

TROPICULTURA

2008 Vol. 26 N°2

Trimestriel (avril- mai- juin)

Driemaandelijks (april- mei- juni)

Se publica po año (abril- mayor- junio)



L'homme et le troupeau, les Dinkas au sud du Soudan. Photo: Roger Job (1997).
Crédit: Vétérinaires Sans Frontières, Belgium.

Editeur responsable/Verantwoordelijke uitgever: J. Vercruysse
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 www.kaowarsom.be
en van het Brusselse Gewest

BUREAU DE DEPOT – AFGIFTEKANTOOR
BRUXELLES X / BRUSSEL X



SOMMAIRE / INHOUD / SUMARIO

ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

Evaluation de la fertilité des sols à <i>Detarium microcarpum</i> Guill. & Perr. Evaluatie van de vruchtbaarheid van bodems met <i>Detarium microcarpum</i> Guill. & Perr. Evaluación de la fertilidad de los suelos a <i>Detarium microcarpum</i> Guill. & Perr. A.M. Kouyaté, P. Van Damme, Sarah Goyens, S. De Neve & G. Hofman	65
Importance économique de l'oignon cultivé sur billons sur terrain plat avec irrigation à la raie Het economisch belang van de ui verbouwd op een opgeploegd bed met irrigatie van de voren Importancia económica de la cebolla cultivada en caballones en terreno plano con riego por surcos M. M'Biandoun & T. Essang	70
Diagnostic sérologique des isolats soudano-sahéliens du virus de la panachure jaune du riz (<i>Rice Yellow Mottle Virus</i> , RYMV) Serologische diagnose van soudano-Sahel isolaten van het gele spikkel virus van rijst (<i>Rice yellow mottle virus</i> , RYMV) Diagnóstico serológico de aislamientos sudano-sahelianos del virus del moteado amarillo del arroz (<i>Rice Yellow Mottle Virus</i> , RYMV) O. Traoré, E.V.S. Traoré, M.Y.D. Gumedzoé & G. Konaté	74
Effect of <i>Plectranthus glandulosus</i> and <i>Ocimum gratissimum</i> Essential Oils on Growth of <i>Aspergillus flavus</i> and Aflatoxin B ₁ Production Effet des huiles essentielles de <i>Plectranthus glandulosus</i> et d' <i>Ocimum gratissimum</i> sur la croissance et la production d'aflatoxine B ₁ par <i>Aspergillus flavus</i> Effect van <i>Plectranthus glandulosus</i> en <i>Ocimum gratissimum</i> essentiële oliën op de groei van <i>Aspergillus flavus</i> en de productie van B ₁ aflatoxine Efecto de las aceites esenciales de <i>Plectranthus glandulosus</i> y <i>Ocimum gratissimum</i> en el crecimiento y la producción de aflatoxina B ₁ por <i>Aspergillus flavus</i> N.L. Tadsadjieu, F.-X. Etoa, C.M.F. Mbofung & M.B. Ngassoum	78
Inventaire des insectes ravageurs et vecteurs de la panachure jaune du riz dans les périmètres irrigués de Maga (Extrême Nord Cameroun) Inventaris van de verwoestende insecten en de vectoren van de gele spikkel van rijst in de geïrrigeerde perimeters van Maga (Verre Noorden van Kameroen) Inventario de los insectos devastadores y vectores del virus del moteado amarillo del arroz en los perímetros regados de Maga (Extremo Norte de Camerún) I. Sadou, N. Woin, T.R. Ghogomu & K.M. Djonmaila	84
Use of Rendered Animal Protein Meals as Fish Meal Replacer in the Diets of the African Catfish, <i>Clarias gariepinus</i> (Burchell, 1822) Juveniles Utilisation de différentes protéines animales remplaçant la farine de poissons pour alimenter des juvéniles du poisson-chat africain <i>Clarias gariepinus</i> (Burchell, 1822) Gebruik van verschillende dierlijke eiwitten ter vervanging van vismeel in het dieet van de jonge Afrikaanse katvissen, <i>Clarias gariepinus</i> (Burchell, 1822) Utilización de diferentes proteínas animales sustitutivas de la harina de pescado para alimentar las formas juveniles del pez-gato africano <i>Clarias gariepinus</i> (Burchell, 1822) Y. Akegbejo-Samsons & A.E. Fasakin	89
Effets des outils de reprise de labour sur l'état structural du sol et le rendement d'une culture de pomme de terre Effect van toerusting in herhaling van omgeploegd land op de structurele staat van de grond en de opbrengst van aardappels Efectos de herramientas de rastreo sobre la estructura del suelo y el rendimiento de un cultivo de papa S. Chehaibi, C. Hannachi, J.G. Pieters & R.A. Verschoore	93
Valorisation de <i>Cassia obtusifolia</i> L. dans l'alimentation des ovins d'embouche en région sahélienne du Burkina Faso Gebruik van <i>Cassia obtusifolia</i> L. in de voeding van vetgemeste rammen in de Sahel regio van Burkina Faso Valorización de <i>Cassia obtusifolia</i> L. en la alimentación de los ovinos de engorde en la región saheliana del Burkina Faso A. Kiema, A.J. Nianogo, J. Somda & T. Ouédraogo	98
Cycle de reproduction et fécondité de <i>Distichodus rostratus</i> (Characiformes, Distichodontidae) dans un bassin ouest africain (fleuve Bandama, Côte d'Ivoire) Voortplantingscyclus en vruchtbaarheid van <i>Distichodus rostratus</i> (Characiformes, Distichodontidae) in een West-Afrikaans bekkengebied (Bandama Rivier, Ivoorkust) Ciclo de reproducción y fecundidad de <i>Distichodus rostratus</i> (Characiformes, Distichodontidae) en la cuenca del Río Bandama (Costa de Marfil, África del Oeste) S. Berté, E.P. Kouamélan, N.I. Ouattara, T. Koné, B.G. Goore, V. N'Douba & N.J. Kouassi	104
An Analysis of the Attitude of Farmers of Three Districts of Tamil Nadu, India towards Sheep Farming Une analyse de l'attitude des fermiers de trois zones de Tamil Nadu, Inde envers l'élevage des moutons Een analyse van de houding van landbouwers van drie districten van Tamil Nadu, India tegenover schapenteelt Análisis de la actitud de los granjeros de tres zonas de Tamil Nadu, India, hacia la crianza de ovejas D. Puthira Prathap, A.S. Rajendiran & D. Gour	108
Honey Quality as Affected by Handling, Processing and Marketing Channels in Uganda Influence de la manipulation, de la transformation et des circuits de commercialisation sur la qualité du miel en Ouganda Invloed van de behandeling, de transformatie en van de handelscircuits op de honingkwaliteit in Oeganda Influencia de la manipulación, la transformación y los corrientes de mercadeo sobre la calidad del miel en Uganda D.R. Kugónza & Dorothy Nabakabya	113
Study of Various Extracts of <i>Ayapana triplinervis</i> for their Potential in Controlling Three Insect Pests of Horticultural Crops Etude de divers extraits de <i>Ayapana triplinervis</i> pour leur pouvoir de contrôle de trois ravageurs de cultures horticoles Studie van verschillende uittreksels van <i>Ayapana triplinervis</i> op hun potentieel in de controle van drie insecten vernielers van tuinbouwgewassen Estudio de diversos extractos de <i>Ayapana triplinervis</i> para su poder de control de tres plagas de cultivos de hortalizas Sunita Facknath & B. Laljee	119
NOTES TECHNIQUES/TECHNISCHE NOTA'S/NOTAS TECNICAS	
Possible Contributions of <i>Jatropha curcas</i> L. to Rural Poverty Alleviation in Senegal: Vision and Facts Contributions possibles de <i>Jatropha curcas</i> L. à la lutte contre la pauvreté rurale au Sénégal: vision et faits Mogelijke bijdrage van <i>Jatropha curcas</i> L. aan de bestrijding van armoede op het platteland in Senegal: visie en feiten Contribución posible de <i>Jatropha curcas</i> en la lucha contra la pobreza en Senegal: visión y hechos S. Saverys, A. Toussaint, M. Gueye, Laurence Defrise, K. Van Rattinhe, J.-P. Baudoin, Marieke Terren, P. Jacquet de Haveskercke & G. Mergeai	125
LES ACTIONS DE LA DGCD/DE ACTIVITEITEN VAN DE DGIS/LAS ACTIVIDADES DE LA DGCD	127

ARTICLES ORIGINAUX

OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

ORIGINAL ARTICLES

ARTICULOS ORIGINALES

Evaluation de la fertilité des sols à *Detarium microcarpum* Guill. & Perr.

A.M. Kouyaté¹, P. Van Damme², Sarah Goyens³, S. De Neve³ & G. Hofman³

Keywords: *Detarium microcarpum*- Soil fertility- Physicochemical properties- C/N- Mali

Résumé

La baisse de la fertilité des sols est un problème préoccupant pour les paysans maliens, car elle influence directement les rendements des cultures. Le présent travail traite de la situation physico-chimique des sols à *Detarium microcarpum*. Des analyses physico-chimiques ont été réalisées sur des échantillons de sols et des branches feuillées de *D. microcarpum*. Les résultats ont montré que les sols de Farako et de Kafono contiennent en moyenne $0,54 \pm 0,04\%$ à $0,58 \pm 0,04\%$ de carbone; $0,03 \pm 0,003\%$ à $0,04 \pm 0,002\%$ d'azote et $105,9 \pm 7,75$ mg à 108 ± 8 mg de phosphore total/kg de matière sèche. Leur pH-KCl varie de $4,27 \pm 0,04$ à $4,32 \pm 0,04$. Ils ont aussi montré que les branches feuillées sont de mauvaise qualité chimique, à cause de la forte quantité de lignine (527 g/kg de matière sèche) et de la valeur élevée du rapport C/N ($34,0$). De plus, *D. microcarpum* n'est pas un bon fertilisant des sols pour l'azote.

Summary

Evaluation of Soil Fertility of *Detarium microcarpum* Guill. & Perr.

The decline in soil fertility is an alarming problem for farmers in Mali because soil fertility is the main factor determining crop yield. This paper analyzes the physicochemical characteristics of soils under *Detarium microcarpum* at two representative sites (Farako and Kafono). Physicochemical analyses were realized with samples of soil and leafed branches of *Detarium microcarpum*. The results show the soils of Farako and Kafono contain on average $0.54 \pm 0.04\%$ to $0.58 \pm 0.04\%$ of carbon, $0.03 \pm 0.003\%$ to $0.04 \pm 0.002\%$ of nitrogen and 105.9 ± 7.75 mg to 108 ± 8 mg total phosphorus. kg^{-1} of dry matter. Their pH-KCl varied from 4.27 ± 0.04 to 4.32 ± 0.04 . It was shown that the ground leafy branches of *D. microcarpum* have low chemical quality, because of the high quantity of lignin (527 g/kg of dry matter) and high C/N ratio (34.0). Thus, *Detarium microcarpum* is not a good fertilizer for nitrogen.

1. Introduction

L'épuisement et la dégradation des sols sont de sérieux problèmes qui aggravent la pauvreté en Afrique subsaharienne, car ils entraînent une baisse des rendements des cultures. La baisse de fertilité des sols qui en résulte est causée principalement par le déboisement, le surpâturage, l'agriculture itinérante et la mauvaise utilisation des ressources en sol et en eau (7). Selon la même source, d'autres facteurs tels que l'augmentation de la population, la pression foncière, l'insécurité foncière et la pauvreté, agissent indirectement sur ce déclin.

