du cotonnier (*Xanthomonas malvacearum* (E.F. Smith) Dowson) dans le monde et en République Centrafricaine, Imprimerie J. Desseaux, Colombes (Seine), 221-234, 252 p.
12. Meshram M.K. & Sheo R., 1992, Effect of bacterial blight infection at different stages of crop growth on intensity and seed cotton yield under rainfed conditions. *Indian Journal of Plant Protection*, 20, 54-57.
13. Schnathorst W.C., Halisky P.M. & Martin R.D., 1960, History, distribution, races and disease cycle of *Xanthomonas campestris* pv. *malvacearum* in California. *Plant disease reporter*, 44, 603-608.
14. Verma J.P., 1986, Bacterial blight of cotton. Boca Raton, FL: CRC Press, inc.
15. Yehouessi M.T., 1988, Protocole de cotation bactériose campagne 1987/1988. S.R.C.F.J. Station de N'Taria B.P. 28. Koutiala, cellule génétique, 3 p.
16. Watkins G.M., 1981, Compendium of cotton diseases. American Phytopathological Society. 87 p.

S.L., Ouedraogo, Burkinabé, Ph.D, Chargé de Recherches, Bactériologiste, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA).

D. Sanfo, Burkinabé, DEA, Ingénieur de Recherches, sélectionneur coton, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA).

I. Somda, Burkinabé, Doctorat unique, IDR, Université Polytechnique de Bobo Dioulasso.

B.C., Tiemtore, Burkinabé, Ingénieur Agronome, Sélectionneur coton, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA).

Données sur les valeurs culturelles, ethnonutritionnelles et physico-chimiques de *Dioscorea schimperiana* (Hochst) de l'Ouest Cameroun

C. Tchiègang^{1*} & Liliane Moser Ngueto Ndomdjo¹

Keywords: *D. schimperiana*- Cultural value- Ethnonutritional value- Physico-chemical properties- Cameroon

Résumé

Une étude a été menée sur les valeurs culturelles, ethnonutritionnelles et physico-chimiques de *Dioscorea schimperiana* Hochst. L'enquête réalisée auprès des populations des villages Balengou, Bamena, Bangou (Ouest Cameroun) révèle que *D. schimperiana* revêt des valeurs culturelles importantes dans leur système de vie. Cette igname intervient dans les cérémonies coutumières du tchupte, du culte des crânes, pendant la période de veuvage de l'homme ou de la femme. *D. schimperiana* subit plusieurs modes de cuisson: rôti, bouilli, ragoût, pilé. Les populations enquêtées utilisent plusieurs modes de conservation: conservation par enfouissement, conservation hors du sol, conservation sous forme de cossettes. Les analyses physico-chimiques effectuées sur les tourteaux des tubercules de trois provenances de *D. schimperiana* ont montré que ces ignames, de chair jaune zébré ont des teneurs en eaux comprises entre 63,91% et 77,76%. Les teneurs en cendres varient de 4,53% à 5,43%. Les taux de sucres de ces ignames sont élevés, entre 84,15% et 86,34%. Les fibres brutes sont comprises entre 1,34% et 1,56% et les teneurs en protéines varient de 6,24% à 6,94%. L'analyse des acides aminés de la protéine de *D. schimperiana* montre une déficience en acides aminés soufrés (méthionine + cystéine) (0,98 g/100 g de protéines) avec un indice chimique de 44,5%. Dans *D. schimperiana* les acides aminés sont moins équilibrés avec un rapport de la somme des acides aminés indispensables sur la somme des acides aminés totaux de 27,8%. *D. schimperiana* est pauvre en lipides avec des teneurs inférieures à 1,5%. L'analyse de la composition en acides gras de la fraction lipidique indique une richesse en acides gras C16: 0 (0,31%), C18: 1 (20%), C18: 2 (27%).

Summary

Datas on Cultural, Ethnonutritional and Physico-chemical Values of *Dioscorea schimperiana* (Hochst) of West Cameroon

A study was carried out on cultural and ethnonutritional values and on physico-chemical properties of *D. schimperiana* Hochst. The survey carried out in three villages Balengou, Bamena, Bangou located in West of Cameroon shows that *D. schimperiana* is used during the traditional ceremonies of tchupte, skull celebration and the period of widowhood of woman or man. *D. schimperiana* is cooked according to many ways. Several methods are used to store these yams: underground storage, outerground storage, and dried slices. The physico-chemical analyses showed that the level of water was between 63.91% and 77.76%, ashes content were between 4.53% and 5.43%. Total sugars of undefatted flour were between 84.15% and 86.34%. The level of fiber is between 1.34% and 1.56%. Crude proteins varied from 6.24% to 6.94%. Amino acids profile of defatted flour showed a deficiency in sulfur amino acids (methionin + cystein) (0.98 g/100 g of protein) with a chemical index of 44.5%. *D. schimperiana* amino acids are less balanced because the ratio of the sum of indispensable amino acids over the sum of total amino acids is 27.8%. Fat contents of the dried yams were between 1% and 1.41%. Fatty acids profile indicated that the main constituents were C16: 0 (0.31%), C18: 1 (20%), C18: 2 (27%).

Introduction

L'igname est une monocotylée alimentaire de la famille des Dioscoreacées qui produit des tubercules ou rhizomes très consommés (5). Environ 603 espèces sont identifiées avec une grande diversité écologique (16, 21). Cette plante se rencontre dans les zones intertropicales de tous les continents, mais elle est majoritaire dans les Caraïbes, en Asie du Sud-Est, en Amérique tropicale et en Afrique de l'Est (5). En Afrique, l'igname est surtout rencontrée à l'Ouest, à l'Est et au Centre (9, 21). La découverte d'espèces d'ignames dans le Camerounais a été faite par Letouzey en 1958 (15). Parmi les espèces répertoriées, se trouve *D. schimperiana*. Au Cameroun, cette igname se rencontre dans les tribus *bamiléké*, *gbaya* et *mboum* (9, 21). Jacques-Felix (12) indique aussi qu'une forme à pilosité rousse existe dans l'Adamaoua et qu'on la rencontre à Tcholiré, en pays *doupa* et dans une faille rocheuse du col de Hoy. Dumont *et al.* (9) révèlent que dans le passé une certaine importance était accordée à *D. schimperiana* en Afrique, mais aujourd'hui, elle subsiste de façon sporadique dans l'agriculture de subsistance. De ce fait

D. schimperiana est considérée comme une espèce en voie de disparition.

La présente étude se situe dans le cadre de la valorisation de *D. schimperiana* de l'Ouest du Cameroun. Spécifiquement seront identifiées les habitudes alimentaires et techniques culinaires utilisées par les populations des villages Balengou, Bamena, Bangou. De même, seront évaluées les valeurs culturelles et ethnonutritionnelles de *D. schimperiana* dans la vie de ces populations. Enfin, des analyses physico-chimiques permettront de quantifier les teneurs en eau, en cendres, en lipides et la composition en acides gras, en glucides, en fibres, en protéines et la composition en acides aminés de cette igname.

Matériel et méthodes

L'enquête

Trois villages de la province de l'Ouest Cameroun sont concernés par cette étude. Il s'agit de Bamena et de

¹Laboratoire de Biochimie et Technologie Alimentaire (LBTA), Département des Sciences Alimentaires et Nutrition, Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles (ENSAI), Université de Ngaoundéré, BP 455, Ngaoundéré, Cameroun.

*Auteur pour toute correspondance

E-mail: clerge.tchiegang@caramail.com Tél: 00 237 7751 21 08

Reçu le 12.09.06 et accepté pour publication le 08.07.08.

Balengou situés dans le département du Ndé et de Bangou situé dans le département de la Mifi. Une pré-enquête a permis de formuler le questionnaire adressé aux personnes enquêtées. De la population accessible, un échantillon de 150 personnes a été retenu, soit 50 personnes par village. L'enquête effectuée par échantillonnage simple totalement aléatoire a permis d'avoir des informations sur les périodes de cultures dans l'année, les modes de consommation, la période de consommation, les modes de conservation, les valeurs culturelles et traditionnelles de *D. schimperiana* dans la vie des populations enquêtées. Lors du dépouillement un décompte des réponses a été fait et les pourcentages ont été calculés par rapport au nombre d'enquêtés.

Matériel biologique

Des analyses ont été réalisées à partir de tubercules frais de *D. schimperiana* récoltés dans les villages Bamena, Balengou et Bangou. Il s'agit d'une igname à chair jaune-zébré qui peut être ovale ou longiligne. Les analyses physico-chimiques ont été faites sur les tubercules frais et les tourteaux de ces tubercules récoltés dans les trois villages ciblés.

Les ignames récoltées ont été épluchées, découpées en petits cubes et séchées à 45 °C dans un séchoir électrique à convection pendant 48 heures. Les cossettes obtenues ont été broyées à l'aide d'une moulinette manuelle. La poudre obtenue a été utilisée pour les différentes analyses.

Méthodes d'analyses

La matière sèche, les cendres totales et les fibres brutes de *D. schimperiana* ont été déterminées par les méthodes de Wolff (22) sur les échantillons secs et broyés. L'obtention des farines a permis de déterminer les teneurs en lipides totaux de ces tubercules en procédant par extraction à l'hexane au Soxhlet par la méthode russe décrite par Bourely (4).

Les sucres réducteurs ont été extraits sur 0,5 g d'échantillon de tourteau dans 5 ml d'éthanol à 70%. Les sucres totaux des tourteaux ont été obtenus après hydrolyse de 0,5 g d'échantillon avec 10 ml de H₂SO₄ (1,5N). Les sucres totaux et sucres réducteurs ont été dosés par la méthode de Dubois *et al.* (8). Pour les teneurs en protéines brutes des tourteaux, on a procédé d'abord à une minéralisation par la technique de Kjeldhal décrite par AFNOR (1) et puis on a dosé l'azote par la méthode de Devani *et al.* (7). La teneur en protéines brutes est calculée en multipliant le taux d'azote par le facteur conventionnel de 6,25.

Le profil des acides aminés des tourteaux de *D. schimperiana* a été déterminé par HPLC en phase inverse. L'échantillon a été hydrolysé sous vide à 150 °C pendant 60 min dans une station Pico-Tag (Waters, Milford MA, USA) en présence de HCl 6N avec 1% de phénol et 0,1% de NaSO₃. L'hydrolysate est repris par de l'eau pure et déposé sur un autodérivatisateur – analyseur 420 a (Applied Biosystems, Applied Corp, Foster city, CA, USA). Les conditions étaient les suivantes:

- Dérivation: chimie PITC en précolonne.
- Séparation: chaîne HPLC, Applied Biosystems model 172 A (Applied Corp, Foster city, CA, USA).
- Colonne phase inverse PTC RP 18 (2,1 x 220 mm) No Série 238638, Lot 02M9-40531, Brownlee (Applied Biosystems, Applied Corp, Foster city, CA, USA).
- Détection: 254 nm.
- Solvants A: acétate de sodium 45 mM, pH 5,90.
- Solvants B: 30% acétate de sodium 105 mM, pH 4,60 et 70% acétonitrile.
- Acquisition et exploitation des résultats: Logiciels Model 600 Data Analysis system (Applied Biosystems, Applied Corp, Foster city, CA, USA).

Les teneurs en acides aminés sont exprimés en g/100 g de protéines. L'identification des acides aminés de *D. schimperiana* s'est faite en comparant les temps de rétention et les surfaces des pics à un mélange étalon d'acides

aminés connus et séparés dans les mêmes conditions. Le tryptophane a été dosé par colorimétrie selon la technique de Spies (18) après hydrolyse basique.

La chromatographie en phase gazeuse (CPG) sur colonne capillaire a permis de déterminer la composition en acides gras de l'huile. Pour cela, les esters méthyliques des acides gras ont été préparés par méthanolyse acide en une seule étape (saponification et méthylation) (14, 20). Il est intéressant de noter que la préparation des esters méthyliques par méthanolyse acide en une seule étape permet de gagner du temps et de donner la quantité totale des acides gras dans l'échantillon (13). Le chromatographe utilisé est un appareil Hewlett Packard modèle 5890A muni d'un système d'injection automatique et d'un détecteur à ionisation de flamme. La phase stationnaire de la colonne capillaire (30 m de longueur x 0,32 mm de diamètre intérieur) est la silice fondue à 10% SP 2340 (Supelco Inc., Bellefonte, PA/USA). La température du four est programmée de 160 °C à 180 °C à raison de 3 °C/mn, avec les paliers isothermes de 10 mn et le temps final 20 mn. La température de l'injecteur et du détecteur est de 220 °C et le débit des gaz: air: 300 à 400 ml/mn, hydrogène: 30 ml/mn et azote: 0,5 ml/mn. L'injection de 10 µl de l'échantillon se fait automatiquement en mode split avec un rapport de 100:1.

Résultats et discussion

Connaissance de *D. schimperiana* par la population enquêtée

Les résultats de l'enquête ont permis de noter que toutes les personnes qui constituaient la population cible connaissaient cette igname. Sa période de culture (mise en terre) se situe entre décembre et avril et sa durée de maturation est de un an. Cinquante-cinq pour cent de la population enquêtée à Balengou produisent et consomment *D. schimperiana* contre 58,5% à Bangou et 60% à Bamena. Le reste de la population la consomme sans la produire, soit 37% à Bamena et Balengou, 38% à Bangou. Ceux-ci l'achètent au marché ou en reçoivent d'un membre de la famille ou d'amis. De cette enquête, il ressort également que *D. schimperiana* est une denrée de disette car 75% des personnes enquêtées à Bamena; 77% à Bangou et 78% à Balengou affirment la consommer pendant la saison sèche. La durée de stockage est comprise entre 4 à 6 mois pour les tubercules frais et 2 ans pour les cossettes sèches. *D. schimperiana* se consomme indifféremment lors des jours des cérémonies traditionnelles et les jours normaux. Ainsi, 49% de la population enquêtée à Bamena la consomme pendant les jours de fêtes traditionnelles, 50% à Bangou et 52% à Balengou.

L'importance socioculturelle de *D. schimperiana* se démarque par son utilisation lors de la période de veuvage de l'homme ou de la femme (période au cours de laquelle la veuve ou le veuf n'a pas le droit de manger des aliments cuits à la vapeur mais plutôt ceux passés à la braise notamment *D. schimperiana*). Son utilisation lors des cérémonies du *tchupte* (cérémonie traditionnelle *bamiléké* qui se pratique à la suite de l'accouchement du premier enfant dans un jeune couple et qui consiste en certains rites traditionnels exclusivement sur la jeune maman). Son emploi dans la célébration du culte des crânes (rite traditionnel *bamiléké*) en rapport avec les croyances ancestrales officié par une ou un *megni sii* (envoyé de Dieu).

Les valeurs ethnonutritionnelles de *D. schimperiana* sont mises en exergue par les différentes techniques culinaires utilisées par ces populations: le mode pilé est très prisé avec une préférence élevée par les populations. Quarante-vingt pour cent des enquêtés aiment ce mode de consommation à Bamena, 80% à Balengou et 90% à Bangou. C'est une recette particulière propre au peuple *bamiléké*, faite à base de cossettes réhydratées et cuites, mélangées avec du

haricot cuit séparément, pilé dans un mortier et arrosé d'huile de palme. Le mode pilé est également utilisé lors des cérémonies de célébration du culte des crânes chez ces populations et il est particulier au peuple *bamiléké* du Cameroun. Le mode ragoût est apprécié à 82% à Bamena, 87% respectivement à Balengou et à Bangou. Cette recette est faite à base de tubercules frais épluchés et coupés en morceaux qu'on fait revenir dans la sauce tomate; on y ajoute du poisson fumé ou de la viande. Ce mode est utilisé lors des cérémonies traditionnelles du *tchupte*. Le mode bouilli a une faible préférence à Balengou 26%, et de fortes préférences à Bamena et Bangou, respectivement 86% et 92%. Pour cette recette, on fait cuire des morceaux d'ignames en robe des champs préalablement lavés dans de l'eau. Le mode rôti n'est pas très prisé dans les localités enquêtées. Seulement 8% des personnes enquêtées à Bangou affirment consommer *D. schimperiana* sous cette forme, 15% à Balengou et 25% à Bamena. Pour cette recette, on fait cuire l'igname en robe des champs à feu vif sur du charbon de bois ou dans un foyer traditionnel.

La conservation de *D. schimperiana* se fait de plusieurs façons par les populations des trois villages. La conservation par enfouissement consiste à mettre les tubercules dans un trou creusé dans le sol aux abords des cases. Le fond du trou est préalablement garni de feuilles séchées de bananier. Après mise en terre, les tubercules sont recouverts de quelques feuilles mortes de bananier et on referme le trou avec de la terre. Les tubercules peuvent aussi être conservés sur pied en vue de l'échelonnement de la récolte. Pour la conservation hors sol, les tubercules frais de *D. schimperiana* peuvent être entreposés sur les claies fixées à l'extérieur sur les murs des cases. La conservation sous forme de cossettes est très pratiquée et celles-ci s'obtiennent de la manière suivante: récolte des tubercules au champ ou dans les jardins de case; lavage à grande eau par les enfants ou les femmes; cuisson à la vapeur des ignames en robe des champs; épluchage; découpage en dés; séchage des dés au soleil ou au grenier. A la fin du séchage, on obtient les cossettes.

Constituants physico-chimiques de *D. schimperiana*

Le tableau 1 rassemble quelques constituants physico-chimiques en pourcentage pondéral de *D. schimperiana*. A l'instar des autres espèces d'igname *D. schimperiana* a une teneur en eau élevée; la matière sèche varie de 22,24 ± 0,77 (Balengou) à 36,09 ± 0,89% (Bamena). Ces résultats sont en accord avec ceux de Coursey (5) qui signale des teneurs en eau de 70 à 80% pour les tubercules de *D. opposita* de 67 à 81% pour ceux de *D. esculenta*.

Les teneurs en cendres de *D. schimperiana* vont de 4,53 ± 0,02% MS (Bangou) à 5,43 ± 0,03% (Balengou). Au regard de ces teneurs en cendres non négligeables, *D. schimperiana* peut être considéré comme une source de minéraux. Coursey (5) indique que les teneurs en cendres permettent d'attribuer à l'igname une richesse minérale variable mais non négligeable.

D. schimperiana comme les autres ignames est très pauvre en lipides dont les teneurs varient de 1,00 ± 0,02 % MS (Bamena) à 1,41 ± 0,01% MS (Bangou). Ces résultats concordent

avec ceux de Berthaud *et al.* (2) qui signalent sur 8 variétés d'ignames (*D. dumetorum*, *D. hispida*, *D. esculenta*, *D. alata*, *D. rotundata*, *D. opposita*, *D. cayenensis* et *D. bulbifera*) que les lipides représentent moins de 1% du poids frais.

Les teneurs en glucides totaux varient de 84,15 ± 0,22% MS (Balengou) à 86,34 ± 0,23% MS (Bangou). Ces valeurs dénotent le taux élevé des hydrates de carbone dans la matière sèche de *D. schimperiana*. Ces résultats corroborent ceux de Berthaud *et al.* (2) qui affirment que les principaux constituants de la matière sèche des ignames sont les hydrates de carbone.

La cellulose et la lignine composent les fibres brutes contenues dans la matière sèche (19). Les teneurs en fibres de *D. schimperiana* varient de 1,34% MS (Bangou) à 1,56% MS (Balengou). La présence de fibres dans cette igname est un facteur important pour la consommation malgré la faible teneur de celles-ci. En effet, sur le plan physiologique grâce à leur propriété d'hydratation, les fibres facilitent la vidange gastrique et le transit intestinal réduisant par conséquent les risques de constipation (11, 17, 19).

Les teneurs en protéines vont de 6,24 ± 0,01 %MS (Bangou) à 8,98 ± 0,01% MS (Balengou). D'après Berthaud *et al.* (2), les analyses faites sur les ignames en général indiquent des taux des protéines brutes entre 5 et 14% de la matière sèche. Dans le même ordre d'idées, Degras (6) met en relief l'apport non négligeable des tubercules d'igname en protéines.

Les fluctuations notées au niveau des teneurs en différents constituants physico-chimiques de *D. schimperiana* sont liées au matériel végétal, aux conditions environnementales et à la durée de conservation du matériel végétal.

Les résultats des teneurs en acides aminés des protéines du tourteau de *D. schimperiana* de Bamena sont indiqués dans le tableau 2. Ces résultats sont comparés à ceux de Degras (6) sur les autres espèces d'ignames et aux valeurs du modèle alimentaire de référence de la FAO/WHO (10) pour les acides aminés indispensables. Par rapport à ces valeurs, l'acide aminé limitant de *D. schimperiana* est l'association méthionine + cystéine comme pour les autres ignames. L'indice chimique du tourteau de *D. schimperiana* (44,5%) est supérieur à celui de *D. bulbifera* (40,9%) mais il est inférieur à ceux de *D. alata* (72,7%), *D. cayenensis* (96,42%), *D. rotundata* (68,18%), *D. esculenta* (72,7%), *D. dumetorum* (140,9%), *D. trifida* (59,0%), *D. pentaphylla* (204,5%), *D. nummularia* (103,5%) *D. transversa* (103,5%). Le rapport $\sum AAI / \sum AAT$ pour *D. schimperiana* est égal à 28,2%; ce qui traduit le faible équilibre entre les acides aminés indispensables et les acides aminés totaux, la valeur standard pour un bon équilibre étant de 33,33% (3). Le facteur limitant étant l'association méthionine + cystéine (0,98 g/100 g de protéine), il est nécessaire d'associer sa consommation aux aliments riches en soufre pour atteindre la valeur de 2,2 g /100 g de protéines de la référence FAO/WHO (10).

Le profil des acides gras de la fraction lipidique de l'igname de Bamena montre l'importance des acides palmitique (31%), linoléique (27%) et oléique (20%). Puis viennent dans l'ordre les acides linoléique (13%), palmitoléique (4%), myristique (3%) et stéarique (2%).

Tableau 1
Quelques constituants physico-chimiques en g /100 g MS de *D. schimperiana*

Villages de récolte	Matières Sèches	Cendres	Lipides	Glucides réducteurs	Glucides totaux	Fibres brutes	Protéines N x 6,25
Bangou	24,15 ± 1,06 ^b	4,53 ± 0,02 ^a	1,41 ± 0,01 ^b	28,36 ± 0,06 ^a	86,34 ± 0,23 ^b	1,34 ± 0,02 ^a	6,24 ± 0,01 ^a
Bamena	36,09 ± 0,89 ^c	4,55 ± 0,03 ^a	1,00 ± 0,02 ^a	28,49 ± 0,04 ^a	86,20 ± 0,05 ^b	1,43 ± 0,02 ^a	6,94 ± 0,01 ^b
Balengou	22,24 ± 0,77 ^a	5,43 ± 0,00 ^b	1,39 ± 0,03 ^b	29,49 ± 0,18 ^b	84,15 ± 0,22 ^a	1,56 ± 0,01 ^b	8,98 ± 0,01 ^c

Les valeurs dans les colonnes affectées de la même lettre en exposant ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Tableau 2
Compositions comparées des teneurs en acides aminés (en g /100 g de protéines) des tourteaux de quelques ignames, de *D. schimperiana* et de la protéine de référence de la FAO /WHO (10)

Acides aminés	<i>D. alata</i> *	<i>D. cayenensis</i> *	<i>D. rotundata</i> *	<i>D. esculenta</i> *	<i>D. dumetorum</i> *	<i>D. bulbifera</i> *	<i>D. trifida</i> *	<i>D. pentaphylla</i> *	<i>D. nummularia</i> *	<i>D. transversa</i> *	<i>D. schimperiana</i>	FAO/WHO (10)
Acides aminés indispensables												
Leucine	7,5	5,3	7,5	6,2	7,4	7,3	8,2	7,2	6,6	5,6	6,0	4,4
Valine	4,5	3,8	4,6	4,1	5,2	5,3	4,9	5,2	4,4	4,0	6,0	2,5
Lysine	4,8	4,2	5,3	4,0	4,9	3,9	4,6	5,2	4,5	4,1	4,8	4,4
Isoleucine	4,6	2,7	4,1	3,4	4,0	4,9	3,9	4,5	2,9	2,9	4,0	2,8
Thréonine	3,7	3,2	3,9	4,5	4,5	7,0	4,4	6,7	4,2	4,1	2,8	2,8
Phénylalanine + Tyrosine	8,2	7,8	8,8	7,3	9,4	8,1	8,1	10,4	8,4	6,8	2,6	2,5
Méthionine + Cystéine	1,6	2,5	1,5	1,6	3,1	0,9	1,3	-	-	-	0,98	2,2
Tryptophane	0,6	-	0,3	1,1	-	0,2	0,2	-	-	-	0,50	-
IC**	72,7	96,42	68,18	72,70	140,90	40,90	59,00	160,90	103,50	103,8	44,5	-
ΣAAI	35,5	29,5	36	97,9	38,5	37,6	35,6	34	31	27,5	27,1	21,6
Acides aminés non indispensables												
Acide glutamique	14,0	11,6	16,3	11,6	10,8	11,3	13,9	12,6	13,7	10,5	14,8	-
Acide aspartique	12,3	11,5	12,4	11,6	11,9	12,3	12,0	14,1	12,0	11,5	14,0	-
Alanine	4,2	3,6	4,8	4,0	4,6	5,0	5,4	5,2	4,4	3,4	13,2	-
Glycine	3,9	3,4	3,8	3,8	4,9	4,8	4,3	5,6	3,7	3,3	11,1	-
Proline	4,2	3,3	4,0	4,4	3,3	3,5	4,0	4,5	4,0	3,4	5,9	-
Sérine	6,1	4,9	5,2	5,4	5,2	6,3	5,4	5,9	6,8	4,4	5,3	-
Arginine	7,6	9,6	9,3	12,2	7,0	5,7	12,0	6,0	9,6	7,7	3,8	-
Histidine	2,0	2,5	2,7	2,7	2,8	2,3	2,7	2,6	2,4	1,8	2,2	-
Σ AANI	54,3	50,4	58,5	55,7	50,5	51,2	59,7	56,5	56,6	46	70,3	-
Σ AAT	89,8	79,9	94,5	153,6	89,0	88,8	95,3	90,5	87,6	73,5	97,4	-
AAI / AAT	39,5	39,9	38,0	63,7	43,2	42,3	37,3	37,5	35,3	37,4	27,8	-

*Résultats d'après Degras (6)

** IC: indice chimique

AAI: acides aminés indispensables

AANI: acides aminés non indispensables

AAT: acides aminés totaux

Conclusion

L'enquête effectuée sur le terrain met en évidence l'importance culturelle et ethnonutritionnelle que revêt *D. schimperiana* pour les populations des villages de l'Ouest Cameroun. Son implication dans les rites traditionnels de ces localités: le *tchupte*, le culte des crânes, la période du veuvage révèle l'importance de son caractère ethnonutritionnel. Cette igname fait partie des habitudes alimentaires de ces populations avec divers modes de cuissons dont le mode pilé qui est particulier et propre au peuple *bamiléké* de l'Ouest Cameroun. Plusieurs

modes de conservation sont utilisés: la conservation par enfouissement, la conservation hors sol et la conservation sous forme de cossettes. Comme toutes les autres ignames, *D. schimperiana* est pauvre en lipides, riche en glucides. *D. schimperiana* est déficient en acides aminés soufrés. Il n'y a pas d'équilibre satisfaisant entre l'ensemble de ses acides aminés. *D. schimperiana*, au vu de son importance alimentaire et culturelle doit être inscrite parmi les espèces faisant parties des ressources génétiques à protéger.

Références bibliographiques

- AFNOR (Association Française de Normalisation) 1984, Eaux – Méthode d'essai. Recueil de normes 260 p.
- Berthaud J., Bricas N. & Marchand J.L., 1997, L'igname, plante séculaire et culture d'avenir. Acte du séminaire international CIRAD – INRA – ORSTOM – Coraf, Montpellier, France. (3-6 juin 1997).
- Blankenship D.C. & Alford B.B., 1983, Cottonseed, the new staff of life. A monograph of cottonseed protein research conducted by scientists at the Texas Woman's University. Texas Woman's University Press, Denton, Texas 76204.
- Bourelly Y. J., 1982, Observation sur le dosage de l'huile des graines de cotonnier. Cot. Fib. Trop. **27**, 2, 183-196.
- Coursey D.G., 1967, Yams. Tropical Agriculture Series, London Longmans 230 p.
- Degras L., 1986, L'igname: plante à tubercule tropicale. Techniques Agricoles et productions tropicales, n° 36, Maison Neuve et Larousse, Paris, France, 408 p.
- Devani M.B., Shishoo J.C., Shal S.A. & Suhagia B.N., 1989, Spectrophotometrical method for micro determination of nitrogen in kjeldahl digest; J. Assoc. off. Anal. Chem. **72**, 6, 953-956.
- Dubois M., Gies K.A., Hamilton J.K., Robert P.A. & Smith E., 1956, Colorimetric method for determination of sugars and related substances; Anal. Chem. **28**, 350-356.
- Dumont R., Hamon P. & Seignobos C., 1994, Les ignames au Cameroun. Repère CIRAD, Montpellier, France 80 p.
- FAO /WHO, 1985, Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO meeting series n° 724.
- Feillet P., 1988, Les fibres alimentaires. IAA, **12**, 1249-1253.
- Jacques-Felix H., 1947, Ignames sauvages et cultivées du Cameroun. Revue Internationale de Botanique Appliquée et d'Agriculture Coloniale, **27**, 113-133.
- Kapseu C., 1993, Improvement of new sources of vegetable oil in Cameroon, Final technical report of ATLAS/AAI project, Dairy Science Department, OARDC/OSU, Wooster, Ohio, USA, 60 pp.
- Kapseu C., Kamga R. & Tchatchueng J.B., 1993, Triacylglycerols and fatty acids composition of egusi seed oil (*Cucumeropsis Mannii* Naudin). Grasas y aceites, **44**, 6, 354-356.
- Letouzey R., 1958, Phytogéographie camerounaise, Atlas du Cameroun, 4 p. + carte en couleur.
- Miège J., 1968, Dioscoréacées. In: Flora of west tropical Africa, Hutchinson J. and Dalziel J.M., Ed. Hepper F.N., **3**, 144-154.
- Schneeman O.B., 1986, Physical and chemical properties of fibres:

methods of analysis and physiological effects. Food Technology, **42**, 2, 104-110.

18. Spices J.R., 1967, Determination of tryptophane in proteins. Anal. Chem. 39, 1412-1416
19. Southgate D.A.T., 1976, The definition analysis and properties of dietary fiber. Journal of Plant Food, 3, 9-19.
20. Sukhija P.S. & Palmquist D.L., 1988, Rapid method for
- determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. J. Agric. Food Chem. 36, 1202-1206.
21. Waitt A.W., 1965, A key to some Nigerian varieties of yam (*Dioscorea* spp.); Memo. 60., Dept. Agric. Res., Ibadan, Nigeria 127 p.
22. Wolff J.P., 1968, Manuel d'analyses des corps gras, Azoulay, éditeur, Paris, France 519 p.

C. Tchiègang, Camerounais, Professeur au Département de Sciences alimentaires et nutrition, Responsable du laboratoire de Biochimie et Technologie Alimentaire à l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro Industrielles (ENSAI), Université de Ngaoundéré BP 455, Ngaoundéré, Cameroun.
Liliane Moser Ngueto Ndomdjo, Camerounaise, étudiante en DEA, ENSAI Université de Ngaoundéré BP 455, Ngaoundéré, Cameroun.

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.

Middlemen and Smallholder Farmers in Cassava Marketing in Africa

A.A. Enete*

Keywords: Food-marketing- Middlemen- Smallholder-farmer- Africa- Sub-Saharan- Nigeria

Summary

Cassava is a basic food staple and a major source of farm income in Africa. Efficiency in cassava marketing is therefore a very important determinant of consumers living cost and producers' income. Exploitation of one marketing agent by another in the course of product distribution could contribute to increased marketing costs and hence inefficiency. The paper examines the extent to which the widely held view that middlemen exploit farmers through monopsony purchases and usury apply to cassava farmers. The paper is based on primary data collected within the framework of the collaborative study of cassava in Africa (COSCA). The result of the analysis fails to support the view that middlemen generally engage in monopsony purchases of cassava products, because farmers had on average, higher volume of cassava products for sale in the market than middlemen. Prices of cassava products appeared more stable in Nigeria than in the other countries, because of the more elaborate involvement of middlemen, which encouraged competition. The intermediaries between the farmer and the consumer were at most three in each of the countries – the processor, the semi-wholesaler and the retailer. Cassava farmers and traders combined the role of the processor apparently because of the low development stage of mechanized processing technology. For both farmers and middlemen, transactions in cash were the predominant practice, followed by delayed payments. Advanced payment was non-existent except in Uganda. Marketing margins, though generally high, decline with good market access conditions. And the margins for granules were substantially lower than those of dried roots not only because of substantial differences in processing resource demand but also because of differences in marketing costs. This suggests that investments towards improving market access conditions, and in cost saving processing technologies for the production of granules are needed for the improvement of cassava marketing efficiency and development.

Résumé

Les intermédiaires et les petits producteurs dans la commercialisation du manioc en Afrique

Le manioc est une nourriture principale et une source principale de revenus en Afrique. Ainsi une bonne efficacité dans la commercialisation du manioc est un déterminant très important du coût de vie des consommateurs et des revenus des producteurs. L'extraction d'une rente excessive par un agent de la chaîne de commercialisation à un autre peut contribuer à alourdir les coûts de commercialisation et par conséquent créer l'inefficacité. Le papier examine la mesure dans laquelle, selon le point de vue largement répandu, les agents de commercialisation exploitent les paysans à travers des achats monopsoniques. Est-ce également le cas des producteurs de manioc? Le papier se base sur des données primaires collectées dans le cadre de l'étude collaborative du manioc en Afrique (COSCA). Les résultats de l'analyse infirment le point de vue énoncé plus haut, parce que les paysans ont en moyenne un volume de produits de manioc en vente plus élevé que les intermédiaires. Les prix du manioc paraissent plus stables au Nigeria que dans les autres pays, parce qu'il y a plus d'intermédiaires en jeu, ce qui encourage la compétition. Le nombre d'intermédiaires entre les paysans et les consommateurs était au plus de trois dans chacun des pays - le transformateur, le demi-grossiste et le détaillant. Les producteurs de manioc et les commerçants combinaient le rôle de transformateur apparemment à cause du stade bas de développement de la technologie de transformation mécanique. Pour les producteurs et intermédiaires ensemble, les transactions en monnaie courante étaient la pratique prédominante, suivies par les paiements différés. Le paiement avant récolte n'existait pas, sauf en Ouganda. Les marges de commercialisation, quoique généralement élevées, diminuent avec des conditions d'accès aux marchés améliorées. Et les marges pour les granules étaient substantiellement plus basses que celles pour les racines séchées, non seulement à cause des différences substantielles en demande de travail pour la transformation mais également à cause des différences dans les coûts de commercialisation. Ceci suggère que des investissements dans l'amélioration des conditions d'accès aux marchés, et dans des technologies de transformation qui épargnent des coûts pour la production de granules sont nécessaires pour l'amélioration de l'efficacité de la commercialisation de manioc et pour le développement.

Introduction

Cassava is a basic food staple, and a major source of farm income for the people of sub-Saharan Africa. It contributes about 40% of the food calories consumed in Africa (11) and both rich and poor farmers often derive more cash income from cassava than from any other crop or income earning activity (7, 13, 21). Hence, efficiency in cassava marketing is an important determinant of both consumers' living cost and producers' income. Moreover, as the process of urbanization progresses in Africa, an increasing share of national food consumption takes place at locations other than where food is produced. The marketing system must develop well to provide necessary services as producers sell in markets

distant from where consumers buy their food (7). Yet, compared with cassava production, cassava marketing has received much less than sufficient attention (7, 20). There is however an inter-acting and mutually reinforcing relationship between increased production and efficient marketing (18). Efficient marketing system stimulates increased production, and the reverse constitutes a constraint to any development effort (17). A malfunctioning marketing chain constitutes an impediment to food security as investment in production becomes both more costly and more risky and may end up being wasted (7). At the farmers' level, which is the beginning of the marketing chain, food must not only be there

*Department of agricultural Economics, University of Nigeria, Nsukka, Nigeria, E-mail: anselmenete@hotmail.com Tel.: +2348064448030.
Received on 23.06.08 and accepted for publication on 09.07.08

(produced) to be moved, but must be there in reasonable quantity to attract enough market participants that would make for efficient distribution. This is the subject of another paper by Enete and Igboke (5). And then, having produced some surplus for the market, do middlemen exploit these farmers in the course of marketing? Exploitation of one marketing agent by another could contribute to increased marketing costs and hence inefficiency. The objective of this paper is to examine, through a description of the activities of farmers and middlemen in cassava distribution, the extent to which the widely held view that middlemen exploit farmers through monopsony purchases and usury apply to cassava farmers (9).

Methodology

Site and sample selection

Climate, human population density, and market infrastructure formed the basis for sampling. Four basic climatic zones were defined from temperature and duration of dry periods within the growing season.

Information available on all-weather roads, railways, and navigable rivers derived from the 1987 Michelin travel maps was used to divide a market access infrastructure map of Africa into good and poor zones according to the density of the roads, railway, or navigable waterways. Human population data from the United States Census Bureau were used to divide a population map of Africa into high demographic-pressure zones with 50 or more persons per km², and low, if less.

The three maps of climate, human population density, and market access infrastructure were overlaid to create zones with homogeneous climate, demographic pressure, and market-access conditions. Each climate/population density/market-access zone with less than 10,000 ha of cassava in each country was excluded. The remaining areas were divided into grids of cell 12' latitude by 12' longitude to form the sample frame for site selection. 282 grid cells, distributed among the climate/population density/market-access zones in proportion to the zone size were randomly selected in each country, depending on the size of the country. These were 71 from Congo Democratic Republic, 40 from Ivory Coast, 30 from Ghana, 65 from Nigeria, 39 from Tanzania and 37 from Uganda. A village was then randomly selected in each grid. This brings the number of villages selected in each country just equal to the numbers listed above. In each selected village, with the assistance

of key village informants, a list of farm households was compiled and grouped into "large", "medium", and "small" farm-holder units, and the major market serving the village identified. All traders and farmers that sold cassava in the identified village market at the time of survey were used.

Data collection

Leaders in cassava research in the national agricultural research systems in each country administered survey questionnaires to respondents and took various measurements. A rapid rural appraisal technique was employed to collect village-level information in the Phase I survey. Farmer groups consisting of men and women with a wide range in age were constituted and interviewed in each village. A structured (organized from production through processing to marketing) questionnaire was used to collect qualitative information on the following aspects among many others: (1) various production practices; (2) cassava processing methods including cassava products processed; (3) cassava marketing including cassava products marketed, points of sale and type of buyers; (4) village level altitude; mid-altitude refers to all the sampled villages that are more than 800 m above sea level and low altitude refers to all villages less or equal to 800 m above sea level. This survey was conducted in 1989-1991.

Phase II survey was aimed at detailed characterization of the cassava production methods at the field-level. The field-level information which was collected from all crop fields of the selected farm units included, field history, inputs applied, cassava root yield and field size. This information was collected in 1991 from the same villages as in phase I. Phase III survey was at the household and rural market level, also in the same villages. Cassava traders and farmers in the identified rural markets serving each of the COSCA villages and relevant male and female household members were interviewed with structured questionnaire and relevant measurements taken. The information collected included type of cassava products traded, sources of purchases and outlets of cassava products, volume traded, etc. This information was collected in 1992.

Results and discussion

Sales of cassava products by farmers and middlemen

Table 1 presents the structure of volume of cassava trade in the study area for farmers and middlemen. The cassava marketing survey of the COSCA study was carried out at the

Table 1
Average distribution of cassava sales by type of respondent by product by country

Country		Farmers			Middlemen		
		Qty*(kg)	Value	Price/kg	Qty*(kg)	Value	Price/kg
Ivory Coast	Granules	90	11627	120	113	14850	203
	N	11	11	11	11	11	11
	Others	142	7491	60	108	5572	70
	N	23	23	23	10	10	10
Nigeria	Granules	895	4871	6	718	3940	6
	N	15	15	15	112	112	112
	Others	2134	4960	4	1951	6651	4
	N	6	6	6	46	46	46
Tanzania	Dried roots	149	7679	59	249	18531	88
	N	5	5	5	22	22	22
	Others	58	2301	38	47	1809	44
	N	8	8	8	12	12	12
Uganda	Dried roots	1295	221920	532	343	10318	358
	N	11	11	11	22	22	22
	Others	547	58484	196	458	35514	166
	N	11	11	11	11	11	11

Note*= quantity

rural markets. As a result, the sampling was biased in favour of cassava traders as against farmers because, farmers mostly sell their cassava at the farm gate (15). This created an insufficient number of observations for farmers. We were therefore only able to separate the major derived product from others in each country – *granules* in Ivory Coast and Nigeria, and *dried roots* in Tanzania and Uganda. However, for the reason just given and the fact that all farmers who sold cassava in the market at the time of survey were used, the number of farmers sampled presents a good picture of cassava farmers who were motivated enough to carry their cassava to the local market for sale.