De nombreuses techniques ont été utilisées pour pallier la baisse de la fertilité des sols. Les techniques appliquées habituellement pour conserver la fertilité des sols par les agriculteurs africains sont la culture sur abattis-brûlis après une longue jachère ou l'application d'engrais chimiques. Aujourd'hui, il existe de nouvelles méthodes pour restaurer la fertilité des sols telle que l'utilisation de légumineuses arborescentes, de plantes de couverture, du compost, de débris végétaux, d'engrais organiques, de la sciure du bois, et de la biomasse. Des systèmes de parcs agroforestiers ont été développés pour assurer le maintien de la fertilité des sols pour les terres de culture (9). Par ailleurs, l'influence biophysique des arbres sur les sols et les cultures est citée par de nombreux auteurs (2, 3, 4, 9, 10, 12, 13, 20).

Au Mali, la dégradation des sols est caractérisée par

une baisse de leur fertilité et donc par une baisse des rendements des cultures. Elle est perçue comme une contrainte majeure dans tous les écosystèmes, et constitue une grande préoccupation aussi bien des producteurs que des autorités maliennes. Certaines caractéristiques de la végétation naturelle (densité, couleur du feuillage, etc.) sont utilisées par les paysans maliens pour identifier des sols fertiles pour la mise en place de cultures (1, 11). Au sud du Mali, 48% des personnes interrogées lors d'une enquête ethnobotanique indiquent que *Detarium microcarpum* Guill & Perr. est un excellent fertilisant et un indicateur de sols fertiles (15). *D. microcarpum* est une légumineuse arborescente qui est prise pour son bois, ses fruits et ses feuilles (15). Selon cet auteur, les femmes *minianka* de la même aire géographique utilisent les branches feuillées de cette plante comme fumure organique dans les champs de gingembre (*Zingiber officinale* Rosc.), de souchet (*Cyperus esculentus* L.) et d'igname (*Dioscorea* spp.).

L'absence de données bibliographiques concernant la composition chimique et la fertilité des sols à *Detarium microcarpum*, et les propriétés fertilisantes de cette plante laisse penser que c'est pour la première fois que l'on s'y intéresse.

Le présent article étudie le niveau de fertilité des sols à *D. microcarpum* pour essayer d'en déduire un potentiel

1. Institut d'Economie Rurale, B.P. 16 Sikasso, Mali, Amadoumkouate@yahoo.fr; amadou.kouyate@ier.ml

2. Université de Gent, Faculté d'Agriculture et des Sciences Biologiques Appliquées, Laboratoire d'Agronomie Tropicale et Subtropicale et d'Ethnobotanique, Coupure links, 653, B-9000 Gent, Belgique.

Patrick.VanDamme@Ugent.be

3. Université de Gent, Faculté d'Agriculture et des Sciences Biologiques Appliquées, Département de la Gestion et de la Protection des Sols, Coupure links, 653, B-9000 Gent, Belgique.

Sarah.Goyens@Ugent.be, Stefaan.DeNeve@Ugent.be, Georges.Hofman@Ugent.be

Reçu le 01.02.06 et accepté pour publication le 09.03.07.

agronomique et d'y trouver un argument supplémentaire pouvant défendre sa domestication.

2. Matériel et méthodes

2.1 Présentation des sites d'étude

Les sites d'étude sont situés au sud du Mali (12°30' et 10°30' de latitude nord, et 8°30' et 5°30' de longitude ouest) qui est caractérisé par des couvertures pédologiques avec des substrats très divers (grès, schistes, granites). Ils occupent des sols ferrugineux tropicaux lessivés (à taches et concrétions, et lessivés indurés) qui représentent 50% de l'ensemble des sols rencontrés dans cette partie du Mali.

Le premier site, la forêt classée de Farako (forêt gérée par le service forestier où la coupe de bois vert est interdite), est situé dans l'unité agro-climatique soudanienne sud. Les sols sont de type ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions, moyennement profonds avec 3% de gravillons à la surface du sol. Leur texture est sableuse dans les vingt premiers centimètres (80,1% de sable; 13,9% de limon; 6,0% d'argile). Le système de rotations culturales annuel à Farako est caractérisé par l'association maïs (*Zea mays* L.) et sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) ou maïs et mil (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) ou par des champs de maïs seul. Une grande partie des résidus de récolte est destinée à l'alimentation des animaux parqués, tandis qu'une faible quantité reste dans le champ pour être enfouie dans le sol lors du prochain labour.

Le deuxième site, la forêt villageoise immatriculée au nom du village de Kafono, est situé dans l'unité agro-climatique soudano-guinéenne. Les sols sont de type ferrugineux tropicaux lessivés indurés sur cuirasse, moyennement profonds avec 80% de gravillons à la surface du sol. Leur texture est sableuse dans les vingt premiers centimètres (66,1% de sable; 31,2% de limon; 2,7% d'argile). La rotation culturale pratiquée commence par le coton (*Gossypium hirsutum* L.) et le maïs (première et deuxième années) puis se poursuit par le mil ou le sorgho (3^e année) et la jachère (4^e année) pendant au moins quatre ans. Au niveau de ce site, les résidus de récolte sont transportés hors du champ pour le compostage en vue de les réutiliser comme fumure organique.

2.2 Matériel

Le matériel est composé de broyat issu des branches feuillées de *Detarium microcarpum*, et de sols prélevés sous cette plante et dans les champs cultivés.

2.3 Méthodes

2.3.1 Composition physico-chimique des sols

L'évaluation des paramètres physico-chimiques, par site, a concerné soixante échantillons de sols prélevés sous le houppier et à l'extérieur du houppier de quinze arbres de *Detarium microcarpum* sains et isolés. Ces arbres mesuraient $57,8 \pm 16$ cm et $38,6 \pm 10$ cm de circonférence moyenne du tronc prise à 1,30 m du sol respectivement à Farako et Kafono.

Le prélèvement des sols a été réalisé en s'inspirant des méthodes présentées par Kater et al. (12) sur *Vitellaria paradoxa* Gaertn. f. et *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. ex G. Don au sud du Mali, et par Soumaré (20) sur *Acacia seyal* Del. et *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst. dans le Sahel malien. Il a concerné quatre échantillons de sols sous le houppier et à l'extérieur du houppier de chaque arbre suivant les directions nord-sud et ouest-est dans les vingt premiers centimètres, à l'aide d'une petite tarière pédologique. Pour les besoins d'analyse, les échantillons pris à un même emplacement ont été mélangés pour constituer un seul échantillon.

Les sols collectés ont été séchés sur une bâche étalée dans

une chambre bien aérée pendant un jour et deux nuits. Ils ont été conservés dans des sachets en plastique étiquetés, jusqu'au moment des analyses.

Au niveau du laboratoire, chaque échantillon a fait l'objet d'un tri à l'aide d'un tamis de 2 mm de diamètre. Les caractéristiques physico-chimiques déterminées étaient: le pH-KCl à l'aide d'un pH-mètre de type Orion 420 A+, Del.; le carbone organique total (Ct) en utilisant la méthode présentée par Walkley & Black (22); l'azote total (Nt) à l'aide du "CNS elemental analyser"; et le phosphore total (Pt) en utilisant la méthode proposée par Scheel (18).

2.3.2 Echantillonnage des branches feuillées et des sols pour la minéralisation de l'azote

Les branches feuillées qui ont servi à la minéralisation de l'azote ont été prélevées sur cinq arbres de *Detarium microcarpum* en pleine feuillaison à Farako et Kafono. Elles ont été séchées dans une chambre bien aérée pendant un jour et deux nuits, puis finement broyées.

Au niveau de chaque site, on a prélevé au hasard douze échantillons de sols dans trois champs cultivés pendant quinze ans et dans les vingt premiers centimètres à l'aide d'une petite tarière pédologique. Ces champs se trouvent sur des sols identiques à ceux occupés par *Detarium microcarpum*. Ensuite, les échantillons des sols ont été mélangés pour en faire un échantillon unique qui a été étalé sur une bâche dans une chambre bien aérée pendant un jour et deux nuits. L'échantillon séché a été conservé dans des sachets en plastique étiquetés, jusqu'au moment des analyses.

2.3.3 Minéralisation de l'azote

La minéralisation de l'azote du broyat issu des branches feuillées de *Detarium microcarpum* a été faite dans un incubateur en utilisant la méthode proposée par De Neve & Hofman (6). Le broyat a été épandu sur les sols provenant des champs cultivés, en s'inspirant de la pratique paysanne en milieu *minianka* qui consiste à couvrir les sols des cultures de gingembre, de souchet et d'igname par des branches feuillées de *Detarium microcarpum*. Les caractéristiques étudiées au laboratoire ont été le polyphénol (PP), l'hémicellulose (Hce), la cellulose (Ce), la lignine (L), le carbone total (Ct) et l'azote total (Nt). Le polyphénol a été déterminé suivant la méthode Folin-Denis présentée par King & Heath (14), tandis que l'hémicellulose, la cellulose et la lignine ont été déterminées en utilisant la méthode proposée par De Neve & Hofman (6). L'azote et le carbone dans les différentes fractions ont été déterminés à l'aide du "CNS elemental analyser". Les teneurs en azote ammoniacal et en azote nitrique ont été déterminées suivant la méthode Berthelo et par réduction du nitrate en nitrite, à l'aide d'un *continuous flow auto-analyser* (CFAA).

2.4. Traitement et analyse des données

Les données physico-chimiques sous le houppier et à l'extérieur du houppier des individus de *Detarium microcarpum* ont fait l'objet d'une analyse de variance (ANOVA), à l'aide du logiciel S-plus. On a comparé la valeur F calculée avec la valeur F théorique au seuil de signification fixé à 5%. Pour les besoins de l'ANOVA, les teneurs des paramètres analysés ont subi une transformation logarithmique afin d'obtenir la normalité.

Des rapports C/N, L/N, PP/N, et (L+PP)/N ont été calculés pour permettre de comprendre le processus de minéralisation de l'azote du broyat issu des branches feuillées.

A défaut de données sur la fertilité des sols à *Detarium microcarpum*, nos résultats ont été comparés à ceux disponibles pour d'autres espèces végétales.

3. Résultats

3.1. Eléments physico-chimiques des sols

Les résultats de l'analyse de variance montrent que les sols

Tableau 1
Caractéristiques des paramètres physico-chimiques des sols à *Detarium microcarpum* à Farako

Descripteur	pH-KCl			Carbone (%)			Azote (%)			Phosphore total (mg/kg)		
	N	Moy.	E.T	N	Moy.	E.T	N	Moy.	E.T	N	Moy.	E.T
Variable												
Sous le houppier	30	4,2	0,04	30	0,65	0,03	30	0,05	0,002	30	122,8	7,9
Hors houppier	30	4,14	0,04	30	0,63	0,03	30	0,05	0,002	30	122,3	8,1
Moyenne	30	4,17	0,04	30	0,64	0,03	30	0,05	0,002	30	122,5	8
Signification	p> 0,05			p> 0,05			p> 0,05			p> 0,05		

Tableau 2
Caractéristiques des paramètres physico-chimiques des sols à *Detarium microcarpum* à Kafono

Descripteur	pH-KCl			Carbone (%)			Azote (%)			Phosphore total (mg/kg)		
	N	Moy.	E.T	N	Moy.	E.T	N	Moy.	E.T	N	Moy.	E.T
Variable												
Sous le houppier	30	4,45	0,05	30	0,52	0,06	30	0,04	0,003	30	93,2	8,1
Hors houppier	30	4,41	0,04	30	0,46	0,06	30	0,03	0,003	30	89,5	7,4
Moyenne	30	4,43	0,04	30	0,49	0,06	30	0,03	0,003	30	91,3	7,7
Signification	p> 0,05			p> 0,05			p> 0,05			p> 0,05		

N: nombre d'échantillons de sols

Moy.: moyenne

E.T: écart-type

p: probabilité

sous le houppier et à l'extérieur du houppier des arbres de *Detarium microcarpum* ne sont pas significativement différents pour les paramètres physico-chimiques analysés (Tableaux 1 et 2).