In general, farmers had on average a higher volume of each of the products considered in each country than middlemen. This is contrary to the view that middlemen generally engage in monopsony purchases of farm products (9). This could be because in most cases, cassava farmers were also processors.

In Nigeria, it did not matter whether one bought a kilogram of *granules* from the farmers or middlemen because the price was the same (Table 1).

In Ivory Coast and Tanzania however, the farmers' price for a kilogram of cassava product was much lower than that of the middlemen, while in Uganda, the farmers' price was higher than that of middlemen. Compared to these countries, Nigeria had better market access conditions (15). Consumers are therefore likely to have lower costs of switching from one seller to the other in case of price disagreements.

Percentage distribution of farmers and middlemen by who brought (traders, processor or consumer) their products is presented in table 2 which, along with figure 1 also show the cassava marketing chain in the study area. The chain indicates that the intermediaries between the cassava farmer and the consumer were at most three – the processor, the wholesaler and the retailer.

Eicher and Baker (6) reported that the food marketing chain of developing countries is generally limited to two or three intermediaries. Goossens (8) also reported between one and three intermediaries in cassava distribution in the Democratic Republic of Congo. In all the four countries, most of the farmers and middlemen sold either directly to the consumer or to the trader (Table 2). Only a very small percentage of them sold to independent processors. This reflects the level of development of cassava processing technology in Africa, which also hinders the development of independent processors of cassava. Machines for peeling cassava roots were not encountered in any of the COSCA villages despite the labour intensity of this processing stage (12). In addition, mechanized cassava processing was virtually non-existent in the COSCA survey villages of the Democratic Republic of Congo (14). Therefore, farmers and

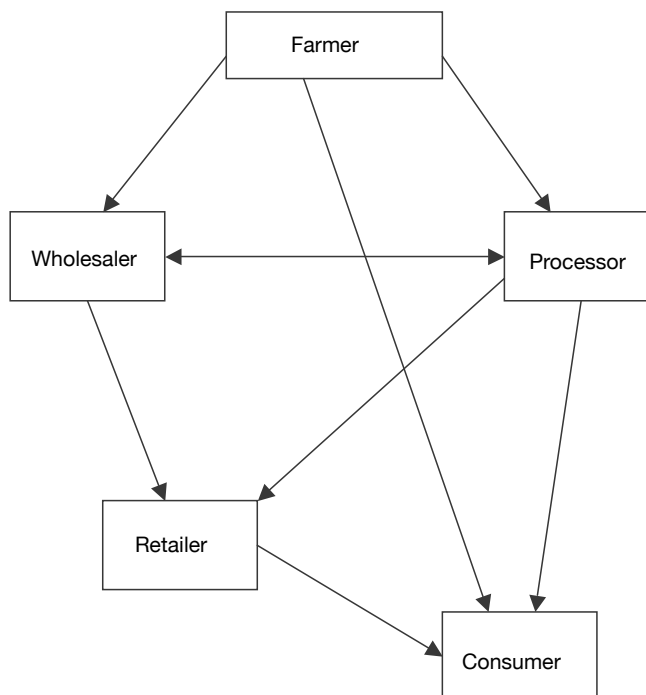


Figure 1: Channels of cassava marketing in Africa.

traders of cassava combined the role of the processor. Table 2 also shows that the proportion of farmers and middlemen were almost evenly distributed between those that sold their cassava products directly to consumers and those that sold theirs to other traders in all the countries but Nigeria. In Nigeria, 76% of farmers sold their cassava products to traders and 76% of middlemen also sold theirs to other middlemen. The involvement of middlemen in cassava distribution system in Nigeria was therefore more elaborate than in the other countries. This is consistent with our earlier observation that compared to these other countries, market access condition was better in Nigeria and thus likely to attract more people into the cassava trade. In addition, Nigeria produces cassava mostly for sale to urban consumers, Ivory Coast and Uganda mostly as a rural food staple and Tanzania produces cassava mostly as a famine reserve crop (16). This suggests a greater need for middlemen in cassava distribution in Nigeria than in these other countries. This does not, however, lead to exploitation of the consumer, because, the mediation of marketing intermediaries between the producer and consumer of food improves efficiency and reduces costs of distribution (1, 2), and these indices get better as the number of intermediaries increase and vertically differentiate into specialized functions

Table 2
Percentage distribution of respondents by cassava marketing outlets by country

Country		N	Type of buyer (percentage)			Total
			Trader	Processor	Consumer	
Ivory Coast	Farmer	34	41	12	47	100
	Middlemen	21	43	5	52	100
Nigeria	Farmer	21	76	14	10	100
	Middlemen	158	76	2	22	100
Tanzania	Farmer	13	62	0	38	100
	Middlemen	34	32	3	65	100
Uganda	Farmer	22	46	18	36	100
	Middlemen	34	47	6	47	100

Table 3
Percentage distribution of respondents by time of payment receipt for cassava products sold by country

Country	Farmer				Middlemen			
	Time of sale	Advance	Buyer sells product	Total	Time of sale	Advance	Buyer sells product	Total
Ivory Coast	58	0	42	100	81	0	19	100
Nigeria	80	1	19	100	78	1	21	100
Tanzania	94	0	6	100	76	0	24	100
Uganda	86	14	0	100	76	6	18	100

like wholesale and retail (4). We had earlier noted that buying a kilogram of cassava product from the farmer or middlemen by the consumer did not make any difference in price in Nigeria (unlike the other countries), which implies price stability. Availability of middlemen facilitates the marketing process (13).

The COSCA study shows that virtually no advance payment was made to farmers by middlemen in all the countries except Uganda with only 14% of the farmers receiving advance payments (Table 3). Transactions in cash were the predominant practice for both farmers and middlemen in all the countries. This was followed by payment after the buyer sold the product (i.e. delayed payment). This is contrary to the general notion that middlemen advance credits to smallholder farm units at the crop-establishment stage and bind their supply in harvest to them at reduced prices, implying exorbitant interest rates. Van Tilburg (22) also observed that traders did not give credit to the farmers in Benin.

Marketing margins

Table 4 presents the price structure of cassava fresh roots and one major derived product (*granules* in Ivory Coast and Nigeria and *dried roots* in Tanzania and Uganda) in each country. When fresh roots were retailed directly to the consumer without processing, the farm price of a kilogram was 77% of the retail price in Ivory Coast, 50% in Nigeria, 62% in Tanzania and 76% in Uganda. Given that this was a short trade loop, and no processing was involved, the marketing margins of 23%, 50%, 38% and 24%

respectively could be considered high. However, Goossens (8) also reported retail margins of 45% and 35% for cassava products in Bandundu and Bas-Congo of the Democratic Republic of Congo. Hayami *et al.* (9) observed a retail marketing margin of 30% for rice in the Philippines. For the processed cassava products, the retail marketing margins were 12% in Ivory Coast, 17% in Nigeria, 49% in Tanzania and 61% in Uganda. With the exception of Ivory Coast and Nigeria, these margins were also high. Riley (19) noted that as a rule of thumb, efficient markets in developing countries must have a retail margin of less than 10% of the consumer price for non-perishable goods and 12 to 17% for semi-perishable products with low added value.

These margins, particularly those of the processed cassava products appear to reflect the condition of market access in each country. Goossens (8) observed in the Democratic Republic of Congo that high marketing margins result from deteriorating socio-economic environment. For instance, while the marketing margin for granules was lower in Ivory Coast than in Nigeria, the percentage of the COSCA representative villages with good road access to the market was higher in Ivory Coast than in Nigeria (15). Similarly, the margin for dried roots was lower in Tanzania than in Uganda just as Tanzania had better market access conditions than Uganda.

Of particular interest is the high percentage of the retail price of granules that went to the processor, 88% in Ivory Coast and 83% in Nigeria, unlike dried roots with 51% in Tanzania and 39% in Uganda (Table 4). The processing of granules takes more resources, particularly labour. IITA (10) reported

Table 4
Distribution of prices and margins by cassava products by country

Country		Fresh roots		Granules	
		F*→M*	R*→C*	P*→R	R→C
Ivory Coast	Price/kg	40	52	113	129
	% of retail price	77	100	88	100
	Margin	-	12	-	16
	% of retail price	-	23	-	12
Nigeria	Price/kg	1	2	5	6
	% of retail price	50	100	83	100
	Margin	-	1	-	1
	% of retail price	-	50	-	17
Tanzania	Price/kg	26	42	Dried roots	
				P→R	R→C
				46	91
				51	100
				-	45
				-	49
Uganda	Price/kg	70	92	246	623
	% of retail price	92	100	39	100
	Margin	-	22	-	377
	% of retail price	-	24	-	61

Note* - F= farmer, M= middlemen, R= retailer, P= processor, C= consumer

that as much labor is required for processing cassava roots into granules as is used in producing the roots themselves. The retail marketing margins for dried roots were therefore on the average four times that of granules. Compared to dried roots, granules have lower moisture content and longer shelf-life (14). It could therefore have substantially lower marketing costs than dried roots.

Conclusion

The foregoing fails to support the view that middlemen generally engage in monopsony purchases of cassava products, because farmers had on average, higher volume of cassava products for sale in the market than middlemen. Prices of cassava products appeared more stable in Nigeria than in the other countries, because of the more elaborate involvement of middlemen, which encouraged competition. The intermediaries between the farmer and the consumer

are at most three in each of the countries – the processor, the semi-wholesaler and the retailer. Cassava farmers and traders combined the role of the processor apparently because of the low development stage of mechanized processing technology. For both farmers and middlemen, transactions in cash were the predominant practice, followed by delayed payments. Advanced payment was non-existent except in Uganda. Marketing margins, though generally high, decline with good market access conditions. And the margins for granules were substantially lower than those of dried roots not only because of substantial differences in processing resource demand but also because of differences in marketing costs. This suggests that investments towards improving market access conditions, and in cost saving processing technologies for the production of granules are needed for the improvement of cassava marketing efficiency and development.

Literature

1. Alderson W., 1967, Factors governing the development of marketing channel. *In: The marketing channel, a conceptual view point*, Mallen, B. E. (ed.), John Wiley & Sons, New York. Pp. 35 - 40.
2. Berry S.S., 1993, Socio-economic aspects of cassava cultivation and use in Africa: implications for the development of appropriate technology. COSCA working paper N° 8, COSCA, IITA, Ibadan, Nigeria.
3. Coughlan A.T., Anderson E., Stern L.W. & EL-Ansary A.I., 2001, Marketing channels. 6th edition. Prentice Hall, New Jersey, U.S.A.
4. Dijkstra T., 1997, Horticulture marketing channels in Kenya, structure and development. A PhD dissertation, Wageningen Agricultural University, The Netherlands.
5. Enete A.A. & Igbokwe E.M. (forthcoming), Cassava market participation decisions in producing households of Africa. Paper submitted for publication to the quarterly Journal of International Agriculture.
6. Eicher C. & Barker D., 1982, Etude critique de la recherche sur le développement agricole en Afrique subsaharienne. MSU International Development papers N°. IF, Michigan State University (MSU), Dept., of Agric. Econ, East Lansing. 421p.
7. FAO, 1996, Food for consumers: marketing, processing and distribution. Technical background document N° 8, World Food Summit, 13-17 November 1996, FAO, Rome, Italy.
8. Goossens F., 1996. Cassava production and marketing in Zaire. Leuven University Press, Leuven, Belgium. 178 p.
9. Hayami Y., Kikuchū M. & Marciano E.B., 1999, Middlemen and peasants in rice marketing in the Philippine. *Agricultural Economics*, 20, 79-93.
10. IITA, 1988, IITA Research: priorities and strategies, 1989-2000, International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria.
11. IITA, 1990, Cassava in Tropical Africa: a reference manual. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria.
12. Natural Resources Institute (NRI), 1992, COSCA, Phase I Processing component. COSCA working paper N° 7, COSCA, IITA, Ibadan, Nigeria.
13. Nweke F.I., 1996, Cassava: a cash crop in Africa. COSCA working paper N° 14, Collaborative Study of Cassava in Africa, International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria.
14. Nweke F.I., 1994, Processing potentials for cassava production growth in sub-Saharan Africa COSCA working paper N° 11. COSCA, IITA, Ibadan, Nigeria.
15. Nweke F.I., Ugwu B.O., Dixon A.G.O, Asadu C.L.A. & Ajobo O., 1999, Cassava production in Nigeria: a function of farmer access to markets and to improved production and processing techniques. COSCA Working paper N° 20, COSCA, IITA, Ibadan, Nigeria.
16. Nweke F.I., Spencer D.S.C. & Lynam J.K., 2002, The cassava transformation; African's best kept secret. Michigan State University press, East Lansing, USA.
17. Okereke O., 1983, Inter-regional trade in food in the Economic Community of West African States (ECOWAS): prospects and problems. *The African Review*, 9, 2, 1-15.
18. Olayemi J.K., 1973, Rice marketing and prices: a case study of Kwara State of Nigeria. *Bulletin of Rural Economics and Sociology*, 8, 2, 211-242.
19. Riley H., 1972, Improving internal marketing systems as part of National Development Systems. Occasional paper number 3, Michigan State University, Latin America Studies Center, East Lansing, 26 p.
20. Tollens E., 1996, Preface to cassava production and marketing in Zaire by F. Goossens. Leuven University Press, Leuven, Belgium.
21. Tollens E., 1992, Cassava marketing in Zaire: An analysis of its structure, conduct and performance of international marketing systems, Cammann, L. (ed.), Proceedings of an international workshop held from 6-8 July, 1992 at Feldafing. Deutsche Stiftung für Internationale Entwicklung (DSE), Feldafing, Germany. Pp. 113-127.
22. Van Tilburg A., 1992, Competition at rural and urban maize markets in south Benin. *In: Traditional marketing systems*, Cammann, L. (ed.), Proceedings of an International workshop at Feldafing, Germany, 6-8 July 1992. Pp. 101-112.

A.A. Enete, Nigerian, PhD in Agricultural Economics. Lecturer at the Department of Agricultural Economics, University of Nigeria, Nsukka, Nigeria.

Effects of Storage Methods and Length of Storage on some Quality Parameters of Japanese Quail Eggs

I.O. Dudusola*¹

Keywords: Egg quality- Japanese- quail egg- Haugh unit- Storage- Nigeria

Summary

Quality parameters of Japanese quail eggs, as affected by storage method and length in 21 days, were assessed using 140 eggs collected from 7-week old birds. Eggs were stored using refrigeration, oiling, black polythene bag or on a tray at room temperature (30 °C) as a control. This study determines the best storage condition and optimum storage length for quail eggs. Egg quality parameters measured included egg weight, shell weight, yolk height, albumen height, yolk index, haugh unit and egg weight loss. Effects on the chemical composition of eggs were determined with proximate analysis. Data were analysed using analysis of variance (ANOVA) with storage method and duration as the two main effects. There were progressive increases in weight losses with increased length of storage for all storage methods. Haugh units decreased progressively per storage method as length of storage increased ($P < 0.05$). Control and refrigeration methods do not differ significantly in all proximate composition except for protein. There were significant differences ($P < 0.05$) in length of storage for all proximate composition. Eggs maintained desired internal quality when stored for 4 days at room temperature. Refrigeration could be used for storage of eggs up to 7 days; where it is unavailable oiling could be used.

Résumé

Effets de méthodes et durée de stockage sur certains paramètres de qualité des œufs de cailles japonaises

Les effets des méthodes et durée de stockage en 21 jours sur des paramètres de qualité d'œufs de cailles japonaises étaient analysés à l'aide de 140 œufs provenant d'oiseaux âgés de sept semaines. Les œufs étaient stockés par la méthode de réfrigération, l'huilage, et l'usage du sachet noir de polythène. Le stockage sur un plateau à la température ambiante (30 °C) servant de témoin. Cette étude vise à déterminer la meilleure méthode et la durée optimale de stockage des œufs de caille japonaise. Les paramètres de qualité observés incluaient: le poids de l'œuf, le poids de la coquille, la hauteur du jaune, la hauteur de l'albumen, l'indice de jaune, l'unité Haugh et la perte de poids de l'œuf. Les effets sur la composition chimique de l'œuf étaient déterminés par l'analyse rapprochée. Les données sont analysées par l'analyse de variance (ANOVA); la méthode et la durée de stockage étant les deux principaux facteurs. Les résultats indiquent une perte progressive de poids avec la durée de stockage et pour toutes les méthodes de stockage. Les unités Haugh diminuaient progressivement par méthode de stockage à mesure que la durée de stockage augmentait. En terme de composition chimique, le témoin et la méthode de réfrigération ne présentent pas de différence significative à l'exception de la protéine. Il est observé des différences significatives ($p < 0,05$) de composition chimique pour différentes durées de stockage. Les œufs maintiennent des qualités internes désirées lorsqu'ils sont stockés pendant quatre jours à la température ambiante. La réfrigération peut être utilisée pour des courtes durées de stockage jusqu'à sept jours maximum, mais là où cette méthode n'est pas disponible l'huilage est la méthode de choix.

Introduction

The significance of protein from animal protein sources such as poultry in sufficient and balanced nourishment is considerable for the human health with respect to the physical and mental progress (12, 19). Eggs provide means through which the animal protein of the populace can be met. It has various uses and contains many essential nutrients as it supports life during embryonic growth (17) and one of the most nutritious and complete food known to man. However, egg quality characteristics, utilization for food, storage and other purposes have been studied mostly in chicken egg. Egg quality is composed of those characteristics of an egg that affect its acceptability to consumers, it is therefore important that attention is paid to the problems of preservation and marketing of eggs to maintain the quality (1, 18). Among many quality characteristics, external factors including cleanliness, freshness, egg weight and shell weight are important in consumer's acceptability of shell eggs. On the other hand, interior characteristics such as yolk index, haugh unit, and chemical composition are also important in egg product industry as the demand for liquid egg,

frozen egg, egg powder and yolk oil increases (17). Eggs deteriorate in internal quality with time and this is depending on the shell and internal content of the egg (1, 13). Poor storage conditions may result in deterioration of egg quality and consequently loss and waste of eggs. There are reports which show that loss of water through pores, prevention of microorganism invasion and lower temperature are major considerations of retarding quality degradation. Since storage environment influence the quality of eggs, methods like lower temperature and modified atmosphere packaging such as refrigeration have been recommended (8). This study investigates the effect of storage environment and storage time on egg quality so that quality advice can be given to quail farmers, egg retailers and consumers on the optimum length of storage as well as the best storage method.

Material and methods

A total of 140 freshly laid Japanese quail eggs of almost equal size were obtained from 7-week old Japanese quail

¹Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Osun State, Nigeria.

*Telephone: +2348034069743 E-mail: iadeogun@oauife.edu.ng

Alternative E-mail: dipodudu2000@yahoo.com

Received on 05.10.07 and accepted for publication on 31.07.08.

(*Cortunix cortunix japonica*) at NIFAGOL farm, Ipetumodu, Osun state, Nigeria. The birds were reared on deep litter and fed with a layer ration containing 24% crude protein.

Evaluation of egg quality

140 eggs were randomly selected and divided into five groups comprising of 35 eggs per group. Each group was allotted to a treatment and was further divided into 5 sub-groups to assess the effect of length of storage on the eggs at 0, 4, 7, 14 and 21 day for each of the following storage methods (treatments):

- Refrigeration: eggs were arranged on egg trays and stored in a refrigerator (Thermocool®) at 10 °C and 86% relative humidity (1)
- Oiling: eggs were immersed in groundnut oil, allowed to drain for some seconds and stored at room temperature (32 °C) on a flat surface
- Black polythene bag: egg were placed in a black nylon bag each with its mouth tied and stored at room temperature (1)
- Room temperature (control): eggs were placed in egg tray untreated and stored at room temperature (32 °C) and 61% relative humidity.