3.2. Composition chimique du broyat

Le broyat issu des branches feuillées de *Detarium microcarpum* pour l'ensemble des deux sites est constitué (Tableau 3) en moyenne de: 13 g d'azote/kg de matière sèche (1,3% d'azote); 430,8 g de carbone/kg de matière sèche; 212,0 g d'hémicellulose/kg de matière sèche; 8,2 g de cellulose/kg de matière sèche; 10,1 g de polyphénol/kg de matière sèche; et 527,7 g de lignine/kg de matière sèche.

Les teneurs des paramètres analysés sont systématiquement plus élevées à Farako par rapport à Kafono, alors que c'est le contraire pour les rapports calculés (Tableau 3).

3.3 Minéralisation de l'azote

Les figures 1 et 2 montrent une minéralisation de 17,9% de l'azote du broyat issu des branches feuillées prises à Farako après douze semaines d'incubation, tandis qu'elle atteint -9,5% à Kafono. En d'autres termes, on note une libération de 5,4 mg d'azote/kg de matière sèche à Farako, contre -2,9 mg d'azote/kg de matière sèche à Kafono.

4. Discussion

La teneur en carbone total des sols atteint en moyenne 0,49% et 0,64% respectivement à Kafono et Farako. Cette haute teneur en carbone du sol prélevé à Farako peut être

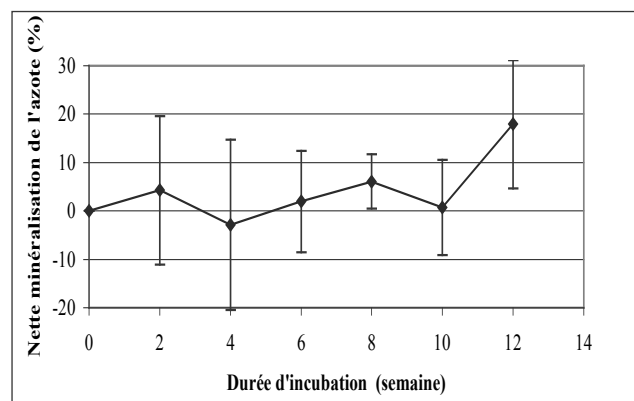


Figure 1: Minéralisation de l'azote du broyat issu des branches feuillées de *Detarium microcarpum* à Farako.

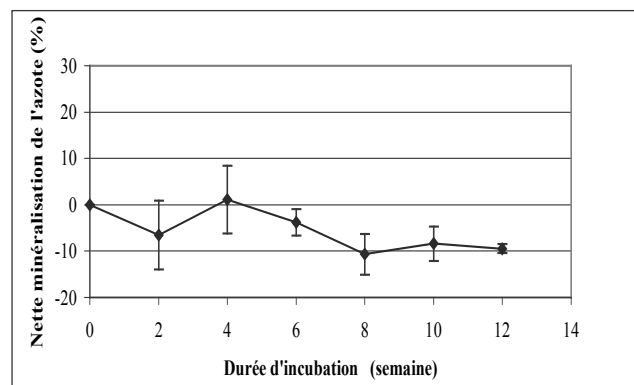


Figure 2: Minéralisation de l'azote du broyat ssu des branches feuillées de *Detarium microcarpum* à Kafono.

Tableau 3
Caractéristiques chimiques du broyat issu des branches feuillées de *Detarium microcarpum*

Site	N	C	des Délégués Intercommunales				C/N	L/N	PP/N	(L+PP)/N
			Hce	Ce	L	PP				
			g/kg de matière sèche							
Farako	15,1	443,7	222,5	8,8	540,8	11,0	29,4	35,84	0,73	36,57
Kafono	10,8	417,9	201,5	7,6	514,6	9,2	38,6	47,56	0,85	48,41
Moyenne	13,0	430,8	212,0	8,2	527,7	10,1	34,0	40,73	0,78	41,51

N: azote total; C: carbone total; Hce: hémicellulose; Ce: cellulose; L: lignine; PP: polyphénol; C/N: azote/carbone; L/N: lignine/azote; PP/N: polyphénol/azote; (L+PP)/N: (lignine + polyphénol)/azote.

attribuée à sa composition en éléments fins, soit 6% d'argile contre 2,7% à Kafono.

Selon Soumaré (20), le taux de carbone total varie entre 0,16% sous le houppier et 0,14% hors houppier pour *Acacia seyal*. Par contre, il atteint 0,20% sous le houppier et 0,19% hors houppier pour *Sclerocarya birrea*. Kater et al. (12) indiquent un taux de carbone de 0,66% sous le houppier et 0,41% hors houppier des arbres dans les parcs agroforestiers à *Vitellaria paradoxa* et *Parkia biglobosa* au sud du Mali (sol limoneux, 900 mm de pluie, moyennes calculées à partir de l'analyse de 72 échantillons de sol prélevés dans les vingt premiers centimètres). Selon une synthèse faite par Berman & Kessler (4) dans les régions semi-arides d'Afrique, le taux de carbone atteint respectivement 0,37% et 0,27% sous et hors houppier des arbres dans les parcs agroforestiers à *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev. au Sénégal (sol sableux, 670 mm de pluie, nombre de sites non fourni). Selon la même source, il a été enregistré 1,27% et 1,37% de carbone respectivement sous le houppier des arbres de *Acacia auriculiformis* A. Cunn. et *Cassia siamea* Lam. qui sont des légumineuses arborescentes, dans les jachères améliorées au Togo (sol sablo-limoneux, 1180 mm de pluie, nombre de sites non fourni). Ceci indique que le taux de carbone sous le houppier et à l'extérieur du houppier pour *Detarium microcarpum* est plus élevé que pour *Acacia seyal*, *Faidherbia albida* et *Sclerocarya birrea*, alors qu'il est plus de deux fois inférieur à celui sous *Acacia auriculiformis* et *Cassia siamea*. Cette importante différence peut être liée à la capacité des racines de ces deux légumineuses arborescentes de fixer l'azote atmosphérique et d'améliorer la remontée biologique des éléments nutritifs des sols.

Soumaré (20) obtient une teneur de 0,02% d'azote total dans les 20 premiers centimètres des sols forestiers sous le houppier de *Sclerocarya birrea* et de *Acacia seyal* dans le Sahel malien, contre 0,01% à l'extérieur de leur houppier. Kater et al. (12) indiquent une teneur en azote de 0,061% sous le houppier et 0,04% hors houppier des arbres dans les parcs agroforestiers à *Vitellaria paradoxa* et *Parkia biglobosa* au sud du Mali. Selon Berman & Kessler (4), la teneur en azote atteint 0,04% sous le houppier et 0,03% hors houppier des arbres dans les parcs agroforestiers à *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev. au Sénégal en zone semi-aride (sol sableux, 670 mm de pluie, nombre de sites non fourni). Ceci indique que les sols sous le houppier et à l'extérieur du houppier de *Detarium microcarpum* ont une teneur plus élevée que pour *Sclerocarya birrea* et *Acacia seyal* d'une part, et faible par rapport aux parcs agroforestiers à *Vitellaria paradoxa* et *Parkia biglobosa* au sud du Mali d'autre part.

Soumaré (20) trouve une quantité de phosphore total de 14,40 mg/g sous le houppier et 14,20 mg/g hors houppier de *Acacia seyal*, contre 18,60 mg par gramme sous le houppier

et 16,40 mg par gramme hors houppier pour *Sclerocarya birrea*. Ceci indique que la quantité de phosphore est plus élevée sous le houppier et à l'extérieur du houppier de *Detarium microcarpum* que pour *Sclerocarya birrea* et *Acacia seyal*.

Eu égard aux faibles valeurs des nutriments des sols sous les ligneux sahéliens (4, 20, 21), on peut dire que *Detarium microcarpum* ne fait pas exception à la règle.

La faible quantité de cellulose, d'une part, et la quantité très élevée de lignine, d'autre part, peuvent être liées à la présence significative des branches dans le broyat analysé.

Le taux de 1,3% d'azote du broyat issu des branches feuillées est inférieur au seuil critique de 1,5% fourni par Seneviratne (19). Le rapport C/N égal à 34,0 est supérieur aux valeurs minimale (C/N= 25) et maximale (C/N= 27) des références traitant du même sujet (17, 19). Les valeurs de ces deux paramètres indiquent une immobilisation presque totale de l'azote du broyat. Cette lenteur de la minéralisation de l'azote est probablement liée à l'épandage du broyat sur les sols, ce qui est confirmé par Corbeels et al. (5) qui signalent que la durée de l'immobilisation augmente avec les quantités épandues. Elle peut être également liée à l'importance de la quantité de lignine qui ralentit la décomposition du matériel organique.

Les résultats montrent que le rapport (L+PP)/N est plus élevé chez *Detarium microcarpum* que *Medicago sativa* L. chez qui, il s'élève à 1,48 selon Fox et al. (8), ce qui est dû à l'utilisation des branches feuillées chez *Detarium microcarpum*.

Une vision croisée des résultats des analyses physico-chimiques des sols à *Detarium microcarpum* et des opinions de 48% des personnes interrogées lors de l'enquête ethnobotanique (16) montre que ces personnes confondent la forte présence de la plante dans une jachère et le retour de la fertilité, car *Detarium microcarpum* fait partie des espèces pionnières qui s'installent dans une terre de culture nouvellement mise en repos.

5. Conclusion

La présente étude sur *Detarium microcarpum*, qui est une première, montre que la teneur en azote, en carbone organique total et en phosphore ne varie pas entre les sols prélevés sous le houppier et à l'extérieur du houppier.

Les résultats indiquent que la fertilité chimique des sols à *Detarium microcarpum* est faible, et, de surcroît, les branches feuillées de *Detarium microcarpum* qui sont épandues sur certaines cultures par les femmes *minianka* sont d'une mauvaise qualité chimique avec une lente minéralisation de leur azote.

Références bibliographiques

- Bagnoud N., 1992, Aspects du rôle socio-économique des arbres dans les parcs à Karité et Néré de la zone du Mali-Sud et conséquences pour l'évolution future. Exemple des villages de Pourou, Guetele et N'Tossoni. Travail de diplôme. ETH-Zentrum Zürich, Suisse. Opération Aménagement et Reboisement de Sikasso, Mali, 68 p.
- Belsky A.J., Amundson R.G., Duxbury J.M., Riha S.J., Ali A.R. & Mwongo S.M., 1989, The effects of trees on their physical, chemical, and biological environments in a semi-arid savanna in Kenya. J. Appl. Ecol. 1005-1024.
- Boffa J.M., 2000, Les parcs agroforestiers en Afrique subsaharienne. Cahier FAO. Conservation, 34, 42-190.
- Berman H. & Kessler J.J., 1995, Woody plants in agro-ecosystems of semi-arid regions with emphasis on the sahelian countries. Advanced series in agricultural sciences 23. Paris. Springer-Verlag, 340 p.
- Corbeels M., O'Connell A.M., Grove T.S., Mendham D.S. & Rance S.J., 2003, Nitrogen release from legume and *Eucalyptus* residues as affected by their biochemical quality and degree of contact with soil. Pl. and Soil. 250, 15-28.
- De Neve S. & Hofman G., 1996, Modelling N mineralization of vegetable crop residues during laboratory incubations. Soil Biol. Biochem. 28, 1451-1457.
- FAO., 2003, Gestion de la fertilité des sols pour la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne. Rome. Italie, 63 p.
- Fox R.H., Myers R.J.K. & Vallis I., 1990, The nitrogen mineralization rate of legume residues in soil as influenced by their polyphenol, lignin, and nitrogen contents. Pl. and Soil. 129, 251-259.
- Gottlieb A. & Sene E.M., 1997, Les fonctions de protection et écologiques des forêts. Thème 10. XI Congrès Forestier Mondial, 13-22 octobre 1997, Antalya, Turquie, Vol. 2.
- Jaiyeoba I.A., 1996, Amelioration of soil fertility by woody perennials in cropping fields. Evaluation of three tree species in the semi-arid zone of Nigeria. J. Ar. Env. 33, 10, 473-482.