Egg quality parameters (external and internal) were measured at 0, 4, 7, 14 and 21 days. Eggs were broken out on a flat transparent glass surface using a spatula to obtain various internal parameter measurements. Day zero (0) measurements were used as the control for length of storage for each storage method.

The external quality parameters measured were:

- Egg and shell weights (in grams) at 0, 4, 7, 14 and 21 days for the storage methods using a weight balance (7)
- Shell surface area (SSA) was determined from this expression:
 $SSA = 3.9782 (SW^{0.7062})^5$ (7) where SW= Shell weight
- Shell density (SD) was estimated from the expression:
 $SD = SW / (SW \times ST)^5$ (7) where ST= Shell Thickness

The internal quality parameters measured for all the 35 eggs in each storage method on each day of observation were:

- Yolk height, yolk width and albumen height (in cm) using a caliper.
- Yolk index was estimated from ratio of yolk height to yolk width.
- Haugh units were determined from albumen height and egg weight using the expression below:
 $HU = 100 \log (H + 7.51 - 1.7EW^{0.37})^2$ (9)
 where H= Albumen height (cm) , W= the weight of egg when tested (g)
- Egg weight loss was determined as the difference between successive weights of eggs at different weighing days.

Analytical methods

Moisture content was determined by drying in hot air oven at 100-102 °C for 16-18 hours (2). Crude protein was estimated by multiplying 6.25 to nitrogen content obtained through Kjeldahl method (2). Ether extract and ash were analysed by soxhlet extraction (2) and 550 °C muffle furnace, respectively.

Statistical analysis

Data collected was subjected to analysis of variance with storage methods and duration of the storage as the two main effects. Means were subsequently separated using Duncan's Multiple Range Test (Duncan, 1955).

Results

There was significant difference in egg weights (Table 1) for all storage methods throughout the duration of storage. In

the control, egg weight at day 0 was significantly different ($P < 0.05$) from day 7. Egg weight at day 0 for refrigeration was not significantly different ($P < 0.05$) from day 4 but differs significantly from days 14 and 21. In the oiling method, egg weights at day 0, 4, 7 and 14 were not significantly different but days 0, 4 and 7 were significantly different from day 21. Days 0, 4, and 7 for black polythene were not significantly different but day 14 differs significantly from day 21.

Average weight losses (Table 1) increased with increased storage length for all storage methods. There were significant differences ($P < 0.05$) in egg weight loss throughout the 21 days of storage for all storage methods except on days 7 and 14 for oiling method that show no significant difference. Eggs in intensely oiled experienced the lowest weight losses and this was followed by eggs stored in the refrigerator. Highest weight losses were recorded for eggs used as control.

Haugh units decreased progressively per storage method as the length of storage increased (Table 1). There was a significant difference ($P < 0.05$) between storage condition and storage duration. There was no significant difference ($P > 0.05$) in haugh units of day 0 and day 4 in the control (room temperature) and refrigeration methods though day 0 was significantly different from day 7, 14 and 21 for both methods. There was no significant difference in haugh units of day 0, 4 and 7 in oiling and black polythene bag methods. However day 7 of both methods is significantly different from day 14 and day 21.

Yolk indices in duration for all storage methods were significantly different ($P > 0.05$) (Table 1).

From day 4 to day 21, yolk indices for control (room temperature) differ significantly from refrigeration method. At day 4, oiling method was not significantly different from black polythene bag method and control, but control differs significantly from black polythene bag method. From day 7 to day 21, oiling differ significantly from black polythene bag.

Table 2 shows the proximate composition of dried open quail egg. Control and refrigeration method do not differ significantly in all the proximate composition except for protein, similarly oiling and black polythene bag methods do not differ significantly. However, there were significant differences in length of storage for all the proximate composition as shown on table 3.

Discussion

The parameters for measuring the quality traits of all eggs are at maximum when the eggs are freshly laid and decrease with increased storage time (16). Therefore storage conditions are chosen with regard to the retention of these quality traits. Temperature, relative humidity and flow of air or moisture are considered as the main factors in determining the technological conditions for storing eggs (14).

With increase in length of storage, egg weights declined as a result of increase in weight losses. The losses could be due to loss of carbon dioxide, ammonia, nitrogen, hydrogen sulphide gas and water from the eggs (10). Weight losses were not the same for all storage methods. Eggs oiled and refrigerated did not lost as much solvent as those in polythene bag and control. Thus, reduction in quality parameters was not as high in refrigeration and oiling as in black polythene bag and control. The low weight loss of oiled eggs may be due to blockage of shell pores by thin films of oil thus preventing water or gaseous escape.

Haugh unit and yolk indices are generally considered as good indicators to evaluate egg quality (8). The higher the yolk index (3) and the haugh unit (10), the more desirable the egg quality. The variations in these values for fresh quail eggs and eggs stored for 21 days under room temperature,

Table 1
Average Haugh Units, Yolk Indices, Weight and Weight Loss of quail eggs under different storage conditions

Parameter	Storage Condition	Duration of Storage (Days)					SEM
		0	4	7	14	21	
Haugh Unit	Room temperature (Control)	57.4 ^a _y	56.0 ^{ab} _z	54.5 ^{bc} _z	54.0 ^c _w	53.8 ^c _z	0.5
	Refrigeration	62.1 ^a _x	61.1 ^{ab} _x	59.5 ^{bc} _x	58.5 ^c _x	58.4 ^c _x	0.5
	Oiling	58.6 ^a _y	58.3 ^a _y	58.2 ^a _y	57.3 ^b _y	55.8 ^c _y	0.3
	Black polythene bag	58.6 ^a _y	57.9 ^a _y	57.7 ^a _{xy}	55.8 ^b _z	53.6 ^c _w	0.3
SEM		0.4	0.3	0.4	0.3	0.5	
Yolk Index	Room temperature (Control)	0.4 ^a _x	0.3 ^b _z	0.2 ^c _z	0.1 ^d _z	0.1 ^d _z	0.0
	Refrigeration	0.4 ^a _x	0.3 ^b _x	0.3 ^c _x	0.3 ^d _x	0.3 ^d _x	0.0
	Oiling	0.4 ^a _x	0.3 ^b _{yz}	0.3 ^b _y	0.2 ^c _y	0.2 ^d _y	0.0
	Black polythene bag	0.4 ^a _x	0.3 ^b _y	0.3 ^c _y	0.2 ^d _y	0.2 ^e _y	0.0
SEM		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Egg Weight	Room temperature (Control)	11.8 ^b _x	12.1 ^{ab} _x	13.0 ^a _x	12.3 ^{ab} _x	12.1 ^{ab} _y	0.2
	Refrigeration	11.4 ^b _y	9.9 ^{bc} _z	10.8 ^{ab} _y	11.4 ^a _y	11.3 ^a _y	0.3
	Oiling	11.4 ^{ab} _x	11.3 ^b _y	11.1 ^b _y	11.5 ^{ab} _y	12.0 ^a _y	0.1
	Black polythene bag	11.4 ^{bc} _x	11.3 ^c _y	11.2 ^c _y	12.0 ^b _{xy}	3.1 ^a _x	0.2
SEM		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
Weight Loss	Room temperature (Control)	-	1.2 ^d _x	2.8 ^c _x	3.9 ^b _x	5.4 ^a _x	0.2
	Refrigeration	-	0.2 ^d _y	0.5 ^c _y	1.2 ^b _z	2.0 ^a _y	0.0
	Oiling	-	0.0 ^c _y	0.1 ^{bc} _y	0.2 ^b _w	0.4 ^a _z	0.0
	Black polythene bag	-	0.1 ^d _y	0.7 ^c _y	1.9 ^b _y	2.6 ^a _y	0.1
SEM		0.1	0.1	0.1	0.2		

^{xyzw} separates storage condition effects; ^{abcde} separates duration effects. Means with the same superscripts (along same rows) and subscripts (along same columns) show no significant differences while those with different superscripts (along same rows) and subscripts (along same columns) are significantly different at ($P < 0.05$). SEM means Standard Error of the Mean.

Table 2
Proximate composition of open-dried quail eggs under different storage conditions

Storage condition	% Moisture	% Ether extract	% Ash	% Crude protein
Control				
(Room temperature)	10.4 ^b	20.9 ^b	2.0 ^b	28.5 ^b
Refrigeration	11.5 ^b	25.5 ^{ab}	2.7 ^{ab}	32.1 ^a
Oiling	13.2 ^a	29.9 ^a	3.2 ^a	32.9 ^a
Black polythene bag	12.9 ^a	28.4 ^a	2.9 ^{ab}	32.8 ^a
SEM	0.6	1.5	0.1	0.9

^{ab} separates storage condition effects along columns
Means in the same column with the same superscripts^(ab) show no significant differences while those with different superscripts^(ab) differ significantly at ($P < 0.05$).

SEM means Standard Error of the Mean.

Table 3
Proximate Composition of Open-dried quail eggs as affected by length of storage

Length of storage	%Moisture	%Ether extract	%Ash	%Crude protein
Day 0	15.5 ^a	32.0 ^a	3.4 ^a	35.3 ^a
Day 4	14.9 ^{ab}	27.1 ^{ab}	3.4 ^a	33.0 ^{ab}
Day 7	12.9 ^b	25.2 ^{bc}	2.6 ^b	30.5 ^{ab}
Day 21	4.7 ^c	20.3 ^c	1.8 ^c	27.4 ^c
SEM	0.6	1.5	0.1	0.9

^{abc} separates length of storage effects along columns
Means in the same column with the same superscripts^(abc) show no significant differences while those with different superscripts^(abc) differ significantly at ($P < 0.05$).

SEM means Standard Error of the Mean

refrigeration, oiling and black polythene bag methods is an indication of chemical degradation of the internal properties of egg as length of storage increases and favourable environment for bacterial actions. Haugh units are 75%

and above for excellent quality eggs and 50% and below for stale eggs. The highest haugh unit (62.1) for this study was recorded when the egg was fresh, this is lower than the recommended value for the excellent quality eggs (4), however the highest haugh unit of 58.4 at the end of the length of storage (day 21) was recorded by refrigeration method. Eggs stored in the refrigerator have high yolk indices and haugh values. This was respectively followed by eggs coated with oil, black polythene bag and control. The lower values obtained for yolk indices and haugh units may be due to environmental temperature which has the greatest effect on egg quality. A reduced temperature as low as 12 °C (refrigeration) for maximum egg quality retention (5, 6). Decreased storage temperature reduces water movement from albumen to yolk resulting in good quality albumen (10). Researches have shown that storage of eggs at room temperature for one month resulted in yolk mottling (11,15). All storage temperatures in this study except refrigeration exceeded 18 °C thus conducive for metabolic activities that resulted in quality reduction. Storage under refrigeration has lowest storage temperature hence highest indices.

Yolk index and thick albumen decreased with length of storage. This was due to breakdown of the fibrous glycoprotein ovomucin. They also indicated that egg yolk size increased with storage time due to movement of water from the albumen to the yolk as a result of osmotic pressure differences (10). An interaction ($P < 0.05$) was found between storage time and length of storage for proximate composition of quail eggs. There was a gradual decrease in the values of the moisture, ether extract, ash and crude protein content of quail egg during storage. Storage methods affected the composition for the whole length of storage. Refrigeration and oiling had the highest values for moisture, ether extract, ash content and crude protein.

Conclusion

From this study, considering various quality parameters, quail eggs can be stored for 4 days at room temperature and still maintain desired internal quality parameters. Though the quality parameters were altered by storage length and can be maintained by proper storing. Quail eggs are best stored at low temperature without deteriorating. For storage of eggs up to seven days, refrigeration, oiling and black polythene bag methods could be used although

the best storage condition is refrigeration but where it is not available, oiling can be used.

Acknowledgement

We thank Dr. R.O. Kassali of the Department of Agricultural Economics of Obafemi Awolowo University for assisting in the translation of the abstract to french.

Literature

1. Adeogun I.O. & Amole F.O., 2004, Some quality parameters of exotic chicken eggs under different storage conditions. *Bull. Animal. Hlth. Prod. Africa*, 52, 43-47.
2. AOAC, 1990, Official method of analysis, 15th edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. 2004.
3. Ayorinde K.L., 1987, Physical and chemical characteristics of eggs of four indigenous guinea fowls (*Numidia meleagris gallenta pallas*). *Nig. J. Anim. Prod.* **14**, 1&2, 125-128.
4. Bien L.L. & Thien P.C., 2005, Evaluation of shrimp head meal and cassava leaf meal as protein sources in diets for Luong Phuong Hoa laying hens. National Institute of Animal Husbandry, Hanoi, Vietnam Workshop. Seminar, 23-25 May, 2005. Retrieved from <http://www.mekarn.org/proctu/bienzo.htm>
5. Brake J., Walsh T.J., Benton C.E., Petite J.N., Meijerhof R. & Penalva G., 1997. Egg handling and storage. *Poultry. Sci.* **76**, 1, 144-151.
6. Campo & Ruano, 1995, Influence of storage duration and temperature on sensory quality of eggs. Paper presented at the 6th Egg and Egg Products Symposium, Zaragoza.
7. Carter J.C., 1975, The hen's egg estimation of shell superficial area and egg volume using measurements of fresh weight and shell length and breadth alone or in combination. *Brit. Poult. Sci.* **16**, 541-543.
8. Chang Y. & Chen T.C., 2000, Effects of packaging of shell egg quality stored. aginfo.snu.ac.kr/foodengin/internetposter/13/13.htm
9. Duncan D.B., 1955, Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, **11**, 1-42.
10. Haugh R.R., 1937, The Haugh unit for measuring egg quality. *United States Egg Poultry. Mag.* **43**, 552-555, 572-573.
11. Ihekoronye A.I. & Ngoddy P.O., 1985, Integrated food science and technology for the Tropics. Macmillan Publishers, 336-364.
12. Jacob P., Jacqueline, Miles D., Richard & Mother F. Ben, 1998, Egg quality. Institute of Food and Agricultural Sciences, Pp. 1-18.
13. Kul S. & Seeker I., 2004, Phenotypic correlations between some external and internal egg quality traits in the Japanese quail. *International Journal of Poultry. Sci.* **36**, 400-405.
14. Orji B.I., Igboeli C. & Okoye P.T., 1981, The effect of pre-incubation storage on embryonic growth rate, mortality, hatchability and total incubation period of fowl egg. *Nig. J. of Agric Sci.* **31**, 99-103.
15. Otles S. & Hisil Y., 2001, The vitamin B2 content of fresh and stored hen eggs. Food Engineering Department, Ege University, Borvona, Turkey.
16. Panigrahi S., Plumb V.F. & Mantrin D.H., 1989, Effect of dietary cotton seed meal with and without non-treatment on laying hens. *Brit. Poultry Sci.* **30**, 641-649.
17. Scott T.A. & Silversides F.G., 2001, Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. *Poult. Sci.* **80**, 1245-1248.
18. Song K.T., Choi S.H. & Oh H.R., 2000, A comparison of egg quality of pheasant, chukar, quail and guinea fowl. *Asian- Aus. J. Animal. Sci.* **13**, 7, 986-990.
19. Stadelman W.J., 1994, Egg production, processing and products. *Encyclopedia of Agricultural Science*, 2(E-L), 43.
20. Uluocak H.N., Okan F., Ete E. & Nacari H., 1995, Bildirin yumurtalarinda bazi dis ve ic kalite ozellikleri ve bunlarin yasa gore degismi. *Turkey J. of Vet. and Animal. Sci.* **19**, 181-185.

I.O. Dudusola, Nigerian, M.Sc. Animal Science, Lecturer 1, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Osun State, Nigeria, Telephone:+2348034069743 E-mail: iadeogun@oauife.edu.ng Alternative E-mail: dipodudu2000@yahoo.com

Resource Use Efficiency in Urban Agriculture in Southwestern Nigeria

R. Adeyemo¹ & F. Kuhlmann²

Keywords: Urban Agriculture- Food Crops- Resource Efficiency- Nigeria

Summary

The rate of urbanization in West Africa including Nigeria is expected to lead to increased demand for food and possible associated increases in urban unemployment and food insecurity. The challenge therefore is for researchers and policy makers to put in place policies and goals to make urban agriculture a legitimate and viable economic activity capable of mitigating the problem of urban food insecurity. The paper sets out to evaluate the efficiency of resource use in urban food crop production. Structured questionnaires were applied to urban food producers in five districts of two cities. An effective sample of 120 respondents was available for evaluation. Results from the analysis of data have shown that almost all (92%) of the food producers are literate. Both men (53%) and women (47%) are participating in food production in urban areas. Majority (61%) of the food producers secured loans from the formal sector. The average revenue for urban food crops production was ₦51, 294 per hectare with a gross margin of ₦23, 688. This means that food crop production in urban areas is profitable. There was disequilibrium in resource use, as planting seeds and agrochemicals were used efficiently as against land and labour that were inefficiently used. In general, urban food crop production is yet to attain an optimum level of combination of resources.

Résumé

Efficacité de l'utilisation des ressources dans l'agriculture urbaine dans le sud-ouest du Nigeria

Le taux de croissance urbaine en Afrique de l'Ouest incluant le Nigeria est supposé accroître la demande alimentaire et ses corollaires à savoir le sous-emploi urbain et l'insécurité alimentaire. Le défi pour les chercheurs et les décideurs consiste cependant à mettre en place des politiques et des programmes faisant de l'agriculture urbaine une activité économique légitime et viable capable d'alléger le problème d'insécurité alimentaire urbaine. L'agriculture urbaine est en voie de progrès dans la plupart des cités urbaines. Cette étude vise à évaluer l'efficacité de l'utilisation des ressources dans la production végétale urbaine. Des questionnaires bien structurés étaient administrés à des producteurs dans cinq districts de deux villes. Un échantillon de 120 producteurs était analysé. Les résultats de l'analyse montrent que presque tous les producteurs (92%) sont lettrés. Les deux sexes, hommes (53%), femmes (47%) participent à la production alimentaire en zone urbaine et la majorité (61%) des producteurs avaient contracté du crédit auprès du secteur formel. Le revenu moyen du producteur urbain était de ₦51.294.ha⁻¹ avec une marge brute de ₦23.688.ha⁻¹. Ceci signifie que la production alimentaire en milieu urbain est profitable. Cependant, il apparaît un déséquilibre dans l'utilisation des facteurs de production. Des intrants tels que semences et produits agrochimiques sont efficacement utilisés alors que les producteurs sont inefficaces dans l'utilisation de la terre et de la main-d'œuvre. Globalement la production urbaine végétale n'a pas encore atteint l'optimum dans la combinaison des ressources.

Introduction

All over the world, except in sub-Sahara Africa where the opposite holds, urbanization is associated with economic growth. Paradoxically, sub-Sahara Africa has the highest rates of urbanization globally and more than half of its entire population will be living in cities during the next two decades. This situation implies that in West Africa especially Nigeria the problem of urban poverty, unemployment and urban food insecurity will become exacerbated rather than ameliorated by the phenomenon. At the same time as these problems grow, the niches for activities that alleviate them also take hold and possibly expand. One of such activities to which urban households have turned for food, employment and income is urban agriculture. It is thus not entirely surprising that urban agriculture has grown in importance and scope in the last few decades.

Urban agriculture is a term used to describe the production of agricultural products in the urban environment. Three major types of urban agriculture have been identified as urban shifting cultivators, household gardeners and urban market producers, all which play distinct roles and contribute to urban market. In urban agriculture, much of the activities described are practiced in zones around large cities and urban towns. These areas are characterised by strong urban influences and demand, easy markets, services and other

inputs.

Urban agriculture in the developing countries has been growing in importance and scope in more recent times. It is estimated that 800 million people are engaged in urban agriculture worldwide, with the majority in Asian cities and of these 200 million are considered to be market producers, employing 150 million people full time (12). According to Mougeot (6) urban agriculture is an important supply source in developing country food systems. It represents a critical food security valve for poor urban households providing cheap, simple and flexible tool for productively using open urban spaces, generating employment and income, adding value to agricultural products.

Garrett (5) projects that by 2020 the number of people living in developing countries will grow from 4.9 billion to 6.8 billion, 90% of this expansion will be in cities and towns accounting for more than half the population of Africa and Asia. As these events unfold, West Africa will not be left out, for example Nigerian population in 2000 was 111.6 million while the urban population was 49.1 million. In 2006 Nigerian population has hit 140 million. By 2020 her population is projected to be 168.2 million while urban population will be 97.9 million. If no action is taken, rapid rate of urbanization

¹Department of Agricultural Economics, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria.