11. Kante S. & Defoer T., 1995, Comment les paysans classent et gèrent leur terre?. Cah. Rech. D v. 42, 5-61.
12. Kater L.J.M., Kante S. & Budelman A., 1992, Karit  (*Vitellaria paradoxa*) and N r  (*Parkia biglobosa*) associated with crops in South Mali. Agrof. Syst. 13, 89-105.
13. Kellman M., 1979, Soil enrichment by neotropical savanna trees. J. Ecol. 67, 565-577.
14. King H.G.C. & Heath G.W., 1967, The chemical analysis of small samples of leaf material and the relationship between the disappearance and composition of leaves. Pedobiologica, 7, 192-197.
15. Kouyaté A.M., 2005, Aspects ethnobotaniques et étude de la variabilité morphologique, biochimique et phénologique de *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. au Mali. Thèse de Doctorat, Faculté d'Agriculture et des Sciences Biologiques Appliquées, Université de Gent, Belgique, 207 p.
16. Kouyaté A.M., Meyer A. & Van Damme P., 2002, Perceptions paysannes de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. dans le sud du Mali. Fruits, 57, 5/6, 305-312.
17. Myers R.J.K., Palm C.A., Cuevas E., Gunatilleke I.U.N. & Brossard M., 1994, The synchronization of nutrient mineralization and plant nutrient demand pp. 81-116, in: P.L. Woomer & M.J. Swift (editors), The biological management of tropical soil fertility, Wiley, Chichester, UK.
18. Scheel K.C., 1936, Colorimetric determination of phosphoric acid in fertilizers with the Aulfrich photometer. Zeitschrift für analytische Chemie, 256-259.
19. Seneviratne G., 2000, Litter quality and nitrogen release in tropical agriculture. A synthesis. Biol. and Fertil. Soils, 31, 60-64.
20. Soumaré A., 1996, Utilisation des éléments nutritifs par deux arbres du Sahel. *Acacia albida* et *Sclerocarya birrea*, Rapports PSS, 7-31.
21. Veldkamp W.J., Traore A., N'Diaye M.K., Keita M.K., Keita B. & Bagayoko M., 1991, Fertilité des sols du Mali, Mali-Sud/Office du Niger, Interprétation des données analytiques des sols et des plantes, 112 p.
22. Walkley A. & Black I.A., 1934, An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37, 29-38.

A.M. Kouyaté, Malien, Ingénieur des Eaux et Forêts, Docteur en Sciences Biologiques Appliquées, Chercheur à l'Institut d'Economie Rurale, Mali.

P. Van Damme, Belge, Ingénieur, Docteur, Professeur, Chef du Laboratoire d'Agronomie Tropicale et Subtropicale et d'Ethnobotanique, Faculté d'Agriculture et des Sciences Biologiques Appliquées, Université de Gent, Belgique.

Sarah Goyens, Belge, Ingénieur agronome, Département de la Gestion et de la Protection des Sols, Faculté d'Agriculture et des Sciences Biologiques Appliquées, Université de Gent, Belgique.

S. De Neve, Belge, Ingénieur, Docteur, Professeur, Département de la Gestion et de la Protection des Sols, Faculté d'Agriculture et des Sciences Biologiques Appliquées, Université de Gent, Belgique.

G. Hofman, Belge, Ingénieur, Docteur, Professeur, Chef du Département de la Gestion et de la Protection des Sols, Faculté d'Agriculture et des Sciences Biologiques Appliquées, Université de Gent, Belgique.

Importance économique de l'oignon cultivé sur billons sur terrain plat avec irrigation à la raie

M. M'Biandoun^{1*} & T. Essang²

Keywords: Onion- Ploughed fields- Irrigation- Marginal profitability rate- Competitiveness- North of Cameroon

Résumé

Afin d'améliorer qualitativement et quantitativement la production d'oignon dans la province du Nord, un test mettant en comparaison trois traitements a été mis en place dans plusieurs localités de la province. Le traitement consistant à cultiver les oignons sur des billons avec une irrigation à la raie est apparu comme meilleur par rapport à celui où la culture de l'oignon se faisait dans un casier où les plants étaient inondés d'eau (témoin). Cependant, l'important goulot d'étranglement qu'était la confection des billons à la main rendait l'innovation inacceptable par les paysans. La mécanisation de ce travail par l'utilisation d'une paire de bœufs ou alors d'un tracteur sur une superficie plus grande (1/4 d'ha au lieu de 9 m² dans le test) a fait baisser les temps de travaux de 104 à 10 jours. Le calcul économique a ensuite permis de montrer la supériorité du traitement innovant par rapport au traitement témoin faisant passer le bénéfice de 432. 925 FCFA avec le traitement témoin à 1.708 325 FCFA avec le traitement innovant; c'est-à-dire 4 fois plus. Les produits provenant de la nouvelle technique sont nettement plus compétitifs sur les marchés intérieurs et surtout sur les marchés extérieurs.

Summary

The economic Importance of Onion Cultivated on Ridges on Flat Ground with Furrow Irrigation

In order to improve qualitatively and quantitatively the production of onion in the Northern Province, a test putting in comparison three treatments has been put in place in several localities of the province. The treatment consisting to cultivate onions on ridges with furrow irrigation appeared better than the one where the culture of the onion was made in a basin where the seedlings were flooded of water (control). However, the important bottleneck that was the manual confection of the ridges gave back the innovation unacceptable by peasants. The mechanization of this work by the utilization of a couple of beefs or a tractor on a greater area (1/4 of an ha instead of 9 m² in the test) made decline the labor time from 104 to 10 days. The economic calculation has then permitted to show the superiority of the innovating treatment in relation to the control, making pass the benefit from 432, 925 FCFA with the control treatment to 1, 708, 325 FCFA with the innovating one; that is 4 times more. Products coming from the new technique are clearly more competitive on domestics market and especially on foreign markets.

1. Introduction

La province du Nord-Cameroun est une grande zone de production de l'oignon. L'oignon se cultive en irrigué en contre saison (saison sèche). Pendant la période de récolte qui s'étale de février en avril, le produit abonde sur les marchés, faisant ainsi baisser les prix. Quelques mois plus tard (septembre-octobre), le produit est rare et les prix sont multipliés par 6, passant de 6 à 7000 FCFA/sac à 35-40 000 FCFA par sac. Or l'oignon est un produit très périssable. Pour stocker le produit pendant 6 à 8 mois, le paysan doit intervenir à deux niveaux: au champ en adoptant une technique qui permet de produire de l'oignon de bonne qualité; en magasin en adoptant, une technique de stockage en cales superposées et bien aérées qui permet de réduire la pourriture des bulbes de 60% à 15-20%. L'importance économique de l'oignon dans les régions où sa culture est pratiquée est indéniable. Cette plante a fait l'objet de plusieurs études tant sur le plan botanique que phénologique (7), mais aussi sur le plan de la diversité génétique. A cet égard, plusieurs auteurs ont fait un inventaire de variétés et d'itinéraires techniques traditionnels et modernes qui ont cours dans les régions productrices du monde (1, 7).

Un essai mené à la ferme expérimentale de Karéwa pendant la saison sèche 1985/1986 et 1986/1987 (10) a porté sur l'influence des densités de repiquage (221 112, 266 666 et 333 333 plants/ha) et de deux techniques d'irrigation (à la raie et par submersion). Aucune différence statistiquement significative n'avait été détectée entre les rendements obtenus avec les différentes densités de repiquage et les techniques d'irrigation. On a observé cependant que les repiquages sur

billons à 333 333 plants/ha avec irrigation à la raie avaient tendance à donner les meilleurs résultats.

La culture de l'oignon s'est très bien adaptée dans la zone soudano sahélienne, mais les producteurs doivent faire face au problème de son alimentation hydrique. L'eau dans cette zone est de disponibilité variable (6). Certains auteurs ont trouvé des changements notables du bilan hydrique et de la photosynthèse des cultures d'oignon, de haricots et de coton dans des conditions de salinité (4). Il est donc nécessaire de mettre en place des systèmes d'exploitation fiables, c'est-à-dire efficaces et économiques.

Beaucoup de systèmes d'irrigation existent. Un grand nombre de problèmes survenant dans la production de l'oignon sont liés au type d'irrigation: la culture en carreaux avec inondation lors de chaque irrigation au rythme de 2 par semaine favorise au maximum l'envahissement par le champignon *Sclerotium cepivorum* et entraîne la création de situations préjudiciables à la culture, notamment une insuffisance du développement du système racinaire qui demeure très superficiel. «Gavée d'eau», la plante devient paresseuse et les racines se trouvent dans l'incapacité de jouer leur rôle de pompe au moment des heures chaudes de la journée d'où, un affaiblissement général des défenses naturelles face aux agressions parasitaires, le flétrissement du feuillage, la création d'un environnement parasite où cryptogames et bactéries se disputent le terrain avec des insectes nuisibles le plus souvent porteurs de maladies à virus (2).

La description des itinéraires techniques de la culture de l'oignon au Nigeria, montre que le système d'irrigation sur

¹Institut de recherche agricole pour le développement (IRAD), BP 415, Garoua, Cameroun. E-mail: mbiandounm@yahoo.fr; Tel.: 237 989 63 86

²Institut de recherche agricole pour le développement (IRAD), Bertoua, Cameroun.

Reçu le 01.08.06 et accepté pour publication le 12.03.07.

billons est rentable tant en saison des pluies qu'en saison sèche, mais des maladies cryptogamiques telles que l'alternariose sont des facteurs limitants en saison de pluies (5). L'étude des méthodes d'irrigation de l'oignon dans la vallée de Sao Francisco au Brésil, montre que la méthode des planches surélevées encadrées de rigoles a donné des rendements plus élevés que l'utilisation des casiers (ou cuvettes) en creux avec inondation transitoire des plants, de billons ou d'aspersion sur terrains plats (9). Mais la littérature disponible n'a pas toujours élucidé les questions relatives à leur rentabilité notamment en ce qui concerne l'oignon en zone sèche.

Au Nord-Cameroun, des essais agronomiques et d'irrigation dans lesquels ont été testés deux types d'irrigation ont été réalisés dans le cadre des projets FSAR, Moulvoudaye et BDPA, Kousseri (3, 8). Ces auteurs ont montré que lorsque le taux d'infiltration était très faible (5 mm/h environ) (cas des vertisols), le débit d'eau par sillon ne devait pas dépasser 0,1 litre par seconde et par 100 m de longueur du sillon. En plus pour favoriser davantage l'infiltration dans le sol, la pente de la rigole ne devait jamais dépasser les 0,5% (10). D'après ces travaux, le système d'irrigation par billons a donné des rendements en bulbes significativement différents, surtout du point de vue qualitatif de ceux du système traditionnel. La production d'oignon par le système traditionnel entraîne la production de bulbes riches en eau et contaminés au champ par le champignon *Sclerotium cepivorum*. Cette contamination, et cette mauvaise consistance entraînent des pertes après stockage d'environ 20% de plus par rapport aux bulbes produites sur billons.

La réalité du terrain montre que le système par casiers inondés est préféré par les producteurs. Ce présent travail tente de répondre aux questions relatives à la problématique de la rentabilité et de la faisabilité des systèmes d'irrigation.

2. Méthodologie

2.1 Phase expérimentale

L'essai est réalisé sur quatre sites suivant les types de sol; Lagdo et Kismatari (sol argileux), Ouro mal hamadou (argilo-sableux) et Tchontchi (sol sablo-argileux). Le dispositif expérimental est un bloc de Fisher à un facteur (le mode d'irrigation), 3 traitements et 4 répétitions: T1: irrigation par submersion des plants et sur calendrier (sur calendrier veut dire que l'irrigation est réalisée à la fréquence du paysan, c'est à dire tous les 7 jours pendant les deux premiers mois et deux fois par semaine après); T2: irrigation à la raie avec oignon sur billon et sur calendrier; T3: irrigation à la raie avec oignons sur billon et au seuil, (au seuil veut dire que l'on stresse un peu plus la culture et que l'irrigation est déclenchée quand la teneur en eau du sol est inférieure à 10% de la capacité au champ du sol. L'établissement du profil de dessèchement est la technique utilisée pour déterminer la fréquence d'arrosage pour le traitement T3. Pour ce faire, on a arrosé dans chaque site une parcelle jusqu'à la capacité au champ. Après un temps de ressuage d'un jour, les prélèvements en vue de la mesure de l'humidité pondérale ont commencé. Nous avons ainsi fait des prélèvements pendant 15 jours. Le seuil d'humidité pour décider d'un nouvel apport d'eau était fixé à un taux d'humidité pondérale de 10%. Il suffisait donc de regarder la courbe de dessèchement et voir le nombre de jour à partir duquel elle passait en-dessous de 10% et fixer la fréquence d'irrigation sur T3. On a ainsi obtenu, 14 jours à Tchontchi, 11 jours à Ouro mal hamadou, 14 jours à Lagdo et 14 jours à Kismatari. La fréquence d'arrosage sur le traitement T3 fût donc fixée à 11 jours pendant les dix premières semaines, puis à 7 jours.

La variété utilisée est la Goudami. Les parcelles élémentaires (P.E.) ont une dimension de 1,5 m x 2 m soit 3 m²; on a donc 3 x 4 = 12 P.E soit 36 m² pour l'essai par site. L'itinéraire technique

est celle de la fiche technique de la coopérative. La densité utilisée est de 500.000 pieds/ha sur tous les traitements. La méthode statistique utilisée est l'analyse de variance.

1.2 Calcul économique

L'analyse de la rentabilité économique de l'essai par la méthode du budget partiel permet de ne prendre en compte que les éléments qui varient d'un traitement à l'autre.

- L'évaluation des coûts et des revenus

Les trois traitements ayant eu le même niveau d'intrants (engrais et pesticides), l'évaluation des coûts ne concernera que le coût de la main-d'œuvre (confection des billons, épandage d'engrais, irrigation, désherbage et récolte), le coût d'utilisation de la motopompe et le coût lié aux opérations post-récolte.

L'évaluation du coût de la main-d'œuvre se fera sur la base des temps de travaux. En effet les temps pour chaque travail réalisé sur chaque parcelle ont été enregistrés. Ces temps mesurés en minutes sur des parcelles de trois mètres carrés sont ramenés au niveau d'un hectare. Le temps ainsi trouvé est converti en heures puis en journée de travail. La journée de travail étant ici de huit heures. Le coût de la main-d'œuvre sera donc le produit du nombre de jours de travail (JT) multiplié par 750 FCFA qui est la rémunération moyenne des manœuvres par journée de travail dans la zone.

L'ensemble des coûts d'opportunité sera calculé pour les trois parcelles, mais au niveau du budget n'apparaîtront que les montants dépassant ceux du traitement témoin.

Le coût d'utilisation de la motopompe sera calculé à partir de la quantité d'eau utilisée pour l'arrosage des différents traitements. La quantité d'eau nécessaire pour chaque parcelle est calculée pour un hectare. Le quotient de cette quantité d'eau par le débit moyen (100 l/mn) de la motopompe nous donne le temps d'arrosage de chaque mode d'irrigation. La consommation en carburant et lubrifiant par heure de la motopompe multipliée par le temps d'arrosage nous donnera les dépenses totales relatives aux frais de carburant et lubrifiant. Le coût d'utilisation de la motopompe sera donc égale à la somme des frais d'amortissement de la motopompe plus les frais de carburant et lubrifiant.

Les frais d'amortissement seront calculés sur la base du prix d'achat de la motopompe, sa durée de vie et de son temps d'utilisation qui est le nombre de jours d'arrosage.

Au niveau du budget n'apparaîtront que les montants dépassant ceux du traitement le moins coûteux.

Le coût relatif aux opérations post-récolte concerne le prix du sac en jute (650 FCFA l'unité) et le coût de la manutention (ensachage plus transport du champ au magasin) qui est de 200 FCFA par sac. Notons que les sacs généralement utilisés dans le transport de l'oignon sont toujours des sacs de seconde main.

- Le calcul du revenu

Le revenu obtenu sera égal au produit du rendement réajusté par le prix au producteur du kilogramme de l'oignon au moment de la récolte. Le prix moyen du kilogramme d'oignon dans le marché de Pitoa au moment de la récolte, c'est-à-dire au mois d'avril, était de 67,5 Fcfa. L'utilisation du rendement ajusté répond au souci de mieux représenter la réalité paysanne. En effet, le paysan n'ayant pas la même rigueur dans la gestion des modes d'irrigation et les tailles des parcelles n'étant pas les mêmes, ce réajustement s'avère nécessaire. Le paysan généralement travaille sur des parcelles d'un quart d'hectare. Le réajustement généralement proposé dans la méthodologie notamment celle du CIMMYT (International Maize and Wheat improvement centre) est de 10%

- Le calcul du bénéfice

Le bénéfice sera le revenu diminué du différentiel des charges variables (main-d'œuvre additionnelle, utilisation de la motopompe, post récolte).

Tableau 1
Résultats de l'analyse de variance du rendement dans les quatre sites

	Kismatari	Lagdo	Ouro mal Hamadou	Tchontchi	Total
Probabilité	0,0154	0,0004	0,085	0,0002	
T1 (T/ha)	38 A	37 A	70 Ns	80 A	56,25
T2 (T/ha)	32 A	37 A	68 Ns	62 B	49,75
T3 (T/ha)	21 B	20 B	51 Ns	46 C	34,50

Dans une même colonne, les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes selon le test de Newman-Keuls.

Les résultats obtenus varient suivant le type de sol. Sur sol argileux, les traitements T1 et T2 sont équivalents et supérieurs à T3. Sur sol argilo-sableux, les trois traitements sont équivalents. Sur sol sablo-argileux où le drainage est bon, la supériorité du traitement T1 par rapport à T2 et T3 est nette. En effet, dans de tels sols, le traitement T2 ou T3 ne peut être conseillé que dans le cas d'un problème phytosanitaire que l'on veut éviter soit en champ soit en stock.

Le traitement T3 irrigue moins, mais nécessite de définir un seuil pour le déclenchement de l'irrigation. Comme ce seuil n'a pas été bien choisi, T3 n'est pas rentable et n'a pas atteint l'objectif escompté. Nous n'allons faire les comparaisons économiques qu'entre T1 et T2.

3. Résultats

Avantages comparatifs mis en évidence pendant le test

Nous citons ci-dessous les différents éléments mis en évidence pendant l'exécution de l'essai et qui vont dans le sens des avantages liés aux traitements T2 et T3; i) la rapidité dans la récolte, ii) la récolte est effectuée sans blesser les bulbes ou du moins en blessant très peu par rapport à la récolte sur T1, car ceux-ci sont visibles parce qu'une bonne partie des bulbes est hors du sol, iii) le sarclage est nettement plus rapide, iv) la raie permet d'irriguer une plus grande surface avec un nombre limité de personnes. La principale contrainte des traitements T2 et T3 est le surplus de travail nécessaire pour la confection des billons.

Tableau 2
Budget partiel à la récolte

Rubrique	Niveau d'intensification	
	T1	T2
Rendement moyen (kg/ha)	56 250	49 750
Rendement ajusté (-10%)	50 625	44 775
Revenu brut de la production (FCFA)	3 417 188	3 022 313
Coûts variables, d'opportunité (FCFA)		
Variation des temps de travaux (JT)*		
- Confection des billons	0	104
- Epannage engrais	0	73
- Désherbage	42	0
- Irrigation	26	26
- Récolte	14	0
Temps de travaux total	82	203
Variation totale des temps de travaux	0	121
Taux journalier (FCFA)	750	750
Total coût d'opportunité	0	90 750
Coûts variables monétaires (FCFA)		
- Variation amortissement motopompe		
- Variation carburant et lubrifiant	11 715	11 715
- Post-récolte (850Fcfa/sac)	62 220	62 220
Total coûts variables monétaires	433 500	380 800
	507 435	454 735
Coûts variables totaux	507 435	545 485
Bénéfice (Fcfa)		
	2 909 753	2 476 828
Différence (FCFA)	432 925	-

*Dans la comparaison des coûts de production, le coût le moins cher est égal à zéro.

En effet, lors du test, les paysans ont réalisé ce travail à la main et sur de petites superficies (3 m x 3 m). Afin de rendre l'innovation compétitive, une fiche technique a été rédigée afin d'explicitier la réalisation de ce travail avec une paire de bœufs ou avec un tracteur. Quand cette importante contrainte est levée, la technique devient très avantageuse.

3.1. Analyse de variance sur les rendements en bulbes

3.1.1 A Kismatari

L'analyse de variance donne une probabilité de 0,0154; le test est significatif au seuil de 5%; des différences existent entre les traitements. Ainsi, les traitements T1 et T2 sont semblables mais significativement différents du traitement T3 au seuil de 5% (Tableau 1).

3.1.2 A Lagdo

L'analyse de variance donne une probabilité de 0,0004; le test est hautement significatif (seuil de 1%); des différences existent entre les traitements. Comme à Kismatari, les traitements T1 et T2 sont semblables mais significativement différents du traitement T3 au seuil de 1% (Tableau 1).

3.1.3 A Ouro mal hamadou

L'analyse de variance donne une probabilité de 0,085 c'est-à-dire supérieure au seuil de 5%; le test n'est pas significatif. Les trois traitements sont semblables (Tableau 1).

3.1.4 A Tchontchi

L'analyse de variance donne une probabilité de 0,0002; c'est-à-dire que le test est hautement significatif. Les trois traitements sont différents: T1 est supérieur à T2 et T3, T2 est supérieur à T3 (Tableau 1).

3.2 Résultats économiques

3.2.1 Vente à la récolte

3.2.1.1 Budget partiel

Les rendements moyens obtenus à partir des 4 sites (Tableau 2) serviront de base au calcul économique. Le prix au kilogramme est de 67,5 FCFA

3.2.2 Vente après stockage

3.2.2.1 Budget partiel

Le prix du kilogramme est de 405 FCFA et la perte après stockage sur T1 est estimée à 20% (Tableau 3).