²Institute für Betriebslehre Agrarwirtschaft, Universität Gießen, Senckenberstr. 3 Gießen, Germany.

Received on 19.05.08 and accepted for publication on 29.08.08.

combined with lack of economic growth in the rural areas, will exacerbate unemployment, poverty and urban food insecurity problems over the next two decades. The roles of agriculture remain significant in the Nigerian economy despite the strategic importance of the oil sector. Agriculture provides primary means of employment for Nigerians and accounts for more than one-third of total Gross Domestic Product and labour force (13).

The fact then remains that urban agriculture will compliment rural supplies and food will need to continue to be produced in and around cities where there would be more people. Boosting urban agriculture will come with the additional benefit of substantially reducing some economically wasteful and environmentally unfriendly costs associated with transportation and packing of agricultural products, as is especially the case when such goods are produced far from their consumers. The United Nations is of the belief that a dependable supply of food should be regarded as a fundamental human right (11). This is a laudable point of view which should be upheld and attained. With more people in the cities, cities must feed its people and it makes economic sense for food to be produced nearest to where it is consumed. Poor urban households have, over the years had to rely on the oars of urban agriculture for employment, income generation, hunger and poverty reduction, and generally improving livelihoods. This is how important urban agriculture is and how seriously it must be taken.

It is imperative that with the increasing rate of population growth in cities, the need to meet the food requirement with domestic production becomes very crucial. Such effort calls for production expansion strategies towards establishing a strong diversified food sector.

It is however, acknowledged that increased agricultural productivity would help in attaining the needed food security. One of the often suggested strategies for increasing this productivity is a combination of measures designed to increase the level of farm resources as well as make efficient use of resources already committed to the farm sector. The need to efficiently allocate productive resources in agriculture cannot be overemphasized. It is a success indicator and performance measure. Consequently, every factor of production would have to be efficiently and effectively mobilized to reduce the gap between actual and potential outputs.

The objective of this study is to explore the efficiency of resource use in urban food crop production. Efficiency in food crop presupposes the optimum combination of and use of resources. Any plan to achieve this optimality goal will require a through knowledge of the resource use patterns as well as an assessment of the productivities of resources. Such an understanding will assist urban policy makers and prospective investors in knowing the possibilities of increasing the level of production by giving the direction of adjustment in resource use.

Methodology

Cross sectional data were collected using random sampling. This was done by choosing ten districts in two major cities (Ibadan and Ile-Ife). The ten districts are Aiyetoro, Ogbon-Agbara, Oke-Ola, Aseri-Ifa, Adeggbayi, Omolade, Ibebo, Ashi, Shasha, and Alakia. One hundred and twenty urban producers were selected and interviewed with the aid of structured questionnaires.

Socio-economic data were secured on respondents' age, sex, educational level, farm size, cropping patterns and other inputs and components. The collected data were subject to descriptive and inferential statistical analysis. Different forms of production functions were fitted to the data, using Ordinary Least Squares estimating method

with estimates of marginal value productivity of selected resources derived from the best fitting production function and s well as the elasticity's of production.

The theoretical model relating output with inputs is given by:

- $Y = F(x_1, x_2, x_3, x_4, U)$ where
- Y_1 = value of output in Naira. The value of output was estimated in monetary terms by multiplying the physical output value by the unit price of the crop concern.
- x_1 = Area of land cultivated in hectares.
- x_2 = Labour input measured in man days.
- x_3 = Value of planting seeds measured in Naira.
- x_4 = Value of agrochemicals used in Naira.
- U_1 = Error term.

The value of output was estimated as specified in equations 1, 2, and 3 as a linear, semi-log and double log.

$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + U_1$ eq1
 $Y = b_0 + b_1 \ln x_1 + b_2 \ln x_2 + b_3 \ln x_3 + b_4 \ln x_4 + U_1$ eq2
 $\ln Y = b_0 + b_1 \ln x_1 + b_2 \ln x_2 + b_3 \ln x_3 + b_4 \ln x_4 + U_1$ eq3

The best fitting equation would be chosen according to the following econometric and statistical criteria:

- 1) The magnitude of the coefficient of multiple determination (R^2),
- 2) The significance of the individual explanatory variables as expressed by their t-values,
- 3) The significance of the overall production function as judged by the F-value,
- 4) The appropriateness of the signs of the regression coefficients based on *a priori* expectations. All the explanatory variables are expected to be positively related to the value of output.

The marginal value product (MVP) of resource provides a framework for policy decision on resource adjustment. When the MVP value is positive, it is an indication that output could be increased by using more of the given factor input. However, the magnitude of the MVP has to be compared with acquisition price which is the marginal factor cost (MFC) of the input in order to determine how useful it is to increase the level of the factor used. The divergence between the acquisition price of the input and its MVP indicates the scope of resource adjustment necessary to attain economic optimum. A given resource is optimally allocated when there is no divergence between its MVP and the MFC of the resource input. That is:

$MVP_{x_1} = P_{x_1}$
 Where MVP_{x_1} = Marginal Value Product of input x_1
 P_{x_1} = Price of input x_1 = MFC

A t-statistic is used to determine if there is divergence between MVP and MFC.

The acquisition price or MFC for all resources used is the average market price prevailing in the area. However, where resources are measured in value terms, efficiency in the use of resources must be evaluated by equating their MVP to one Naira plus some interest rate.

The elasticity of production indicates the changes in output relative to a unit change in input of other levels that are held constant. Mathematically, the elasticity of production is expressed:

$Ep = \frac{\partial y}{\partial x} \frac{x}{y}$
 Where Ep = elasticity of production
 y = aggregate value of output
 x = resource input
 And $\frac{\partial y}{\partial x}$ = derivative of y with respect to x

According to theory, when the ratio is greater than one, this means that the increase in output outpaces the increase in input and production is elastic. When it is less than one, this indicates that the percentage increase in output is less than the percentage increase in input and the production is said to be inelastic. When the ratio is equal to one, then output increases by the same rate as input and elasticity is said to be unitary.

Results and discussion

The results of the socio-economics characteristics are presented in table 1. The data have shown that urban farming is practiced by both men and women. Despite the fact that women perform many functions at home they still have the time and energy to be involved in urban farming. The women labour individually for the specific return of maintaining their obligations to feed their families either through growing food for consumption or food for sale to purchase the means to meet household obligation. The age distribution of the producers has shown that 25% were below 40 years while 62% were between 41 and 59 years and 13% of the producers were above 60 years. This is an indication that farming in urban areas is practised by all categories of young and elderly people living in the cities. The data on education are interesting, as only 9% of the producers did not have any formal education. This is in contrast to rural areas where over 20% were illiterate (1, 7). About 64% of the farmers have gone through primary and secondary education while 27% have had their higher diploma and degree. The educational status of the urban producers would enable them to acquire knowledge and skill and thus increase their power of understanding. When the major occupation of the producers was analyzed, the data have revealed that about 51% of the producers' main occupation was farming. The rest were traders, teachers and artisans. These categories of urban producers used hired labour during some cultural practices like weeding and

harvesting. The study explored the migration status of the respondents. We observed that most of the producers (47%) migrated to the cities while 34% were born in the areas of study and almost (19%) were indigenes of the areas.

Cropping practices of the producers

We observed that urban shifting producers farm whenever they could find empty spaces in the cities. They grow leafy vegetables, tomatoes, pepper, okra and some food crops mainly for the informal market in order to meet their more basic needs, also for better-off households. Traditional leafy vegetables which grow fast and absorb few inputs are one of their important products, because they contribute to the inexpensive vegetable supply of the urban lower classes. In addition we noticed household gardeners that reside in towns and farm around their homes or elsewhere in or near the city. They raise small livestock and grow various vegetables. Women are more prominent among this group. They grow for the market and to supplement household food supply.

There are also the urban market producers who produce vegetables and crops like yams, cassava and maize. Crop-livestock interactions and integration occur in various mixes. Production of swine and poultry as well as micro-livestock like rabbits and snails at commercial rather than subsistence levels characterized the system because they lend themselves well to the urban environment marked by land scarcity and can be raised in confinement. However, for ease of data collection this study concentrates on producers of vegetables, yams, maize, cocoyam and cassava.

Investment in production inputs is usually high and often requires institutional credit and access to land which respondents enumerated as their critical needs.

In order to explore these critical areas of needs, respondents were asked to indicate their farm size and how they acquire their lands and credit. The responses provided by the producers are shown in table 2. Almost 56% of the farmers secured their lands through inheritance. About 19% got their land as gifts from relatives, friends and colleagues in the same location while 13% purchased their lands and almost 12% rented the lands. Those who purchased their lands, their land rights are more secured and their investments seem accordingly higher and of longer-term in nature whereas those who rented their lands, their rights to use the land for other purposes other than what they are meant for are very limited. Those who purchased their lands have erected residential buildings on part of the plots. The sizes of the lands have shown that about 71% of the producers' possessed 0.01 to 0.60 hectare of farm while

Table 1
Socio- economic characteristics of the producers

Characteristics	Numbers of producers	Percentage of producers
1. Age (in years)		
21-30	10	8.3
31-40	21	17.5
41-50	44	36.7
51-60	30	25.0
Over 60	15	12.5
2. Sex		
Male	64	53.4
Female	56	46.6
3. Educational Status		
No Education	11	9.2
Primary	29	24.2
Secondary	48	40.0
Technical (Diploma)	17	14.1
Higher (Degree)	15	12.5
4. Major Occupation		
Farming	61	50.8
Trading	18	15.0
Artisan	20	16.7
Teaching	17	14.2
Others	4	3.3
5. Migration Status		
Indigenous	23	19.2
Born in the area	41	34.2
Migrant	56	46.6

Source: Field survey 2007.

Table 2
Access to land, credit and farm size

	Number	Percentage
1. Access to land	23	19.2
Gift	14	11.7
Rented	16	13.3
Purchased	69	55.8
Inheritance		
2. Access to credit		
Relatives and friends	36	30
Community banks	21	17.5
Cooperatives	52	43.3
Money lenders	11	9.2
3. Farm size (ha)		
0.01–0.02	12	10.0
0.21–0.40	43	35.8
0.41–0.60	31	25.8
0.61–0.80	19	15.9
0.81–1.00	10	8.3
Over 1.00	5	4.2

Source: Field survey 2007.

Table 3
Result of the regression analysis

Variable	Linear	Semi log	Double log
Constant	1161.43 (-4.75) ^{xx}	3.42 (2.99) ^{xx}	11.96 (4.60) ^{xx}
X1	3.12 (4.01) ^{xx}	1.93 (0.69)	2.82 (6.74) ^{xx}
X2	1.43 (1.64) ^x	0.78 (0.61)	1.25 (1.73) ^x
X3	0.49 (0.03)	0.09 (1.90) ^x	0.88 (.37)
X4	2.71 (2.01) ^{xx}	0.18 (1.04)	0.33 (1.18) ^x
R2	0.87	0.64	0.89
F	171	29	163

^x Significant at 0.05 ^{xx} Significant at 0.01

Table 4
Ratios of the marginal value production to marginal factor cost and calculated t-values

Resources	MVP (N)	MVP/MFC Ratio	Calculated t-values
Land (X ₁)	3.86	0.94	-2.16 ^x
Labour (X ₂)	1.54	0.09	-1.48 ^x
Seeds (X ₃)	1.95	1.35	0.88
Agrochemicals (X ₄)	1.77	1.12	0.53

^x Significant at 0.1

25% of the producers controlled 0.61 to 1.00 hectare of land and only 4% had access to over 1.00 hectare of land. Concerning credit access, majority of the producers (61%) secured credit or loans from the formal sector (community banks and cooperatives). This is unlike in rural areas where producers secure most of their loans from informal sector (1, 8). We discovered that farmers in towns are in good relationship with the formal financial institutions and they combine savings with credit. All these go to help the urban market producers. About 30% of the producers enjoyed credit from relatives and friends who in most cases charge little or no interest on such credit.

The average revenue for food crops production in the study area was N51,294 per hectare with a gross margin of N23,688. This indicates food crop production in urban areas to be profitable. We discovered a kind of inter-household transfers of food and money in the study area. The exchanges were predominantly between households living in close proximity in urban cities and many transfers were from husbands who live in separate residences from their wives. Respondents indicated that without the money transferred they would not have secured all their household needs.

Resource use efficiency

The results of the regression are shown in table 3. Based on the previously explained criteria, the double log production function was chosen as the lead equation. This equation shows that the land area cultivated, cost of seeds and agrochemicals are highly significant at 1% level. However, labour input used, relevant explanatory variable is significant at 0.05. The coefficient of determination (R²) indicates that 89% of the variation in revenue from food crops is explained by variation in the level of use of each of the specified inputs. The F-value attested to the joint significance of the explanatory variables on revenue from food crops.

The marginal value product is used to judge the efficiency of resource used at a given level of technology and prices

of both input and output. The estimates of the MVP, ratios of the MVP to MFC and the calculated t-values are given in table 4.

The significant difference between MVP and MFC of land and labour as depicted by the calculated t-value reveal that land and labour are not used efficiently. In the same table, the calculated t-values of planting seeds and agrochemicals costs show there is no significant difference between the MVP and MFC. This indicates that the two inputs are used efficiently.

The production elasticities for the resources are calculated, which show land, labour, seeds and agrochemicals to be 0.97, 0.89, 0.31 and 0.21 respectively. The sum of the elasticity of production of the resources indicates an increasing return to scale in the urban areas (2.43). This means that urban producers are yet to attain an optimum size of the combination of the resources. Consequently, urban producers can have more returns by increasing all the quantities of the inputs used.

Conclusions

This study has revealed some conclusions that can be drawn as regards urban food production. The average size of plot of urban producers was 0.55 hectare. Majority of the producers secured their loans from the formal sector. This enabled the producers to purchase planting seeds and agrochemicals at the appropriate time. The timely release of fund enhanced the returns that accrued to the producers. There has been an interhousehold transfer of food and money in the area of study, which have increased the food security of most families and helped their non food expenditures.

Food producers in the urban areas are yet to attain an optimum level of combination of the resources as the elasticity of production of the resources indicate an increasing return to scale. The need arises for adjustment in the level of resource use most especially with regards to expanding the size of plots used for production. In view of the accessibility of producers to funds, output can be envisaged by increasing the inputs used.

It is apparent from this study that urban agriculture enjoys the advantages of providing fresh food for home consumption, income for the family and employment for the poor. Past research efforts for example (3) on food production in rural Nigeria have emphasized poor infrastructure such as bad road network and lack of storage as obstacles to the delivery of basic and perishable goods into urban cities. It is strongly recommended that urban agriculture (not far from the cities) should be promoted in Nigeria.

The current research discovered that the crop-livestock interaction and integration occur in various mixes in urban areas. In order to understand its complexity, future research will have to examine the crop-livestock production system and resource allocation. The other point of interest is to compare urban agriculture in cities from different ecological zones in order to understand and learn from their differences and

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the funding provided by the Alexander Von Humboldt foundation.

Literature

1. Adeyemo R., 1984, Economic analysis of resource productivity in group farming systems in the savannah zone of Oyo State, Nigeria, *Midsouth Journal of Economics*, USA. Vol. 8 No 1, 7-10.
2. Ajibefun I.A. & Daramola A.G., 2003, Determinants of technical and allocative efficiency of micro enterprises: firm-level evidence from Nigeria bulletin of African Development Bank No 4, 353-395.
3. Ajobo O., Adeyemo R. & Tijani A., 2002, Nigeria's export crops supply response (1970), *Ife Social Sciences Review*. Vol. 18, No 7, 78-85.

4. Brockerhoff M., 2000, An urbanising world. *In*: Garrett J.L. & Ruel M.T. (eds), *Achieving urban food and nutrition security in the developing world 2020*, Focus 3, IFPRI (International Food Policy Research Institute) Washington D.C. USA.
5. Garret J.L., 2000, Promoting sustainable development in less favoured areas, *In*: Garret J. L. & Ruel M.T. (eds). *Achieving urban food and nutrition security in the developing world 2020*, Focus 3, IFPRI (International Food Policy Research Institute). Washington D.C. USA.
6. Mougeot L.J., 2002, Urban agriculture: definition, presence, potentials and risks. Thematic paper I in *cities feeding people*. Canada pp. 27-30.
7. Oke J. & Adeyemo R., 2006, A study of microfinance institutions and smallholders' savings mobilization in South western Nigeria, *Bowen Journal of Agriculture, Nigeria*. Vol. 3 N° 2, 217-227.
8. Olagunju F. & Adeyemo R., 2007, Agricultural credit and production efficiency of small scale farmers in South-Western Nigeria, *Agricultural Journal*. Vol. 2. N° 3, 426-433 *Medwell Online Journals*.
9. Ojo S.O., 2003, Productivity and technical efficiency of poultry egg production in Nigeria, *International Journal of poultry Science*. Vol. 2, N° 6, 429-464.
10. Potutan G., Schnitzler W., Arnado J., Janubas L. & Holmer R., 2000, Urban agriculture in Cagayan de Oro: a favourable response of city government and NGO. *In*: Bakker M. Dubbeling M Sabel-Koschella U. and Zeauw H. (eds) *Growing cities growing food; Urban agriculture on the policy agenda*. DSE. Feldafing, Germany. ISBN 3-934068-25-10, 413-428.
11. Sachs I. & Silk D., 1987, Introduction: urban agriculture and self-reliance. *Food and Nutrition Bulletin*. Vol. 9 N° 2, 2-4.
12. United Nations Development Programme, 1996, *Urban Agriculture: Food, jobs and sustainable cities*. Publication series for habitat II New York. Vol. 1, 7-8.
13. World Bank, 2003, *World Development Indicators*. Washington D.C.

R. Adeyemo, Nigerian, PhD, Department of Agricultural Economics, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria.

F. Kuhlmann, German, PhD, Institute für Betriebslehre Agrarwirtschaft, Universität Gießen, Senckenberstr. 3 Gießen, Germany.



International Symposium

CIRAD, INRA et Montpellier SupAgro

June 28 to July 1st, 2010 – Montpellier, France

**Facing the crisis and growing uncertainties,
can science and societies reinvent
agricultural and food systems
to achieve sustainability?**

Take note ! Abstract deadline is postponed to October 6, 2009.

Don't hesitate to send presentations based on exchange, especially **interdisciplinary papers** crossing life sciences and social sciences, and **papers involving researchers and stakeholders**.

Two-voice presentations are welcome.

www.isda2010.net (English, French and Spanish)

Contact: isda2010@supagro.inra.fr

 ISDA 2010



Comparative Studies on the Composition and Purchase Costs of some Edible Land Snails in Nigeria

A.A. Awah^{1*}, B.C. Lalabe¹, I. Nasiru² & Patience Omo-Erigbe¹

Keywords: *Archachatina marginata*- *Archachatina papyraceae*- *Limicolaria flammea/aurora*- Composition- Purchase Costs- Nigeria

Summary

Four species of edible land snails of the moist forest belt of Nigeria, *Archachatina marginata* (Swainson), *Archachatina papyraceae* (Pfeiffer), *Limicolaria flammea* (Muller) and *Limicolaria aurora* (Jay) were used in the study of their body composition and purchase cost analysis. Data on *Limicolaria flammea* and *Limicolaria aurora* were pooled together to simulate their occurrence in nature and presentation in the markets. They were designated as *Limicolaria flammea / aurora* throughout this study. The results showed that there was no significant ($P > 0.05$) difference between the dressing out percentages of the three study group of snails. However, all body component parts studied were significantly ($P < 0.01$) greater for *A. marginata* than for *A. papyraceae* or *L. flammea/aurora*. When the mean weights of shell, visceral mass, edible flesh and the sum of the mean weights of drainable fluid, mucus and other wettings were in each case expressed as percentages of the liveweight, the results were consistently similar ($P > 0.05$), indicating some regular pattern of weight distribution for these mollusk species studied. When the cost implications were carefully analyzed, the results showed possible savings of \$ 1.95 and \$ 2.06 US dollars in favour of consumption of fresh edible snail meat from one kilogram liveweight each of *A. papyraceae* and *L. flammea/aurora* respectively, as compared to the consumption of fresh edible snail meat from one kilogram liveweight of *A. marginata*. On dried snail meat basis, *A. papyraceae* was cheapest (\$ 0.28 US dollars / 100 g), followed closely by *L. flammea/aurora* (\$0.40 US dollars / 100 g), while *A. marginata* was the costliest (\$ 2.30 US dollars / 100 g).