4. Discussion

L'intérêt de l'adoption de T2 réside dans la production des oignons pour la conservation en vue d'une vente différée dans le temps. Il est donc intéressant pour des paysans qui produisent en moyenne et en grande quantité, et disposant de magasins adaptés pour la conservation de l'oignon. Produire en grande quantité et le brader à la récolte n'est pas intéressant pour tout producteur (6). Nous savons que le traitement T2 favorise l'obtention d'un meilleur rendement

Tableau 3
Budget partiel après stockage

Rubrique	Niveau d'intensification	
	T1	T2
Rendement (kg/ha)	50 625	44 775
Perte sur T1 (-20%) (kg/ha)	40 500	-
Revenu brut après stockage	16 402 500	18 133 875
Coût variable d'opportunité: (Elimination des bulbes pourris, JT)	20 15 000	0
Total Coût variable d'opportunité (FCFA)		0
Total coût variable monétaire:	507 435	545 485
Coûts variables à la récolte	522 435	545 485
Coûts variables totaux (FCFA)	15 880 065	17 588 390
Bénéfice (FCFA)		
Différence (FCFA)	-	1 708 325

utile (quantité de bulbe apte à la conservation) (3, 8, 10) par rapport à T1. Grâce à la bonne qualité des bulbes produits avec T2, la production avec cette technique peut être vendue dans les marchés étrangers. Cette opportunité ne doit pas être négligée des producteurs car le prix de vente sera alors

meilleur que celui utilisé pour les calculs économiques dans ce travail. Toutefois pour des petits producteurs dont la production est destinée au marché local à la récolte, la technique traditionnelle (T1) reste la plus indiquée.

5. Conclusion

La mécanisation du goulot d'étranglement de l'innovation (T2) à savoir la confection des billons avec une paire de bœufs (voir fiche technique en annexe)*, a permis son acceptation par les paysans et sa compétitivité. En effet, elle a fait baisser les temps de travaux de 104 JT en confection manuelle à 10 JT en confection mécanisée aux bœufs (culture attelée). Le calcul économique fait ressortir un bénéfice marginal 4 fois supérieur, passant de 432. 925 FCFA avec T1 pour une vente à la récolte à 1 708 325 FCFA avec T2 pour une vente après stockage. Toutefois, si la production de T2 est vendue après la récolte, l'investissement a été fait à perte. Mais si la production est stockée pour une vente différée, on obtient un bénéfice substantiel et l'investissement est profitable.

Il est important de préciser que lorsque la vente à l'exportation est possible (Gabon, Congo, Guinée Equatoriale et Union Européenne), le bénéfice actuel (1. 708 .325 FCFA) peut être amélioré.

Références bibliographiques

- Currah L. & Protor F.J., 1993, La culture et la conservation de l'oignon sous les tropiques. CTA/NRI, Wageningen, 161 pp.
- d'Arondel de Hayes J., 1993, Etude des agro-systèmes horticoles au Nord-Cameroun, rapport de mission. Projet Garoua, Cirad-CA, Montpellier, 36 pp.
- de la Chapelle G. & Duplessis R., 1977, Compte rendu des essais d'oignon effectués à Kousséri durant la campagne 1976-1977. BDPA, Paris, 16 pp.
- Gale J., Kohl H.C. & Hagen R.M., 1967, Changes in the water balance and photosynthesis of onion, bean and cotton plants under saline conditions. *Physiologia Plantarum*, vol. **20**, pp. 408-420.
- Inyang A.O., 1966, Onion cultivation in Northern Nigeria. *Samaru Agricultural Newsletter*, **8**, 5, 60-66.
- Moustier P. & d'Arondel de Hayes J., 1994, Maraîchage au Nord-Cameroun: premier diagnostic agro-économique. CIRAD-CA, Montpellier, 67 pp.
- Rabinovitch H.D & Brewster J.L., 1990, Onion and allied crops. Vol. **1**, **2** and **3**. CRC Press, Boca Raton, Floride.
- Rosset J.M., 1982, Rapport final des travaux effectués sur l'oignon dans le cadre du projet FSAR de 1979 à 1982. DGRST/IRA, Cameroun, 26 pp.
- Soares J.M. & Wanderley L.J.D. 1985, Influência de métodos de irrigação sobre a produção de cebola no submedio São Francisco. *Boletim de pesquisa*, Centro de Pesquisa Agro Pecuária do Tropic Semi-árido, pp. 23-28.
- Tchari B., Yacoubou A., Zeukeng G., Gastel G., Ritsche K. & Scheckenbach W., 1989, Expérimentation sur les cultures irriguées dans la vallée de la Bénoué: MEAVSB, GTZ. Ferme expérimentale de Karéwa, Garoua, Cameroun. 229 p.

M. M'Biandoun, Camerounais, Agronome, DEA, Chargé de Recherche, Chef de section système de culture, IRAD, Garoua, Cameroun.

T. Essang, Camerounais, Agro-économiste, Ingénieur agronome, Attaché de recherche, IRAD, Bertoua, Cameroun.

*Fiche technique peut être consultée sous références M'biandoun M. & Kanga Tchayé F. 2006. Irrigation de l'oignon cultivé sur billons sur terrain plat. IRAD, BP. 415, Garoua, Cameroun, 2 pages. mbiandounm@yahoo.fr

Diagnostic sérologique des isolats soudano-sahéliens du virus de la panachure jaune du riz (*Rice Yellow Mottle Virus*, RYMV)

O. Traoré^{*1}, E.V.S. Traoré¹, M.Y.D. Gumedzo² & G. Konaté¹

Keywords: Phytovirus- Broad-spectrum Polyclonal Antibody- Sudano-Sahelian zone – Burkina Faso

Résumé

Le virus de la panachure jaune du riz (ou Rice Yellow Mottle Virus, RYMV) est le virus causant le plus de dommages sur le riz en Afrique. La sérologie est un moyen facile et rapide de détection du RYMV mais la plupart des anticorps polyclonaux anti-RYMV disponibles réagissent faiblement avec certains isolats viraux, compromettant ainsi la fiabilité de cette technique. Un anticorps polyclonal à large spectre a été préparé pour permettre une meilleure détection sérologique du virus de la panachure jaune du riz. Il a permis d'identifier le virus dans près de 500 échantillons de feuilles de riz et de poacées sauvages collectés dans cinq pays d'Afrique de l'ouest et du centre (Burkina Faso, Cameroun, Mali, Tchad et Togo). L'*Eragrostis atrovirens* collectée au Mali a été nouvellement identifiée comme hôte naturel du virus. Les isolats ainsi caractérisés ont permis de constituer une collection de référence du RYMV, représentative des savanes soudano-sahéliennes d'Afrique de l'ouest et du centre. La collection ainsi mise en place est un support important pour la connaissance de la variabilité du RYMV indispensable à la sélection de variétés de riz dotées d'une résistance stable au virus. Cette collection constitue le point de départ d'une banque de phytovirus devant s'enrichir progressivement et s'étendre par la suite à d'autres pathogènes de plantes d'intérêt dans la zone soudano-sahélienne.

Introduction

La riziculture africaine est fortement affectée par la maladie de la panachure jaune du riz qui cause des pertes de récolte de 20 à 100% (1). L'agent pathogène responsable est le virus de la panachure jaune du riz ou *Rice yellow mottle virus* (RYMV), membre du genre *Sobemovirus* (9). Le RYMV provoque des symptômes de panachure jaune ou de mosaïque striée sur les feuilles des plants infectés. Il a été rapporté dans la plupart des zones de culture du riz en Afrique sub-saharienne où il affecte tous les types de riziculture (14).

Le RYMV est facilement transmis au laboratoire par inoculation mécanique qui consiste à frotter les feuilles d'une plante saine avec un broyat de feuilles d'une plante malade (4). Ses vecteurs naturels sont les coléoptères tels que *Trichispa sericea*, *Chatochnema* spp. et *Sesselia pussilla*, le vent et certains mammifères comme les rats, les bovins ou les ânes (17, 18).

Expérimentalement, près de 30 espèces de poacées ont été identifiées comme hôtes du virus (5) mais les hôtes naturels sont encore très peu connus. En effet, en dehors des deux espèces cultivées de riz (*Oryza sativa* et *O. glaberrima*), on ne compte parmi eux que quatre autres espèces de poacées : *Ischaemum rugosum*, *Echinochloa colona*, et les riz sauvages *O. barthii* et *O. longistaminata* (13).

L'identification des hôtes naturels du RYMV se heurte à quelques problèmes majeurs. En effet, le virus infecte certains hôtes sans induire de symptômes visibles (5). De plus, la

Summary

Serological Diagnosis of Sudano-Sahelian Isolates of Rice Yellow Mottle Virus (RYMV)

Rice Yellow Mottle Virus (RYMV) is the most damaging virus infecting rice in Africa. Serology is a suitable detection method for RYMV but most available anti-RYMV polyclonal antibodies react poorly with some isolates of the virus, which undermine the reliability of the method. A broad-spectrum polyclonal antibody was raised against Rice Yellow Mottle Virus (RYMV) in order to improve the serological detection of the virus. This antibody was used to diagnose the virus in field samples collected from both irrigated and upland rice and wild host plants in five West and Central African countries (Burkina Faso, Cameroon, Chad, Mali and Togo). RYMV was readily detected in about 500 samples whereas a new natural host species (*Eragrostis atrovirens*) collected from Mali was identified. The viral isolates gathered in this study constitute the starting point for a reference collection of plant viruses in the Sudano-Sahelian region. This collection will be particularly useful for the assessment of RYMV variability which is a key factor in developing rice varieties with stable resistance to the virus.

seule présence de symptômes est insuffisante comme outil de diagnostic. Par exemple, certaines carences minérales notamment celles en fer provoquent des symptômes de jaunissement pouvant être confondus avec les symptômes induits par le RYMV (19). Le diagnostic du RYMV par la sérologie a alors été souvent utilisé comme méthode de choix car le virus est très immunogène et n'a pas de relation sérologique connue avec aucun autre virus (6).

L'application de la sérologie pour la caractérisation d'isolats soudano-sahéliens du RYMV a permis d'identifier trois sérogroupes nommés S_I, S_{II} et S_{III} (13). Les isolats du séro groupe S_I peuvent être très facilement détectés en raison de leurs fortes réactions avec les anticorps polyclonaux Pab-BF1 et Pab-N préparés respectivement contre un isolat RYMV du Burkina Faso et un isolat du Nigeria. Par contre, les isolats des sérogroupes S_{II} et S_{III} sont très faiblement détectés par les deux anticorps polyclonaux. Cette insuffisance de détection compromet alors la fiabilité des tests sérologiques comme outil de diagnostic du RYMV. La production d'anticorps prenant en compte les trois variants sérologiques du virus devrait permettre un bon diagnostic du RYMV.

Au cours de ce travail, nous avons produit un anticorps polyclonal à large spectre afin de pouvoir détecter efficacement le RYMV. Cet anticorps a été ensuite utilisé pour diagnostiquer le virus dans des échantillons de feuilles de riz et de poacées sauvages provenant de cinq pays

¹Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 01 BP 476, Ouagadougou 01, Burkina Faso.

²Ecole Supérieure d'Agronomie, Université de Lomé, BP 1515, Lomé, Togo.