Introduction

The four main species of edible land snails of the moist forest belt of Nigeria are *Archachatina marginata* (Swainson), *Archachatina papyraceae* (Pfeiffer), *Limicolaria flammea* (Muller) and *Limicolaria aurora* (Jay). They are widely distributed in the moist forest belts of West Africa (Nigeria, the Republic of Benin, Togo, Ivory Coast, Liberia, and Sierra Leone). The moist forest belt of Nigeria comprises the area lying between latitude 4° 15' and 7° north, with mean daily temperature of about 27 °C throughout the year. The mean maximum and minimum temperatures range from 30-33 °C and 21-23 °C respectively, and they increase from the coast inland. The rainfall could be as high as 2500 mm per year (4).

The four species of snails vary widely in their respective live weights to very mature live weights of about 120 g to over 500 g for *A. marginata*, 18 g to over 30 g for *A. papyraceae*, while *L. flammea* and *L. aurora*, are similar and are about 7 g to over 13 g. *L. flammea* and *L. aurora* are usually found together in company in nature during foraging time in relatively large numbers. They are therefore usually gathered together by snail gatherers and sold together in mixture in the markets.

Résumé

Etudes comparées sur la composition et le coût d'achat de quelques espèces d'escargots terrestres comestibles au Nigeria

Quatre espèces d'escargots de terre comestibles de la région forestière humide du Nigeria, *Archachatina marginata* (Swainson), *Archachatina papyraceae* (Pfeiffer), *Limicolaria Flammea* (Muller) et *Limicolaria aurora* (Jay) ont été utilisées pour déterminer la composition corporelle et la rentabilité de chacune de ces espèces. Vu l'absence de différenciation de ces espèces sur les marchés tant elles se ressemblent, les données portant sur *Limicolaria flammea* et *Limicolaria aurora* ont été regroupées sous l'appellation *Limicolaria flammea/aurora*. Les résultats ont montré que le poids moyen des coquilles, de la masse viscérale, de la chair comestible et des mucosités a été ($p < 0,01$) plus élevé pour *A. marginata* que pour les autres espèces. Lorsque le poids moyen a été exprimé en des pourcentages de poids vifs des trois groupes d'escargots étudiés, les résultats ont été semblables ($P > 0,05$), indiquant ainsi un modèle régulier de la distribution des poids pour ces espèces de mollusques. Concernant la rentabilité, les résultats ont montré des économies éventuelles de 1,95 à 2,06 dollars américains par kg de *A. papyraceae* et de *L. flammea/aurora* respectivement et de 2,34 dollars américains pour *A. marginata*. La viande sèche d'escargot, revient à 0,28 dollars américains / 100 g de *A. papyraceae*, à 0,40 dollars américains / 100 g de *L. flammea/aurora*, tandis que *A. marginata* s'achète 2,30 dollars américains / 100 g.

Snail meat is highly relished in Nigeria, but the supply of snails relies mainly on the wild. Consequently, demand for snail meat outstrips supply, resulting in constant soar in price of snails in the market. For example, the sale of full grown *A. marginata* was at about \$ 0.03 US dollar in 1991 and \$ 0.07-0.10 US dollar in 1994 (1, 2) and at the time of this study, at about \$ 0.83-0.90 US dollar. Because of the small sizes of *A. papyraceae* and *L. flammea / aurora*, they are not usually demanded in the market by the affluent in the society, who rather prefers the more imposing *A. marginata* to the former.

Snails are mostly sold live in Nigerian markets. Whereas, the price at which *A. marginata* is sold in the market is based on its size, both *A. papyraceae* and *L. flammea / aurora* are commonly sold using either of two local measures in Benin City named "Rubber" (about four litres- volume capacity) or "Uzokpo" (about 2½ times the volume capacity of the former). A four litre volume capacity measure of *A. papyraceae* at the time of this study sold at \$ 2.43 US dollars while that of mixture of *L. flammea / aurora* at \$ 1.74 US dollars.

The snail body consists mainly of the shell and the visceral mass, which in-turn is made up of the edible portion (the

¹Farming Systems Research and Extension Department, Rubber Research Institute of Nigeria, Benin City, Edo State, Nigeria.

²Rubber Research Institute of Nigeria, Gashua Substation, Yobe State, Nigeria.

^{*}Department of Farming Systems and Extension Services, Rubber Research Institution of Nigeria, Headquarters, P.M.B. 1049, Benin City, Nigeria.

Received on 21.04.06 and accepted for publication on 29.08.08.

head/foot complex and the digestive system) and the inedible portion (the digestive gland, the alimentary canal and the crop). During dressing of the live snail for food, the inedible portion is usually removed and discarded. Consequently, partitioning of the body of the snail to highlight the proportion of the edible component is useful in ascertaining its quantitative contribution of animal protein in human nutrition.

Very little attention had hitherto been given to the study on the comparative biomass composition of *A. marginata*, *A. papyraceae* and *L. flammea/aurora*. Consequently, consumers have little idea on the quantity of edible meat they derive from the live snails they bought.

This study was undertaken to investigate the purchase cost for *A. marginata*, *A. papyraceae* and the combined species *L. flammea* and *L. aurora* to estimate their quantitative contribution of edible snail meat to the consumer.

Materials and methods

Four species of edible land snails of the moist forest belt of Nigeria, namely *Archachatina marginata*, *Archachatina papyraceae* and a mixture of *Limicolaria flammea* and *Limicolaria aurora* were used in the study of their purchase costs and quantitative contribution of edible snail meat at market weight.

They were purchased from the market in Benin City, weighed; counted and random samples of 80 snails each from the snail species were weighed to estimate the mean live weight at the time of purchase. They were managed outdoors under mature rubber (3) until required for slaughter. A day prior to slaughter, all foods except water were withdrawn from the snails overnight. Fifty random samples each were taken from *A. marginata* and *A. papyraceae*, weighed and slaughtered. Twenty-five random samples each were taken from *L. flammea* and *L. aurora*, weighed and slaughtered. The data arising from the two later species were bulked together in subsequent calculations to simulate their occurrence in nature and presentation in the market. Slaughtering was done by gentle crushing of the shell. The drainable fluid was quickly collected in a weighed receptacle and then weighed again with the fluid. The volume of the fluid was then measured. The weight and volume of drainable fluid of the smaller species i.e. *L. flammea* and *L. aurora* were taken up in a weighed one milliliter (1 ml) capacity hypodermal syringe, and then weighed again with the fluid and the volume read off directly on the instrument. All mucus including non descript wettings during the dressing of the snails were absorbed on to known weight of absorbent tissue papers, then weighed to estimate their weight.

The cracked shells were carefully detached from the visceral mass, and weighed. The edible portion of the snail's meat

(the head / foot complex and the digestive system) was carefully detached to separate the inedible portion (the digestive gland, the alimentary canal and the crop) and each was weighed. Thereafter the shell, the edible portion of the snail's meat and the inedible portion were dried to constant weight in forced draught oven at 70 °C for 36 hours, cooled in a desiccator and then weighed. Data obtained in this study were used to estimate fresh and dried weights of shell, visceral mass, edible and inedible portions of the snail's meat, the weights of the drainable fluid, mucus and other wettings.

Statistical analysis

Differences observed between species or study groups were subjected to statistical analysis to determine the degrees of significance by the use of Duncan multiple range test (5).

Results

The market weights and prices of the snail species are presented in table 1. The mean weight of the snails sampled (sample number= 80) at the time of purchase were 384.0 ± 21.0 ; 21.2 ± 1.4 and 7.8 ± 0.0 g for *A. marginata*, *A. papyraceae* and the combined species *L. flammea /aurora* respectively. Their corresponding unit market prices were \$ 0.90 US dollars per single *A. marginata*; \$ 2.43 US dollars and \$ 1.74 US dollars per local measure (4 liters volume capacity) of *A. papyraceae* and *L. flammea/aurora* respectively. Each local measure of 4 liters volume capacity contained 304 live *A. papyraceae* snails and 875 live mixed *L. flammea/aurora* snails respectively.

Using the above data the single snail prices were estimated as \$ 0.90, \$ 0.01 and \$ 0.002 US dollars for *A. marginata*, *A. papyraceae* and *L. flammea/aurora* respectively.

The slaughter data of the snails are presented in table 2. The mean weights at time of slaughter were 387.7 ± 19.4 , 20.4 ± 0.1 and 7.2 ± 0.2 g for *A. marginata*, *A. papyraceae* and *L. flammea/aurora* respectively. The dressing out percentages, defined as the ratio of the edible snail meat to the live weight multiplied by a factor 100, were $42.2 \pm 1.7\%$, $44.8 \pm 0.5\%$ and $43.0 \pm 0.7\%$ for *A. marginata*, *A. papyraceae* and *L. flammea / aurora* respectively. The dressings out percentages were similar ($P > 0.05$). The weight distribution of the component parts of the snail's body showed that the mean weights of shell of the snails expressed as the percentage of the live weight were $22.5 \pm 1.1\%$, $19.1 \pm 0.4\%$ and $20.8 \pm 0.6\%$ for *A. marginata*, *A. papyraceae* and *L. flammea/aurora* respectively. The mean weights of the edible portion of the snails meat expressed as the percentage of the visceral mass (total flesh), were $68.7 \pm 5.2\%$, $66.4 \pm 5.0\%$ and $64.6 \pm 4.7\%$ for *A. marginata*, *A. papyraceae* and *L. flammea/aurora* respectively. The weights of drainable fluid, mucus

Table 1
Market weight and prices of some edible species of land snails of Nigeria

	<i>A. marginata</i>	<i>A. papyraceae</i>	<i>L. flammea/aurora</i>
Mean*liveweight of snails at time of purchase (g)	384.0 ± 21.0	21.2 ± 1.4	7.8 ± 0.0
Total number of snails / 'rubber' measure (4 litres volume capacity)	NA	304	87
Number of snails in one kilogram live-weight	2.6	49	138.9
Estimated price of snail per kilogram live weight (US dollar)	\$ 2.34	\$ 0.39	\$ 0.28
Cost of snails / 'rubber' measure (4 litres vol. capacity)(US dollar)	NA	\$ 2.43	\$ 1.74
Estimated price for one single snail (US dollar)	\$ 0.90	\$ 0.01	\$ 0.002

Key

*= mean for 80 random samples taken at time of purchase

NA= not applicable

US dollar, \$= ₦144.00

Table 2
Slaughter data for some edible species of land snails of Nigeria

	<i>A. marginata</i>	<i>A. papyracae</i>	<i>L. flammea / aurora</i>
Mean liveweight at slaughter time (g)	378.7 ± 19.4	20.4 ± 0.3	7.2 ± 0.2
Mean shell length (mm)	158.3 ± 2.1	56.1 ± 0.4	53.4 ± 0.5
Mean shell width (mm)	82.6 ± 1.7	27.5 ± 0.3	24.2 ± 0.2
Mean weight of fresh visceral mass (total flesh) (g)	235.2 ± 3.9	13.7 ± 0.2	4.8 ± 0.1
Mean weight of shell (not dried) (g)	85.2 ± 5.8	3.9 ± 0.1	1.5 ± 0.1
Mean weight of fresh edible flesh ¹ (g)	161.5 ± 3.4	9.1 ± 0.3	3.1 ± 0.1
Mean weight of fresh inedible flesh ² (g)	66.7 ± 1.7	4.6 ± 0.1	1.5 ± 0.1
Mean weight of drainable fluid (g)	32.5 ± 2.4	1.4 ± 0.1	0.5 ± 0.0
Mean volume of drainable fluid (ml)	34.2 ± 1.8	1.9 ±	0.7 ± 0.2
Mean weight of mucus plus wettings (g)	20.9 ± 1.3	1.0 ± 0.1	0.5 ± 0.1
Dressing out percentage (%)	42.2 ± 1.7	44.8 ± 0.5	43.0 ± 0.7
Mean weight of dried visceral mass (total flesh) (g)	48.9 ± 5.5	3.3 ± 0.5	0.7 ± 0.1
Mean weight of dried shell (g)	82.1 ± 2.3	3.6 ± 0.5	1.3 ± 0.2
Mean weight of dried edible flesh (g)	39.2 ± 4.9	2.8 ± 0.4	0.5 ± 0.0
Mean weight of dried inedible flesh (g)	9.7 ± 1.0	0.6 ± 0.1	0.1 ± 0.0

Key:

1: Edible Flesh; Comprises the head/foot complex plus the digestive system.

2: Inedible Flesh; Comprises the digestive gland, the alimentary canal and the crop.

and other wettings detected in this study were summed up, and expressed as the percentages of the liveweights; the data obtained from this practice were $14.1 \pm 0.5\%$, $11.9 \pm 0.4\%$ and $13.9 \pm 0.4\%$ for *A. marginata*, *A. papyracae* and *L. flammea / aurora* respectively.

The number of live snail species that would weigh one kilogram was estimated for subsequent calculations in this study. The results were 2.6, 49.0 and 138.9, *A. marginata*, *A. papyracae* and *L. flammea/aurora* snails to one kilogram liveweight respectively. Thus one kilogram by weight of live *A. marginata* snails yielded about 419.9 g (161.5×2.6) of fresh edible snail meat, while those of *A. papyracae* and *L. flammea/aurora* were 445.9 and 430.6 g respectively. The weight of live snail species contained in a local measure (about 4 litre volume capacity) were estimated and *A. papyracae* weighed 6.2 kg ($304 \div 49.0$), while *L. flammea/aurora* weighed 6.3 kg.

The mean weights of dried edible snail meat in this study were 39.2 ± 4.9 , 2.8 ± 0.4 and 0.5 ± 0.1 g for *A. marginata*, *A. papyracae* and *L. flammea/aurora* respectively. Thus, one kilogram weight of live *A. marginata* snails yielded 101.9 g (39.2×2.6) of dried edible snail meat, while those of *A. papyracae* and *L. flammea/aurora* were 137.2 g and 69.5 g respectively.

Discussion

Although the body weight of *A. marginata* was significantly ($P < 0.01$) greater than for *A. papyracae* and *L. flammea/aurora*, yet the dressing out percentages were similar ($P > 0.05$). Except the mean lengths and breadths of *A. papyracae* and *L. flammea/aurora* which were in each case similar ($P > 0.05$), other component parts of the body studied were higher for *A. papyracae* than for *L. flammea/aurora*. When the mean weights of shell, visceral mass, edible flesh and the sum of the mean weights of drainable fluid, mucus and other wettings were in each case expressed as percentages of the liveweights, the results were consistently similar ($P > 0.05$) for *A. marginata*, *A. papyracae* and *L. flammea/aurora*, thus suggesting some regular pattern of weight distribution for these mollusk species studied.

The respective live weights of the snail species at time of slaughter (Table 2) indicated that about 2.6 *A. marginata* snails (i.e. $1000 \div 378.7$), or about 49 *A. papyracae* snails ($1000 \div 20.4$), or 138.9 *L. flammea/aurora* snails ($1000 \div$

7.2) were required in each case to weigh one kilogram. The mean fresh edible meat yield by the snail species were 161.5 ± 3.4 g per snail (equivalent to 419.9 g/kg liveweight), 9.1 ± 3.4 g per snail (or 445.9 g/kg liveweight) and 3.1 ± 0.1 g per snail (or 430.6 g/kg liveweight) for *A. marginata*, *A. papyracae* and *L. flammea/aurora* respectively. Their corresponding market prices were \$ 2.34, \$ 0.39 and \$ 0.28 US dollars per kilogram liveweight respectively.

Although the amount of edible fresh snail meat yield per kilogram liveweight by *A. papyracae* was slightly higher than for *L. flammea/aurora* and *A. marginata*, yet the differences were not significant ($P > 0.05$). When we discuss the cost implications of the fresh edible meat yield per kilogram live weight of the snail species, we discover that a consumer pays significantly ($P < 0.05$) more (about \$ 2.06 US dollars) for preferring the consumption of *A. marginata* to the consumption of *L. flammea/aurora*, or again pays significantly ($P < 0.05$) more (about \$ 1.95 US dollars) for preferring *A. marginata* to *A. papyracae*. A consumer preferring the consumption of *A. papyracae* to *L. flammea/aurora* pays extra sum of \$ 0.11 US dollars only. This difference was not significant ($P > 0.05$).

It is well known fact that food stuff is better rendered in terms of dry weight than fresh weight basis for better nutritional appreciation. This procedure eliminates much of the water content and increases the nutrients concentration and storability of the food stuff. The mean dry weight of edible snail meat in this study were further estimated as 39.2 ± 4.9 g per snail (or 101.9 g dried snail meat/kg liveweight), 2.8 ± 0.4 g per snail (or 137.2 g dried snail meat/kg liveweight) and 0.5 ± 0.1 g per snail (or 69.5 g dried snail meat/kg liveweight) for *A. marginata*, *A. papyracae* and *L. flammea/aurora*, respectively. In consideration of nutrients concentration of the snail meat per kilogram liveweight of the snail species, *A. papyracae* appeared higher (137.2 g dried snail meat) than *A. marginata* (101.9 g dried snail meat), which in turn was higher in nutrients concentration than *L. flammea/aurora* (69.5 g dried snail meat). In order to interpret the above data regarding nutrients concentration in a commercially meaningful way, a proportionate approach was mathematically adopted. Thus, given that 101.9 g dried edible snail meat (obtained from 1 kg liveweight) by *A. marginata* cost \$ 2.34 US dollars therefore 100 g dried edible snail meat by *A. marginata* will cost \$ 2.30 US dollars. Employing the same mathematical calculations, 100 g each

of edible snail meat by *A. papyracae* and *L. flammea/aurora* will cost \$ 0.28 and \$ 0.40 US dollars respectively. These later calculations appeared to indicate that on dried edible snail meat basis, *A. papyracae* was the cheapest (\$ 0.28 US dollars/100 g), followed closely by *L. flammea/aurora* (\$ 0.40 US dollars/100 g), while *A. marginata* was the costliest (\$ 2.30 US dollars/100 g). This again showed there were possible savings of \$ 2.02 and \$ 1.90 US dollars in favour of *A. papyracae* and *L. flammea/aurora* respectively as compared to the cost of dried edible snail meat from *A. marginata*.

Conclusion

In conclusion, since the comparison of the snail species was based on their full-grown market weight, the superiority of *A. marginata* over the lesser species, *A. papyracae* and *L. flammea/aurora* in terms of body weight and edible meat content were obvious in this study. However, when fresh edible meat yield per kilogram liveweight of the snail species were carefully analyzed, the result showed that there were possible savings of \$ 1.95 and \$ 2.06 US dollars in favour of the consumption of fresh edible snail

meat from one kilogram liveweight each of *A. papyracae* and *L. flammea/aurora* respectively as compared to the consumption of fresh edible snail meat from one kilogram liveweight of *A. marginata*. The cost of dried edible snail meat proportionately estimated per 100 g dried meat, again showed possible savings of \$ 2.02 and \$ 1.90 US dollars in favour of *A. papyracae* and *L. flammea/aurora* respectively, as compared to the cost of 100 g dried edible snail meat from *A. marginata*. Both *A. papyracae* and *L. flammea/aurora* are within easy affordability of the poor masses.

Acknowledgements

The authors wish to thank Mrs. M.U.B Mokwunye, the Executive Director, Rubber Research Institute of Nigeria whose keen interest and support for the development of integrated minilivestock farming has resuscitated research in snail farming technology in this institute. We thank the entire staff of the Farming System Research and Extension Department whose dedicated interest in snail farming development has sustained this study.

Literature

1. Awah A.A., 1992, Snail farming in mature rubber plantation: 1. Studies on aspect of specialized production techniques for farming *Archachatina marginata*. Snail farming Research, 4, 33-39.
2. Awah A.A., 1994, Snail farming in mature rubber plantation: 2. Evaluation of some methods of reducing field mortality during the dry season. Snail Farming Research, 4, 43-47.
3. Awah A.A., Obehi Edeoghon Clara, Lalabe B.C. & Omo-Erigbe Patience, 2001, Snail farming in mature rubber plantation: 4. Studies on some artificial methods for hatching of snails egg and protection of young snails during the dry season. Tropicultura, 19, 4, 194-198.
4. Maduakor H.O., 1991, Efficient fertilizer use for increased crop production. The humid Nigeria experience. Fertilizer Research, 29, 65-79.
5. Steel R.G.D & Torrie J.H., 1960, Principles and procedures of statistics with special reference to biological sciences. (Eds. R.G.D. Steel and J.H. Torrie) Mcgraw-Hill Bk. Co. Inc. NY and London.

A.A. Awah, Nigerian, Ph.D in Animal Science. Head, Farming Systems Research and Extension Department, Rubber Research Institute of Nigeria. Researcher on the Integration of Crops and Animals as farming systems for rubber.

B.C. Lalabe, Nigerian, Animal Scientist, Bsc, Researcher on the Integration of Crops and Animals as farming systems for rubber.

I. Nasiru, Nigerian, Plant Breeder, MSc. Researcher on the Integration of Crops and Animals as farming systems for Gum Arabic.

Patience Omo-Erigbe (Mrs.), Nigerian, Agricultural Extensionist, Farming Systems Research, Rubber Research Institute of Nigeria.

LES ACTIONS DE LA DGCD

DE ACTIVITEITEN VAN DE DGOS

DGDC'S ACTIVITIES

LAS ACTIVIDADES DEL DGCD

Agriculture at a Crossroads: International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development

Saartje Boutsen¹

The NGO coalition «2015 De Tijd Loopt» and the «Coalition against Hunger» organized a round table on the report 'International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (IAASTD), on the 1st of April 2009 in the Belgian federal parliament.

This report is an initiative of the United Nations, the World Bank and the Global Environment Facility. Four hundred experts from all over the world examined how we can make better use of agricultural sciences, knowledge and technology in the battle against hunger and poverty, and to stimulate more sustainable development. How can the conclusions and recommendations of this report also be useful for Belgian policies against hunger?

The role of Belgium in the battle against hunger was discussed by NGOs, BTC, DGDC, agricultural researchers and representatives from the cabinet of the minister for development cooperation.

The contribution by Mrs. Saartje Boutsen who works as advocacy officer for the Belgian NGO Vredeseilanden², is based on the 'Executive Summary of the IAASTD Synthesis Report' and 'the Global Summary for Decision Makers'.

Summary

The International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development (IAASTD) is a unique international effort that evaluates the relevance, quality and effectiveness of agricultural knowledge, science, and technology (AKST), the effectiveness of public and private sector policies as well as institutional arrangements in relation to AKST. The purpose of IAASTD is to assess the impact of AKST on hunger, poverty, nutrition, human health, and environmental and social sustainability, in order to formulate options for actions to use AKST more effectively to facilitate sustainable development. The IAASTD report concludes that business as usual is not an option, successfully meeting development and sustainability goals and responding to new priorities and changing circumstances would require a fundamental shift in agricultural knowledge, science, and technology.

Résumé

Agriculture à la croisée des chemins: évaluation internationale des connaissances, des sciences et des technologies agricoles pour le développement

Le rapport de l'évaluation internationale des connaissances, des sciences et des technologies agricoles pour le développement (IAASTD) est un effort international unique pour évaluer la pertinence, la qualité et l'efficacité des connaissances agricoles, des sciences et des technologies (AKST), l'efficacité des politiques des secteurs privés et publics tout comme les accords institutionnels par rapport aux AKST. L'objectif de l'IAASTD est d'évaluer l'impact des AKST sur la faim, la pauvreté, la nutrition, la santé humaine, la durabilité environnementale et sociale, en vue de formuler des actions pour utiliser ces AKST plus efficacement pour faciliter le développement durable. Le rapport de l'IAASTD conclut que la manière de faire habituelle n'est pas une option. Pour atteindre les objectifs de développement durables et répondre aux nouvelles priorités et changements actuels, il faut opérer un tournant fondamental dans les connaissances agricoles, les sciences et les technologies.

Introduction

The International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (IAASTD) was initiated in 2002 by the World Bank and the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) as a global consultative process to determine whether an international assessment of agricultural knowledge, science and technology was needed. The first Intergovernmental Plenary was held in Nairobi in 2004, and the outputs from this assessment were a global and five Sub-Global summaries for decision makers, and a cross-cutting Synthesis report with an Executive Summary. The reports draw on the work of hundreds of experts from all regions of the world who have participated in the preparation and peer review processes. The summaries for decision makers and the synthesis report specifically provide options for actions to governments, international agencies, academia, research organizations and other decision makers around the world. This contribution highlights the key findings of the report and gives an introduction to options for action.

Key findings

1. Agricultural Knowledge, Science and Technology has contributed to substantial increases in agricultural production over time, contributing to food security. This has been achieved primarily through a strong focus on increasing yields with improved germplasm, and increased inputs (water, agrochemicals) and mechanization. These increases in productivity have contributed to a net increase in global food availability per person: from 2360 kcal in the 1960s to 2803 kcal per person per day in the 1990s, at a time when world population significantly increased.

¹NGO Vredeseilanden

²Vredeseilanden is a Belgian non-governmental organization that wants to contribute to viable livelihoods and empowerment of organized family farmers, male and female, in South and North; Blijde Inkomststraat 50, 3000 Leuven, Tel. (+32) 16 31 65 80, Fax (32) 16 31 65 81, email: info@vredeseilanden.be

2. People have benefited unevenly from these yield increases across regions, in part because of different organizational capacities, sociocultural factors, and institutional and policy environments. While in South Asia the percentage of people living in poverty (<US\$ 2 per day) has decreased from 45 to 30%, in sub-Saharan Africa (SSA), for example, this percentage (around 50%) has remained the same over the last 20 years. Value added per agricultural worker in 2003 (in 2000 US\$) in OECD countries was 23,081 with a rate of growth of 4.4% for 1992-2003. For SSA, the figures are respectively 327 and 1.4%.

3. Emphasis on increasing yields and productivity has in some cases had negative consequences on environmental sustainability. These consequences were often not foreseen as they occurred over time and, some occurred outside of traditional farm boundaries. For instance, 1.9 billion ha (and 2.6 billion people) today are affected by significant levels of land degradation. Fifty years ago water withdrawal from rivers was one-third of what it is today: currently 70% of freshwater withdrawal globally (2700 km³ – 2.45% of rainfall) is attributable to irrigated agriculture, which in some cases has caused salinization. Approximately 1.6 billion people live in water-scarce basins. Agriculture contributes about 60% of anthropogenic emissions of CH₄ and about 50% of N₂O emissions. Inappropriate fertilization has led to eutrophication and large dead zones in a number of coastal areas, e.g. Gulf of Mexico, and some lakes, and inappropriate use of pesticides has led to groundwater pollution, and other effects, for example loss of biodiversity.

4. The environmental shortcomings of agricultural practice associated with poor socioeconomic conditions create a vicious cycle in which poor smallholder farmers have to deforest and use new often marginal lands, so increasing deforestation and overall degradation. Loss of soil fertility, soil erosion, breakdown in agroecological functions have resulted in poor crop yields, land abandonment, deforestation and ever-increasing movement into marginal land, including steep hillsides. Existing multifunctional systems that minimize these problems have not been sufficiently prioritized for research. There is little recognition of the ecosystem functions that mitigate the environmental impacts.

5. Projections based on a continuation of current policies and practices indicate that global demographic changes and changing patterns of income distribution over the next 50 years will lead to different patterns of food consumption and increased demand for food. In the reference run, global cereal demand is projected to increase by 75% between 2000 and 2050 and global meat demand is expected to double. More than three-fourths of growth in demand in both cereals and meat is projected to be in developing countries. Projections indicate a probable tightening of world food markets with increasing resource scarcity adversely affecting poor consumers and poor producers. Overall, current terms of trade and policies, and growing water and land scarcity, coupled with projected changes in climate is projected to constrain growth in food production.

6. Agriculture operates within complex systems and is multifunctional in its nature. A multifunctional approach to implementing AKST will enhance its impact on hunger and poverty, improving human nutrition and livelihoods in an equitable, environmentally, socially and economically sustainable manner.

7. An increase and strengthening of AKST towards agroecological sciences will contribute to addressing environmental issues while maintaining and increasing productivity. Formal, traditional and community-based AKST need to respond to increasing pressures on natural resources, such as reduced availability and worsening quality of water, degraded soils and landscapes, loss of biodiversity and agroecosystem function, degradation and loss of forest cover and degraded marine and inshore fisheries. Agricultural strategies will also need to include limiting emission of greenhouse gases and adapting to human-induced climate change and increased variability.

8. Strengthening and redirecting the generation and delivery of AKST will contribute to addressing a range of persistent socioeconomic inequities, including reducing the risk of conflicts resulting from competing claims on land and water resources; assisting individuals and communities in coping with endemic and epidemic human and animal diseases and their consequences; addressing problems and opportunities associated with local and international flows of migrant laborers; and increasing access to information, education and technology to poorer areas and peoples, especially to women. Such redirection and strengthening requires thorough, open and transparent engagement of all stakeholders.

9. Greater and more effective involvement of women and use of their knowledge, skills and experience will advance progress towards sustainability and development goals and a strengthening and redirection of AKST to address gender issues will help achieve this. Women farmers, processors and farm workers have benefited less from AKST than men overall and poor women least of all. Efforts to redress persistent biases in their access to production resources and assets, occupational education and training, information and extension services have met with limited success. Many of the societal, policy-related and operational impediments to more equitable progress, as well as the private and public costs of such an uneven pattern of development, are well understood as are the factors that discourage more determined action to empower women.

10. Many of the challenges facing agriculture currently and in the future will require more innovative and integrated applications of existing knowledge, science and technology (formal, traditional and community-based), as well as new approaches for agricultural and natural resource management. Agricultural soil and biodiversity, nutrient, pest and water management, and the capacity to respond to environmental stresses such as climate change can be enhanced by traditional and local knowledge systems and current technologies. Technological options such as new genotypes of crops, livestock, fish and trees and advances in plant, livestock and fish breeding, biotechnology, remote sensing, agroecology, agroforestry, integrated pest and nutrient management and information and communication technologies (ICTs) will create opportunities for more resource-efficient and site-specific agriculture.

11. Some challenges will be resolved primarily by development and appropriate application of new and emerging AKST. Such AKST can contribute to solutions provided appropriate institutions and capacities are in place. Examples include

combating livestock diseases, e.g. vaccine development; mitigating greenhouse gas emissions from agriculture; reducing the vulnerability of agriculture to a changing climate; reducing the heavy reliance of agriculture and commodity chains on fossil fuels; and addressing complex socioeconomic issues regarding local, national and international public goods.^{2, 1[3]}

12. Targeting small-scale agricultural systems by forging public and private partnerships, increased public research and extension investment helps realize existing opportunities. Strengthening participatory research and extension partnerships, development-oriented local governance and institutions such as cooperatives, farmer organizations and business associations, scientific institutions and unions support small-scale producers and entrepreneurs to capture and add value to existing opportunities on-farm, post-harvest and in non-farm rural enterprises. In some instances, opportunities lie in those small-scale farming systems that have high water, nutrient and energy use efficiencies and conserve natural resources and biodiversity without sacrificing yield, but high marketing costs do not allow them to harness these opportunities. The underlying principles, processes and knowledge may be relevant and capable of extrapolation to larger scale farming systems, particularly in the face of climate change effects.

13. Significant pro-poor progress requires creating opportunities for innovation and entrepreneurship, which explicitly target resource poor farmers and rural laborers. This will require simultaneous investments in infrastructure and facilitating access to markets and trade opportunities, occupational education and extension services, capital, credit, insurance and in natural resources such as land and water. The increasing market influence of large scale buyers and market standards are especially challenging for small producers necessitating further innovation in public and private training, education and extension services and suitable legal, regulatory and policy frameworks.

14. Decisions around small-scale farm sustainability pose difficult policy choices. Special and differential treatment for developing countries is an acknowledged principle in Doha agricultural negotiations and it is accepted that developing countries can have this special treatment especially on the grounds of food security, farmer's livelihoods and rural development. Suitable action is considered necessary at the international and national level to enable small farmers to benefit from these provisions. New payment mechanisms for environmental services by public and private utilities such as catchment protection and mitigation of climate change effects are of increasing importance and open new opportunities for the small-scale farm sector.

15. Public policy, regulatory frameworks and international agreements are critical to implementing more sustainable agricultural practices. Urgent challenges remain that call for additional effective agreements and bio-security measures involving transboundary water, emerging human and animal diseases, agricultural pests, climate change, environmental pollution and the growing concerns about food safety and occupational health. Achieving development and sustainability goals calls for national and international regulations to address the multiple economic, environmental and social dimensions of these transboundary issues. These policies need to be informed by broad-based evidence from natural and social sciences with multistakeholder participation. Improved governance and strengthening engagement of stakeholders can redress some of the inadequacies where identified in AKST arrangements that often privilege short-term over long-term considerations and productivity over environmental and social sustainability and the multiple needs of the small-scale farm sector.

16. Innovative institutional arrangements are essential to the successful design and adoption of ecologically and socially sustainable agricultural systems. Sustainable agricultural production is more likely when legal frameworks and forms of association provide secure access to credit, markets, land and water for individuals and communities with modest resources. Creating market-based opportunities for processing and commercializing agricultural products that ensure a fair share of value addition for small-scale producers and rural laborers is critical to meeting development and sustainability goals.

17. Opening national agricultural markets to international competition can offer economic benefits, but can lead to long term negative effects on poverty alleviation, food security and the environment without basic national institutions and infrastructure being in place. Some developing countries with large export sectors have achieved aggregate gains in GDP, although their small-scale farm sectors have not necessarily benefited and in many cases have lost out. The small-scale farm sector in the poorest developing countries is a net loser under most trade liberalization scenarios that address this question. These distributional impacts call for differentiation in policy frameworks as embraced by the Doha work plan (special and differential treatment and non-reciprocal access). Developing countries could benefit from reduced barriers and elimination of escalating tariffs for processed commodities in developed and developing countries; and they could also benefit from reduced barriers among themselves; deeper generalized preferential access to developed country markets for commodities important for rural livelihoods; increased public investment in local value addition; improved access for small-scale farmers to credit; and strengthened regional markets.

18. Intensive export oriented agriculture has increased under open market operations but has been accompanied by both benefits and adverse consequences depending on circumstances such as exportation of soil nutrients and water, unsustainable soil or water management, or exploitative labor conditions in some cases. AKST innovations that address sustainability and development goals would be more effective with fundamental changes in price signals, for example, internalization of environmental externalities and payment or reward for environmental services.

19. The choice of relevant approaches to adoption and implementation of agricultural innovation is crucial for achieving development and sustainability goals. There is a wide range of such approaches in current use. In the past, most AKST policy and practice in many countries were undertaken using the 'transfer of technology' approach. A critical decision for AKST stakeholders is the selection of approaches suited to the advancement of sustainability and development goals in different circumstances.

20. More and better targeted AKST investments, explicitly taking into account the multifunctionality of agriculture, by both public and private sectors can help advance development and sustainability goals. Increased investments in AKST, particularly if complemented by supporting investments in rural development (for example, infrastructure, telecommunications and processing facilities) can have high economic rates of return and reduce poverty. AKST investments also generate environmental, social, health, and cultural impacts. More evidence is needed on the actual levels and distributional effects of the economic and non-economic benefits and costs of these investments for better targeting of future AKST investments.

21. While public private partnerships are to be encouraged the establishment and enforcement of codes of conduct by universities and research institutes can help avoid conflicts of interest and maintain focus on sustainability and development in AKST when private funding complements public sector funds. Government capacity to understand, and where necessary mediate public/private partnerships, can be assisted for instance by means of monitoring systems.

22. Achieving sustainability and development goals will involve creating space for diverse voices and perspectives and a multiplicity of scientifically well-founded options, through, for example, the inclusion of social scientists in policy and practice of AKST helps direct and focus public and private research, extension and education on such goals. Diverse and conflicting interpretations of past and current events, coupled with the under-valuation of different types of AKST limit progress in the field. Understanding the underlying sources of competing interpretations of AKST is crucial to addressing goals. Some interpretations have been privileged over others and have helped push formal AKST along certain pathways, to the neglect of other scientifically sound options. Some of the by-passed options originate in traditional knowledge or civil society experience and may be better able to contribute to poverty reduction, social inclusion, equity and generate multifunctional outcomes.

Options for Action

Many of the challenges facing agriculture over the next 50 years will require more integrated application of existing science and technology development (formal, traditional and community-based) as well as new approaches for agricultural and natural resource management. Other challenges will only be resolved by development and application of new AKST.

The question of which strategies will be best suited to advance development and sustainability goals is controversial and reflects different social and political assumptions, interests and values. In many areas of science and technology discourse, the tendency is for a single interpretation, which attributes cause and effect to some events or situations and not to others. This selectivity has important implications for projecting science in specific directions. Acknowledging competing well-supported narratives of science and technology approaches is crucial for designing effective policies. In many cases, AKST strategies that recognize the multiple functions required of sustainable agricultural systems (e.g. production, livelihoods, ecosystem services) already exist and some AKST recognizes the biophysical, socioeconomic and cultural diversity among agriculture systems that necessitate domain-specific solutions. For example, community-based innovation and local knowledge combined with formal AKST approaches, such as agroecology and agroforestry, can address issues relevant to rural poor people.

By integrating expertise from other sectors there is more potential to develop solutions that increase productivity, protect natural resources and livelihoods and minimize agriculture's negative impact on the environment. Knowledge and technology from sectors such as communication, energy and health, as well as culture and arts can enhance the capacity of agriculture to contribute to reaching development and sustainability goals. Farmers need a choice of options to respond to challenges, given their diverse needs and resources, and to address the increasing complexity of stresses under which they operate.

Creating such opportunities requires more targeted changes, such as providing poor farmers in developing countries with infrastructural and institutional support (e.g. access to land and water, transport facilities, AKST, market information, entry into higher value markets, protection from unfair competition) food stockholding policies, and agreements between consumers in industrialized economies and producers in developing countries, as well as support to farmers organizations and for farmer to farmer arrangements within and between countries.

The need is urgent to develop and retain knowledge in the agricultural sector. Local authorities, national governments and international organizations can facilitate and develop capacity by investing in education and by promoting new skills and technologies among all farming communities. Policy options include 1) reforming curricula at all levels to improve the attractiveness and societal relevance of agricultural studies; 2) increasing access to technology education and science – informed farm and agroecosystem management knowledge to all those working in the agricultural sector; 3) improving collaboration between ministries (agriculture, water, environment, education) and universities; 4) developing infrastructure to facilitate the use of information and communications technology (ICT) in informal and formal education systems; 5) mobilizing funds from a variety of sources to support agricultural education reform; and 6) encouraging university participation in recovering and recognizing traditional and local knowledge and including the participation of traditional knowledge actors in curricula design.

For the full report (available in different languages) and more information: www.agassessment.org

¹Saartje Boutsen, Belgian, Licence in Political Sciences (KULeuven) and a Master Law and Practice of International Solidarity (University Sophia Antipolis Nice), who works as advocacy officer for the Belgian.

Development Cooperation Prize

The Development Cooperation Prize is annual incentive prize - financed by the Belgian Development Cooperation (DGDC) and organized by the Royal Museum for Central Africa - for students and young researchers, from Belgium or developing countries, whatever their discipline. The prize is awarded to scientific works that contribute significantly to knowledge that can be applied to development in the South. Sustainable development is to be their principal aim and poverty alleviation a priority. The prizes are attributed to Bachelor's and Master's theses, postgraduate papers, Ph.D. theses, or publications in scientific journals.

In the course of the years of the prize existence, the fields represented among the participants has remained more or less stable: the majority of files represent the exact sciences - with a very large share originating from the agricultural and applied biological sciences, followed by the human sciences and biomedical and veterinary sciences.

The prize is granted to maximum 14 students and 6 researchers and consists of an award of 1,250 € for students and 2,500 € for young researchers. Since 1998 the awards have been handed over by the Minister for Development Cooperation during a ceremony in the Royal Museum for Central Africa. The laureates from abroad are invited to Belgium especially for this occasion. Many use their stay in Belgium to establish or renew contacts with the Belgian academia in their fields of interest.

Five abstracts regarding the accomplishment of laureates from Burkina Faso, Cameroon, Belgium and Senegal awarded in 2007 are presented below.