*Auteur pour correspondance: Oumar Traoré, Tel: +226 50319202 Fax: +226 50340271; Courriel: traoreo@liptinfor.bf

Reçu le 27.04.06 et accepté pour publication le 16.04.07.

(Burkina Faso, Cameroun, Mali, Tchad et Togo) pour constituer une collection d'isolats du virus, représentative des savanes soudano-sahéliennes. Cette collection est indispensable pour une stratégie adéquate de lutte génétique contre la panachure jaune du riz et qui tient compte de la biodiversité du RYMV.

Matériel et méthodes

Des isolats du RYMV appartenant à chacun des trois sérogroupes du RYMV identifiés dans la zone soudano-sahélienne (13) ont été purifiés suivant le protocole de Bakker à partir de feuilles de riz infecté (5). Les trois sérogroupes ont été ensuite mélangés à proportions égales et injectés dans un lapin comme décrit par Konaté *et al.* (13) afin de produire un anticorps polyclonal à large spectre. L'anticorps obtenu (Pab-BF2) a été comparé aux anticorps polyclonaux Pab-BF1 et Pab-N et à un anticorps polyclonal (Pab-Mg) préparé contre un isolat malgache du RYMV (15). Le Pab-Mg, fourni par le Dr. D. Fargette (IRD-Montpellier, France), avait été rapporté comme anticorps capable de détecter plus ou moins efficacement le RYMV en comparaison avec d'autres anticorps polyclonaux (15). Chacun des quatre anticorps (Pab-BF1, Pab-N, Pab-BF2 et Pab-Mg) a été conjugué à la phosphatase alcaline suivant la méthode décrite par Avrameas (3). Leurs capacités à détecter les différents variants du RYMV ont été évaluées par la méthode double anticorps sandwich directe (DAS) du test immunoenzymatique ELISA (*Enzyme-linked immunosorbent assay*) (7).

Pour collecter les échantillons de plantes susceptibles d'abriter le RYMV, des prospections ont été faites dans les savanes soudano-sahéliennes (400 à 1100 mm de pluies par an) de quatre pays (Burkina Faso, Cameroun, Mali, Tchad) et dans le sud du Togo en zone de savane humide (plus de 1200 mm de pluies par an). Deux à trois feuilles ont été ainsi prélevées sur des plants de riz et de poacées sauvages présentant des symptômes de panachure ou de mosaïque à l'intérieur et autour des rizières. La taxonomie des poacées sauvages a été déterminée à l'aide du guide des adventices du riz (10) et du guide des adventices d'Afrique de l'Ouest (2).

Dans chaque cas, des feuilles ont aussi été collectées chez des plants sans symptômes pour servir de témoins négatifs. Les échantillons collectés dans des sachets plastiques ont été immédiatement placés sur de la glace avant d'être transférés dans la semaine au laboratoire de Virologie et de Biotechnologies Végétales (Burkina Faso) dans un congélateur (-20 °C). Chaque échantillon a été conservé en trois lots, l'un servant de lot de référence dans la collection et les deux autres servant à réaliser les tests de caractérisation biologique et sérologique.

Pour la caractérisation biologique, 1 g de feuilles ont été broyées dans 10 ml de tampon phosphate de sodium 0,1M pH 7 à l'aide d'un mortier en porcelaine. L'extrait obtenu a été ensuite utilisé pour inoculer mécaniquement 10 plantules de riz (âgées de deux semaines) de la variété BG90-2, très sensible au RYMV et maintenues dans une serre à l'abri des insectes. Les plants ont été observés pendant un mois pour

l'apparition de symptômes de panachure. Lorsque le riz avait été infecté à partir de l'extrait d'une espèce sauvage de plante, un test de transmission retour à cette espèce a été réalisé afin de confirmer son statut d'hôte du RYMV.

Pour la caractérisation sérologique, les extraits de feuilles ont été testés en trois répétitions à l'aide de la technique ELISA double anticorps sandwich direct comme décrit par Clark et Adams (7). Les réactions positives ou négatives ont été déterminées en mesurant les absorbances à 405nm (A_{405nm}) à l'aide d'un lecteur automatique de plaque ELISA de type Metertech Σ960. Un extrait a été considéré comme positif si les absorbances obtenues étaient supérieures à la moyenne des absorbances du témoin négatif plus trois fois l'écart-type (16).

Résultats et discussion

Capacité de détection du RYMV par les anticorps polyclonaux

L'anticorps polyclonal anti-RYMV Pab-BF2 a détecté efficacement chacun des trois sérogroupes S_I , S_{II} et S_{III} du RYMV avec un titre supérieur à 1/125.000 en ELISA. Ce résultat confirme ceux obtenus par plusieurs auteurs (5, 8) indiquant la forte immunogénicité du RYMV. Par ailleurs, les réactions aspécifiques entre l'anticorps et les extraits de feuilles de plants de riz ou de poacées sains ont toujours été faibles (A_{405nm} inférieures à 0,075). Les fortes absorbances (plus de 1,8) obtenues en utilisant le Pab-BF2 (Tableau 1) montrent la bonne capacité de détection du RYMV par cet anticorps.

L'anticorps Pab-Mg a présenté une capacité de détection des trois sérogroupes du RYMV similaire à celle du Pab-BF2. L'utilisation des anticorps Pab-BF1 et Pab-N n'a pas permis de détecter convenablement ($A_{405nm} < 0,6$) les sérogroupes S_{II} et S_{III} du RYMV confirmant ainsi les résultats précédemment acquis avec ces deux variants du virus (13). Contrairement au cas du Pab-BF2 et du Pab-Mg, le diagnostic du RYMV utilisant le Pab-BF1 ou le Pab-N n'est pas approprié dans la mesure où ces deux anticorps ne détectent pas de façon fiable certains isolats du virus notamment ceux des sérogroupes S_{II} et S_{III} .

Détection du RYMV dans les échantillons

L'utilisation de l'anticorps anti-RYMV Pab-BF2 pour confirmer la présence du virus dans les échantillons de feuilles collectés a montré que le RYMV a été détecté dans 496 échantillons de plantes sur un total de 542 analysés (Tableau 2). Les extraits de feuilles saines ont produit des absorbances atteignant seulement 0,08, ce qui correspond à un seuil de détection maximum de 0,24. Or, pour l'ensemble des échantillons positifs, les absorbances (A_{405nm}) ont toutes été supérieures à 1 après deux heures d'incubation du substrat, montrant ainsi une détection sans équivoque du virus.

L'inoculation mécanique à la variété de riz sensible BG90-2 à partir de l'ensemble des échantillons collectés a aussi permis d'obtenir des symptômes de panachure pour tous les échantillons positifs en ELISA, confirmant ainsi les résultats

Tableau 1
Réactivité de quatre anticorps polyclonaux anti-RYMV vis-à-vis des trois sérogroupes soudano-sahéliens du RYMV

Sérogroupe	Anticorps anti-RYMV			
	Pab-BF	Pab-N	Pab-Mg	Pab-BF2
S_I	4*	4	4	4
S_{II}	0-1	0-1	3-4	4
S_{III}	0-1	0-1	4	4

(*) Les chiffres sont les scores représentant l'intensité des réactions ELISA après 2h d'incubation du substrat (15): 4 ($A_{405nm} > 1,8$), 3 ($1,2 < A_{405nm} \leq 1,8$), 1 ($0,3 < A_{405nm} \leq 0,6$) et 0 ($A_{405nm} < 0,3$).

Tableau 2
Identification du RYMV dans les échantillons de riz et de poacées sauvages

Espèce de plante (Pays)	Symptômes*	Détection du RYMV
(Burkina Faso)		
<i>Eleusine indica</i>	mos	0/1**
<i>Imperata cylindrica</i>	pj	0/11
<i>Oryza longistaminata</i>	pj, pv, mos striée	54/54
<i>O. sativa</i>	pj, pv	85/85
(Cameroun)		
<i>Acroceras zizanioides</i>	Mos avec stries fines	0/1
<i>Echinochloa colona</i>	mos + bandes chlorotiques	1/2
<i>Eragrostis</i> spp.	pv	1/1
<i>Oryza longistaminata</i>	pj	6/6
<i>O. sativa</i>	pj	65/65
<i>O. barthii</i>	pj	1/1
<i>Panicum subalbidum</i>	pj	0/1
<i>Sacciolepis africana</i>	mos + bandes chlorotiques	0/2
<i>Setaria longisetata</i>	jaunissement	0/1
(Mali)		
<i>Acroceras zizanioides</i>	mos jaune striée	0/5
<i>Cynodon dactylon</i>	jaunissement	0/4
<i>Cyperus</i> sp.	jaunissement	0/2
<i>Echinochloa colona</i>	mos	1/3
<i>Eragrostis atrovirens</i>	mos striée	1/1
<i>Imperata cylindrica</i>	pj, pv striée	0/3
<i>Oryza longistaminata</i>	pj, pv, mos striée	53/53
<i>O. sativa</i>	pj, pv	164/164
<i>O. barthii</i>	pj	19/19
<i>Rottboellia exaltata</i>	mos jaune striée	0/3
(Tchad)		
<i>Cynodon dactylon</i>	mos jaune	0/1
<i>Oryza longistaminata</i>	pj	5/5
<i>O. sativa</i>	pj	19/19
<i>Sacciolepis africana</i>	mos + bandes chlorotiques	0/1
(Togo)		
<i>Imperata cylindrica</i>	pj striée	0/2
<i>Leersia hexandra</i>	striure	0/3
<i>Oryza longistaminata</i>	Taches nécrotiques	0/2
<i>O. sativa</i>	pj	21/21

(*) pj: panachure jaune, pv: panachure verte, mos : mosaïque, chl : chlorotique

(**) Nombre d'échantillons positifs/nombre d'échantillons testés par sérologie (ELISA) et par transmission mécanique au riz sensible BG90-2.

du test sérologique. Tous les échantillons de riz (*Oryza* spp) cultivé ou sauvage collectés sur base de symptômes de panachure ont été identifiés comme positifs. Deux échantillons de riz sauvage *O. longistaminata* prélevés au Togo ont donné des réactions négatives mais ils portaient des symptômes constitués uniquement de taches nécrotiques probablement causées par le champignon pathogène *Pyricularia oryzae*. Ces résultats montrent ainsi que chez le riz cultivé ou sauvage il y a une bonne adéquation entre l'observation des symptômes de panachure et la détection sérologique du RYMV. L'observation des symptômes de panachure pourrait alors fournir des résultats satisfaisants pour l'estimation de l'incidence du RYMV dans les champs de riz.

En plus des deux riz sauvages (*O. barthii* et *O. longistaminata*), le RYMV a pu être détecté chez seulement trois autres espèces de poacées sauvages sur 13 collectées: *Echinochloa colona*, *Eragrostis atrovirens* et *Eragrostis* spp. La détection sérologique du virus chez ces trois espèces a été par ailleurs confirmée par les tests de transmission retour aux espèces d'origine (résultats non présentés).

Douze espèces du genre *Eragrostis* ont été identifiées

comme faisant partie de la gamme d'hôtes du RYMV (5). Cependant, elles peuvent seulement être considérées comme des sources potentielles d'inoculum car aucune n'avait été identifiée en situation d'infection naturelle. *E. atrovirens* est une graminée très répandue dans les zones de savane d'Afrique de l'Ouest et du centre où elle pousse abondamment dans les champs (2). En tant que plante vivace et hôte naturel du RYMV, elle peut aussi servir de refuge pour le virus dans la végétation. *Echinochloa colona* avait déjà été rapporté comme hôte naturel du virus (13). Malgré la similitude des symptômes observés chez les cinq échantillons collectés pour cette espèce, nos résultats ont montré que seulement deux des échantillons contenaient le RYMV. L'absence de détection du virus dans les autres échantillons suggère que les symptômes observés sont d'origine physiologique ou causés par d'autres agents pathogènes infectant *E. colona* dans la zone soudano-sahélienne. Chez cette espèce et contrairement au cas du riz, l'observation des symptômes ne permet pas l'identification du RYMV sans recourir à d'autres méthodes complémentaires de diagnostic comme la sérologie.