Recovering Waste from the Slaughterhouses and Garbage Dumps of the City of Ouagadougou for Agronomic Purposes: Characteristics, Effects on Maize Crops and on the Soil in the Experimental Station

Delwendé Innocent Kiba*

Mr. Kiba's work on recovering waste from slaughterhouses and garbage dumps for agronomic purposes has the tremendous merit of tying together two fundamental concerns in developing countries in general and in his own country, Burkina Faso, in particular; that is, the management of organic waste and the crucial needs of cultivated soils. These problems are often dealt with separately, and solutions proposed as such lead down blind alleys, just the opposite of sustainable development.

What is at stake here? First of all, the management of waste, the great plague of developing countries, most of which is non-recyclable because of contamination by organic substances. The recovery of organic waste, preferably unmixed with other kinds of refuse, for soil improvement, is the solution for waste in the future. Secondly, only organic substances can improve the structure of soils subjected to gradually declining stability and fertility.

However, just putting any waste in the soil does not produce that miracle. High quality organic waste is required, and Mr. Kiba rightly recommends that waste products be composted. Indeed, if used in their crude state, those waste products do not really improve productivity and may even reduce it, owing to their phytotoxicity. Composting eliminates these problems. Mr. Kiba also clearly shows that the organic substances in waste improve plant retention of added chemical fertilizers. As Mr. Kiba so judiciously recommends, the use of chemical fertilizers should therefore be preceded or accompanied by an input of organic matter.

Enriching cultivated soil with waste products not only improves agricultural produce and stabilizes the structure of the soil, but it is also an intelligent way of managing organic wastes by returning them to the natural cycle of materials, and it therefore perfectly integrates the principles of sustainable development.

* Burkinabeese, Rural Development engineer, 2005. DEA in Soil Sciences, 2007. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. innokiba@yahoo.fr (report: Prof. M. Culot, Laboratory of Microbial Ecology and of Water Purification, Department of Applied Biochemistry and Biology, Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, Belgium).

Evaluation of the Degree of Synergy between Fractions of Essential Oils of *Cymbopogon citratus*, *Ocimum gratissimum* and *Thymus vulgaris* against *Penicillium expansum*

Ousman Tamgue*

Mr Ousman Tamgue has submitted a thesis in which he puts forward the use of mixtures of fractions of essential oils to prevent rotting in many fruits and vegetables and in particular apples infected with the *Penicillium expansum*. This fungus, moreover, produces patulin, a mycotoxin that is particularly harmful to human and animal health.

The originality of this study lies in that he uses common plants as a source of active substances and then observes a greater fungicidal activity in the fractions that contain oxygenated terpenes. The study also shows – and therein lies its great originality – that the fractions that have weak or strong antifungal activity can, if judiciously mixed, generate products whose activity is strongly increased. In other cases, the mixture of fractions (even the most active) can lead to negative effects.

In addition, the products preserve the original organoleptic properties in the fruit and vegetables that have been protected in this way.

The research has been extremely well carried out and the most modern methods of analysis have been judiciously implemented.

Analysis of the Free Grazing Abandonment Programme: A Case Study in a Village in Tigray, Ethiopia

Lutgart Lenaerts**

Ethiopia has the largest number of livestock in Africa. The study carried out by Lutgart Lenaerts focuses on the region of the high plateaus of Tigray, where population density is high and cattle breeding is a substantial source of income for the peasant population. Since the 1980s, however, the productivity of cattle breeding has been decreasing in the area. The land has become State property and the farmers have right of usage on very fragmented plots of land. Given these conditions, they are reluctant to invest in soil and natural resources conservation technologies.

A large-scale project entitled “Free Grazing Abandonment” has been underway since 2004 under the auspices of the Ministry of Agriculture and Natural Resources. It aims to discourage the farmer’s method of using “free access” to grazing-land resources. Overgrazing and soil degradation are, therefore, reduced, in the first instance by designating “protected” areas, which are controlled by village caretakers, and also by the reduction of free-grazing livestock, particularly during the dry season, the production of (shrub) forage and the promotion of breeding livestock in stables.

The environmental situation in the region justifies State intervention. However, Lutgart Lenaerts demonstrates that the project is proving technically inappropriate and in any case insufficiently complex to be able to accommodate all the constraints that affect the breeders’ decision whether or not to accept the innovation. Furthermore, the project, because it is obligatory and authoritative, reinforces the inequalities between families in the same village by granting resources to farmers who are considered “model” farmers, while they are in fact already the most affluent.

Thanks to a remarkably executed case study involving different breeders from one village, the author explains that, given the facts, this project is a failure. The ‘protected’ areas are not respected by the local people and when they do participate, their participation is fictitious as it is linked either to the intervention of foreign NGOs or to the hope of a per diem, food, seed, or even loyalty to the ruling party. Furthermore, the analysis of the caretakers of the “protected” areas is particularly well done and informative. It shows the ambivalence in which the project puts these people, to the extent where these farmers become a kind of police for their own brothers, in the hope of receiving a modest salary from the project organizers for this work, which they will in fact never receive.

In short, this is a remarkable case study that rests on a knowledge of zootechny, grazing management, and erosion prevention, as well as on an excellently carried out socio-anthropological analysis together with clear, lively and concise writing. A research study of a high standard, which I recommend reading.

* Cameroonian, Master of Biochemistry, 2004. DEA in Biochemistry, 2006. University of Yaoundé I, Cameroon. tamgue2001@yahoo.fr (report: Prof. A. Krief, Laboratory of Synthetic Organic Chemistry, Faculté Notre-Dame de la Paix, Namur, Belgium).

** Belgian, Bio-engineer in Land and Forest Management, 2005. Master of Cultures and Development Studies, 2007. Katholieke Universiteit Leuven, Belgium. lutgart.lenaerts@gmail.com (report: Prof. P.-J. Laurent, Laboratory for Prospective Anthropology, Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium).

Pedological and Hydrological Effects of Vegetation Restoration in Exclosures Established on Degraded Hillslopes in the Highlands of Northern Ethiopia”

Katrien Descheemaeker*

Land degradation is a major problem in areas with high population pressure. Disruption of soil and natural vegetation reduces the availability of nutrients and water, endangering the sustainable use of the land area available. The northern Ethiopian highlands are an example of an area where land degradation has become a serious threat. Since the mid '70s various strategies have been tested and applied in this region to limit further degradation or to repair degraded areas. One of the measures put into effect is the creation of “exclosure” areas where burdensome activities such as grazing are restricted or prohibited, so that natural vegetation can regenerate.

Katrien Descheemaeker’s study evaluates the effectiveness of the use of exclosures for soil and water conservation. The research consists of a comparison between exclosures of various ages and a further comparison between these areas and untouched zones and degraded grazing lands. A large number of relevant characteristics were determined for the selected sites. The pedological study within each lot, with particular attention for sediment deposition from erosion areas and for the accumulation and transformation of organic matter on the soil surface, shows that the chemical and physical quality of the soil is improved by exclosures. The study of the hydrological balance, with measurements for soil moisture, runoff and evapotranspiration, indicates that the infiltration of water increases in exclosure areas, increasing vegetation restoration in the area and reducing soil degradation around the area. A third part of the work demonstrates that diverting gullies to exclosure areas further optimizes the rehabilitation of degraded areas.

The author presents an extensive inventarization and analysis of the changes that result from exclosure. The quality of the research is very high in all respects, from fieldwork to data analysis. Some sections of the thesis had already been published in international journals, and are now integral parts of a coherent whole. The work concludes with practical recommendations for the creation and management of exclosures, and other parts of the work also show concern for the social relevance of the research findings. This focus and the broad applicability of the results in tropical and subtropical areas give the work high developmental relevance.

Microbiological, Biochemical and Genetic Potential of Freeze-Dried Starter Cultures of Acetic Acid Bacteria Isolated from Tropical Products Found in Sub-Saharan Africa and Intended for Use in the Production of Vinegar

Bassirou Ndoye**

In this doctoral thesis Bassirou Ndoye describes the isolation and description of bacterial strains suitable for the production of vinegar from local products under tropical conditions in sub-Saharan countries such as Burkina Faso and Senegal. Because the strains selected can grow and can produce vinegar at higher temperatures compared to traditional bacterial strains, there is less need for refrigeration and the process of fermentation is made more energy-efficient and sustainable. The selection of suitable strains is in itself meritorious, but is only a stepping-stone to the final goal of the thesis. This is to show through fermentations on a pilot scale that the concept proposed really works and is practicable for the local production of vinegar. Attention is also given to another possible problem, that of the storage and perishability of the bacterial starter cultures.

The developmental relevance of the thesis is clear and is always at the forefront of the work: vinegar is an important and much-used food ingredient in the countries of this region, but for the most part it is currently imported. The new bacterial strains and the newly developed process can reduce dependence on imported acetic acid. Given the relatively low threshold for implementation, the new process can make a significant contribution to the reduction of poverty. The work has in the meantime already led to the establishment of a production unit for mango vinegar in Senegal.

From a more fundamental scientific perspective the work is innovative and of high quality. The detailed study of the numerous microbial strains isolated produces many new insights into the qualities and the behaviour of this remarkable group of bacteria. In the framework of a doctorate with applied finality, the research carried out is of very high quality across the board, and the crown of the work is the publication of the research results in four articles in reputable international journals in the field.

* Belgian, Master in Bioscience Engineering, Land and Forest Management, 2000. Doctor of Bioscience Engineering, 2006. Katholieke Universiteit Leuven, Belgium. katrien.descheemaeker@gmail.com
(report: Dr. F. Mees, Geology and Mineralogy, Royal Museum for Central Africa, Tervuren, Belgium).

** Senegaleese, Master of Natural Sciences, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Senegal, 1998. DES in Biotechnology, 2002. Doctor of Agronomy and Bioscience Engineering, 2007. Faculté universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgium. basndoye@yahoo.fr
(report: Prof. Chris Michiels, Laboratory of Food Microbiology, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium).

ORGANISATION

Nature de l'entité responsable de la publication et objet de la revue TROPICULTURA

Agri-Overseas a.s.b.l. est une association créée dans le but d'établir des relations professionnelles d'intérêts communs entre tous ceux qui oeuvrent pour le développement rural outre-mer. Elle publie la revue scientifique et d'information «Tropicultura» consacrée aux problèmes ruraux dans les pays en développement. Cette revue est éditée trimestriellement avec le soutien financier de la Direction Générale de la Coopération au Développement (D.G.C.D.), Service public Fédéral Affaires étrangères, Commerce extérieur et Coopération au Développement, et celui de la région Bruxelles-Capitale. Elle bénéficie du patronage scientifique de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-mer de Belgique (ARSOM).

Agri-Overseas a.s.b.l. se compose de membres individuels et des institutions belges suivantes: l'Académie Royale des Sciences d'Outre-mer de Belgique (ARSOM), la Commission Universitaire pour le Développement du Conseil Interuniversitaire de la Communauté Française (CUD-CIUF), l'instance de Coopération Universitaire au Développement du Conseil Interuniversitaire de la Communauté Flamande (VLIR-UOS), les quatre Facultés en Sciences agronomiques de Belgique, (Gembloux, Gent, Leuven et Louvain-La-Neuve), les deux Facultés en Médecine vétérinaire (Gent et Liège), le Département de Santé animale de l'Institut de Médecine Tropicale d'Anvers (Antwerpen), la Section Interfacultaire d'Agronomie de l'Université Libre de Bruxelles, les Facultés Universitaires de Notre Dame de la Paix (Namur), le Département des Sciences et gestion de l'environnement de l'Université de Liège (Arlon), et la Direction Générale de la Coopération Internationale.

Conseil d'administration

Le conseil d'administration d'Agri-Overseas a.s.b.l. est composé du Professeur Dr J. Vercruysse, Président; du Professeur Dr Ir G. Mergeai, Administrateur Délégué; du Dr E. Thys, Secrétaire; du Professeur Dr B. Losson, Trésorier; du Dr S. Geerts, membre; du Professeur Honoraire Dr Ir J. Hardouin, membre.

Comité de rédaction

Le comité de rédaction de Tropicultura est constitué du Professeur Dr Ir G. Mergeai, Rédacteur en Chef, et des Rédacteurs délégués suivants: le Professeur Dr J.-P. Dehoux pour «la Production animale et le Gibier», le Dr D. de Lame pour la Sociologie, le Professeur Honoraire Dr Ir F. Malaisse pour la «Foresterie et l'Ecologie», le Professeur Emerite Dr J.-C. Micha pour «les Pêches et la Pisciculture», le Professeur Dr Ir E. Tollens pour «l'Economie rurale», le Professeur Dr Ir P. Van Damme pour «l'Agronomie», le Professeur Dr E. Van Ranst pour les «Sciences du sol», le Professeur Dr J. Vercruysse et le Dr E. Thys pour «la Santé Animale» et l'Ir F. Maes, Collaborateur scientifique. Le secrétariat traite directement les autres sujets relevant de la compétence de la revue (Agro-industrie, systèmes de production, etc...).

Secrétariat de rédaction

11, Rue d'Egmont, B- 1000 Bruxelles – Belgique
Téléphones: ++32.02.540 88 60/ 61; Fax.: ++32.02.540 88 59
Email: ghare.tropicultura@belgacom.net / mjdesmet.tropicultura@belgacom.net /
Website: <http://www.bib.fsagx.ac.be/tropicultura/>

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Les thèmes des articles publiés dans Tropicultura concernent tout ce qui touche au développement rural et à la gestion durable de l'environnement des régions chaudes de la planète. La priorité est donnée aux articles présentant des sujets originaux, ayant une portée la plus large possible, c'est-à-dire dont le contenu concerne surtout des aspects méthodologiques transposables dans une large gamme d'environnements et de régions du monde. Un accent tout particulier est également mis sur la fiabilité des informations publiés, c'est-à-dire, quand il s'agit de résultats expérimentaux, sur le nombre de répétitions des essais, dans le temps et dans l'espace, qui sont à l'origine des données obtenues.

Les manuscrits seront inédits et n'auront pas été soumis pour publication antérieurement ou simultanément. Ils peuvent être rédigés en une des quatre langues suivantes: anglais, espagnol, français et néerlandais. Les manuscrits sont à adresser au rédacteur en chef par la poste, en trois exemplaires, sous forme de document papier, ou, directement à l'adresse électronique du Secrétariat de rédaction, sous forme de fichiers attachés. Ils seront rédigés en simple face, en double interligne (27 lignes de 60 caractères par page de format DIN A4), avec une marge de 3,5 cm minimum autour de la plage imprimée. Ils comporteront au maximum dix pages de texte (page de couverture, résumés et références bibliographiques non compris).

La page de couverture portera: le titre, le titre abrégé (maximum 55 caractères), les noms et prénoms complets des auteurs, l'adresse professionnelle complète de chacun, les remerciements éventuels. Le nom de l'auteur - correspondant sera marqué d'un «*» et son adresse complétée de ses numéros de téléphone et télécopie, et de son adresse électronique.

Les pages suivant la page de couverture présenteront: (i) les résumés (max. 200 mots) dans la langue du manuscrit et en anglais, précédés du titre traduit et suivis de maximum six mots-clés dans chacune des deux langues; (ii) le corps du texte; (iii) la bibliographie; (iv) seuls trois tableaux numérotés au moyen de chiffres arabes seront admis, (v) les illustrations identifiées sans ambiguïté par un numéro au verso, (vi) les légendes des tableaux et des illustrations. Toutes les pages seront numérotées en continu. Seules trois figures, dessinées de façon professionnelle, seront acceptées. Les photographies seront fournies non montées, bien contrastées sur papier brillant.

Seuls, les coauteurs ayant manifesté par écrit leur accord pour que leur nom figure dans un manuscrit apparaîtront dans la version finale de l'article publié dans Tropicultura. Les accords écrits des coauteurs concernant ce point pourront être transmis au Comité de rédaction sous forme de courrier postal ou électronique. L'agrément de l'organisme de tutelle des auteurs est supposé acquis pour toute publication paraissant dans Tropicultura. Agri-Overseas décline toute responsabilité en cette matière.

La première soumission d'un article à la rédaction pourra se faire sous forme imprimée ou sous forme électronique.

Dans la mesure du possible, après acceptation de l'article pour publication, l'auteur fournira sa dernière version, revue et corrigée, sur disquette (ou sous forme de fichier attaché). Le logiciel Word est recommandé mais une version ASCII ou RTF des fichiers est acceptée.

Le texte sera généralement divisé en introduction, matériel et méthodes, résultats, discussion, conclusions. La subdivision du texte ne dépassera pas deux niveaux. Les sous-titres, très concis, seront composés en minuscules et ne seront jamais soulignés.

Les références seront citées dans le texte au moyen de numéros placés entre parenthèses. En cas de citation de plusieurs références, leurs numéros se succéderont par ordre croissant.

Les références bibliographiques seront données par ordre alphabétique des noms d'auteurs et par ordre chronologique pour un auteur donné. Elles seront numérotées en continu en commençant par le chiffre 1.

Pour les articles de revues, les références comprendront: les noms des auteurs suivis des initiales des prénoms, l'année de publication, le titre complet de l'article dans la langue d'origine, le nom de la revue, le numéro du volume souligné, les numéros de la première et de la dernière page séparés par un tiret.

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

Pour les monographies, les éléments suivants sont essentiels: les noms des auteurs suivis des initiales des prénoms, l'année de publication, le titre complet de l'ouvrage, le nom de l'éditeur, le lieu d'édition, la première et la dernière page du chapitre cité, le nombre total de pages de l'ouvrage. Les comptes rendus de conférences sont traités comme des monographies; de plus, ils mentionneront si possible le lieu, la date de la réunion et le(s) éditeur(s) scientifique(s).

Exemple: 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.

Le comité de rédaction se réserve le droit de refuser tout article non conforme aux prescriptions ci-dessus.

Les articles sont soumis à un ou plusieurs lecteurs choisis par la rédaction et ces lecteurs restent anonymes pour les auteurs.

En cas d'acceptation de l'article, la rédaction exigera un engagement des différents auteurs à céder leurs droits de publication à Tropicultura.

TROPICULTURA

2009 Vol. 27 N° 1

Four issues a year (January- February- March)

CONTENTS

EDITORIAL

Which Future for Tropicultura? (in English & in French)

G. Mergeai 1

ORIGINAL ARTICLES

Traditionnal Production and Commercialization of Shea Butter in North-Cameroon (*in French*)

A.K. Aboubakar Dandjouma, Henriette Z. Adjia, A. Kameni & C. Tchiégang 3

Resistance to Mosaic Disease of *M. glabrovii* by Grafting on *M. Esculenta* (*in French*)

Z. Ambang, A. Amougou, B. Ndongo, J. Nantia & G.M. Chewachong 8

Impact of Land-use Systems on some Physical and Chemical Soil Properties of an Oxisol in the Humid Forest Zone of Southern Cameroon (*in English*)

V. Agoumé & A.M. Birang 15

The Influence of Ecological Factors (such as Temperature and Hygrometry) on the Development of Cassava Mealybug (*Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero, Homoptera: Pseudococcidae) (*in French*)

D. Obame Minko 21

Determination of Ochratoxin A (OTA) Levels in Exported Cocoa (*in French*)

A. Dembele, A. Coulibaly, S.K. Traoré, K. Mamadou, N. Silué & A. Abba Touré 26

Analysis of the Influence of Gene Pool, Climatic Conditions and Plant Protection Program on the Effect of Bacterial Blight on Different Cotton Varieties of Burkina Faso (*in French*)

S.L. Ouedraogo, D. Sanfo, I. Somda & B.C. Tiemtore 31

Datas on Cultural, Ethnonutritional and Physico-chemical Values of *Dioscorea schimperiana* (Hochst) of West Cameroon (*in French*)

C. Tchiegang & Liliane Moser Ngueto Ndomdjo 35

Middlemen and Smallholder Farmers in Cassava Marketing in Africa (*in English*)

A.A. Enete 40

Effects of Storage Methods and Length of Storage on some Quality Parameters of Japanese Quail Eggs (*in English*)

I.O. Dudusola 45

Resource Use Efficiency in Urban Agriculture in Southwestern Nigeria (*in English*)

R. Adeyemo & F. Kuhlmann 49

Comparative Studies on the Composition and Purchase Costs of some Edible Land Snails in Nigeria (*in English*)

A.A. Awah, B.C. Lalabe, I. Nasiru & Patience Omo-Erigbe 54

DGDC'S ACTIVITIES 58

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

LITHO-OFFSET J.F. DE JONGHE • 696 CHSSEE DE GAND B1080 BRUSSELS • +32 (2) 465 77 17