Chez les dix espèces de plantes restantes, aucune détection du RYMV n'a été faite même si certaines d'entre elles comme *Imperata cylindrica* et *Rottboellia exaltata*, présentaient des symptômes typiques de panachure jaune tels qu'observés chez le riz. L'environnement microclimatique des rizières, en particulier l'humidité permet la croissance de nombreuses espèces de poacées tout au long de l'année. La disponibilité de ces poacées est un facteur favorable à la présence et au maintien d'autres virus (12). Récemment, une maladie caractérisée par des symptômes de panachure jaune causés par un virus différent du RYMV a été signalée chez *Imperata cylindrica*, poacée fréquente dans certaines rizières d'Afrique de l'Ouest (11). La non détection du RYMV dans aucun des 16 échantillons de *I. cylindrica* analysés au cours de ce travail, suggère qu'il s'agirait de cette maladie.

Tous les isolats du RYMV identifiés au cours de cette étude sont en conservation à l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) au Burkina Faso. Ils sont maintenus dans les feuilles de riz (BG90-2) obtenues après un cycle de propagation du virus mais certains existent aussi sous forme originale telle que prélevée au champ. Ces isolats constituent l'embryon d'une collection de virus de plantes qui intégrera progressivement d'autres virus ou pathogènes de plantes en zone soudano-sahélienne. Les collections d'agents pathogènes de plantes sont particulièrement utiles pour la conservation de la biodiversité microbiologique, la mise au point d'outils de diagnostic pour une meilleure connaissance et une bonne gestion des maladies de plantes.

Malgré leur importance, les collections de pathogènes sont rares sur le continent africain qui en possède seulement 13 sur environ 500 répertoriées dans le monde (20). La collection d'isolats du RYMV représentatifs de la zone soudano-sahélienne sera sans aucun doute d'un apport appréciable pour la lutte génétique engagée contre le virus par la plupart des instituts nationaux de recherche agronomique des pays ouest-africains. En effet, elle permettra l'étude de la variabilité du virus nécessaire au développement de variétés de riz à résistance durable. Elle permettra aussi de tester de façon satisfaisante la résistance des variétés au virus tout au long de leur processus de création.

Remerciements

Nous remercions nos collègues des instituts de recherche agronomique du Cameroun (Dr Julius Takow et son équipe, Mr Boniface Binzi) et du Tchad (Dr Sougnabé Pabamé et Mr Moundibaye Allarangaye) pour leur précieuse aide lors des prospections dans ces deux pays. Nous remercions également le Dr Denis Fargette (IRD, Montpellier, France) pour avoir fourni l'anticorps anti-RYMV Pab-Mg.

Références bibliographiques

1. Abo M.E., Sy A.A. & Alegbejo M.D., 1998, *Rice Yellow Mottle Virus* (RYMV) in Africa: evolution, distribution, economic significance on sustainable rice production and management strategies. *J. Sust. Agric.* **11**, 85-111.
2. Akobundu I.O. & Agyakwa C.W., 1989, Guide des adventices d'Afrique de l'Ouest. Institut International d'Agriculture Tropicale, Ibadan, Nigeria, 522 p.
3. Avrameas S., 1969, Coupling of enzymes to proteins with glutaraldehyde. Use of the conjugates for the detection of antigens and antibodies. *Immunochimistry* **6**, 43-52.
4. Bakker W., 1970, *Rice Yellow Mottle Virus*. A mechanically transmissible virus disease of rice in Kenya. *Neth. J. Plant Pathol.* **76**, 53-63.
5. Bakker W., 1974, Characterisation and ecological aspects of *Rice Yellow Mottle Virus* in Kenya. Thèse de doctorat, Université de Wageningen, 152 p.
6. Calvert L.A., Koganezawa H., Fargette D. & Konate G., 2003, Rice pp. 269-294, in: G. Loebenstein & G. Thottappilly (Editors), *Virus and virus-like diseases of major crops in developing countries*, Kluwer, Dordrecht, 800 p.
7. Clark M.F. & Adams A.N., 1977, Characteristics of a microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for detection of plant viruses. *J. Gen. Virol.* **34**, 475-483.
8. Fauquet C. & Thouverel J.C., 1977, Isolation of Rice Yellow Mottle Virus in Ivory Coast. *Plant Dis. Rep.* **61**, 443-446.
9. Hull R. & Fargette D., 2005, Sobemoviruses pp. 885-890 in: C.M. Fauquet, M.A. Mayo, J. Maniloff, U. Desselberger & L.A. Ball (Editors), *Virus taxonomy. Classification and nomenclature of viruses. Eight report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*, Elsevier/Academic Press, London, 1162 p.
10. Johnson D.E., 1997, Les adventices en riziculture en Afrique de l'ouest. ADRAO/WARDA, Bouaké, Côte d'Ivoire, 312 p.
11. Kaboré I., 2002, Etiologie de la panachure jaune du chiendent (*Imperata cylindrica*). Mémoire de fin d'études d'ingénieur agronome, Université de Bobo-Dioulasso, 50 p.
12. Konaté G. & Traoré O., 1992, Les hôtes réservoirs de la striure du maïs (MSV) en zone soudano-sahélienne: identification et distribution spatio-temporelle. *Phytoprotection*, **73**, 111-117.
13. Konaté G., Traoré O. & Coulibaly M.M., 1997, Characterization of *Rice Yellow Mottle Virus* isolates in Sudano-Sahelian areas. *Arch. Virol.* **142**, 1117-1124.
14. Kouassi N.K., N'Guessan P., Albar L., Fauquet C. & Brugidou C., 2005, Distribution and characterization of *Rice Yellow Mottle Virus*: a threat to African farmers. *Plant Dis.* **89**, 124-132.
15. N'Guessan P., Pinel A., Caruana M.L., Frutos R., Sy A., Ghesquière A. & Fargette D., 2000, Evidence of the presence of two serotypes of rice yellow mottle sobemovirus in Côte d'Ivoire. *Eur. J. Plant Pathol.* **106**, 167-178.
16. Peterschmitt M., Chatenet M. & Baudin P., 1987, Application de la méthode ELISA au diagnostic des virus du maïs. *L'Agron. Trop.* **42**, 131-138.
17. Sarra S. & Peters D., 2003, *Rice Yellow Mottle Virus* is transmitted by cows, donkeys and grass rats in irrigated rice crops. *Plant Dis.* **87**, 804-808.
18. Sarra S., Oevering P., Guindo S. & Peters D., 2004, Wind-mediated spread of *Rice Yellow Mottle Virus* (RYMV) in irrigated rice crops. *Plant Pathol.* **53**, 148-153.
19. Thottappilly G. & Rossel H.W., 1993, Evaluation of resistance to *Rice Yellow Mottle Virus* in *Oryza* species. *Indian J. Virol.* **9**, 65-73.
20. Winter S. & Adam G., 2001, Pathogen collections, present situations and future challenges. *J. Plant Pathol.* **83**, 83-88.

O. Traoré, Burkinabé, Docteur d'Etat ès-science, Chargé de recherche, Chercheur en virologie des plantes à l'INERA, Burkina Faso.

E.V.S. Traoré, Burkinabé, DUT Biochimie-Microbiologie, Technicien supérieur au Laboratoire de Virologie et de biotechnologies Végétales, INERA, Burkina Faso.

M.Y.D. Gumedzoé, Togolais, PhD, Professeur titulaire, Enseignant-chercheur à l'Ecole Supérieure d'Agronomie, Université de Lomé, Togo.

G. Konaté, Burkinabé, Docteur d'Etat ès-science, Directeur de Recherche, Chercheur phytovirologiste à l'INERA, Burkina Faso.

Effect of *Plectranthus glandulosus* and *Ocimum gratissimum* Essential Oils on Growth of *Aspergillus flavus* and Aflatoxin B₁ Production

N.L. Tatsadjieu^{1*}, F.-X. Etoa³, C.M.F. Mbofung¹ & M.B. Ngassoum²

Keywords: Natural fungicide- Aflatoxin- Essential oil- β -terpinene- Terpinolene- Thymol- Minimal inhibitory concentration- Cameroon

Summary

Essential oils of *Ocimum gratissimum* and *Plectranthus glandulosus* leaves were extracted by steam distillation and analysed by GC-MS, and their effects on growth and aflatoxin B₁ production by *Aspergillus flavus* were tested at five levels (i.e 200, 400, 600, 800 and 1000 mg/l) using SMKY agar medium. The main components of *O. gratissimum* were thymol (47.7%) and β -terpinene (14.3%) whereas those of *P. glandulosus* were represented by β -terpinene (30.8%) and terpinolene (25.2%). After 8 days of incubation on essential oil-supplemented medium, growth of *A. flavus* was totally inhibited by 800 mg/l of *O. gratissimum* essential oil and by 1000 mg/l of *P. glandulosus* essential oil. The effect of essential oils on aflatoxin B₁ synthesis was evaluated in SMKY broth. The medium supplemented with different essential oil concentrations, was inoculated with *A. flavus* mycelium and incubated at 25 °C. At 2, 4, 6 and 8 days, aflatoxin B₁ concentrations in the supernatant were estimated using Enzyme Linked Immuno-Sorbent Assay (ELISA). Results showed that aflatoxin B₁ synthesis was inhibited by 1000 mg/l of both essential oils of *O. gratissimum* and *P. glandulosus* after 8 days of incubation. Results obtained in the present study indicate the possibility of exploiting *O. gratissimum* and *P. glandulosus* essential oils in the fight against strains of *A. flavus* responsible for biodeterioration of stored food products.

Résumé

Effet des huiles essentielles de *Plectranthus glandulosus* et d'*Ocimum gratissimum* sur la croissance et la production d'aflatoxine B₁ par *Aspergillus flavus*

Les huiles essentielles des feuilles d'*Ocimum gratissimum* et de *Plectranthus glandulosus* ont été extraites par hydrodistillation et analysées par CPG/SM et leurs effets sur la croissance et la production d'aflatoxine B₁ par *Aspergillus flavus* testées à cinq concentrations (200, 400, 600, 800 et 1000 mg/l en milieu gélosé SMKY). Les composés majoritaires de l'huile essentielle d'*O. gratissimum* furent le thymol (47,7%) et le β -terpinène (14,3%) tandis que ceux de *P. glandulosus* étaient représentés par le β -terpinène (30,8%) et le terpinolène (25,2%). Après 8 jours d'incubation sur un milieu supplémenté à l'huile essentielle, la croissance d'*A. flavus* a été totalement inhibée par 800 mg/l d'huile essentielle d'*O. gratissimum* et par 1000 mg/l de celle de *P. glandulosus*. L'effet des huiles essentielles sur la synthèse de l'aflatoxine B₁ a été évalué dans le milieu SMKY. Le milieu supplémenté avec différentes concentrations d'huile essentielle a été inoculé avec le mycélium d'*A. flavus* et incubé à 25 °C. Après 2, 4, 6 et 8 jours d'incubation, les concentrations en aflatoxine B₁ ont été estimées dans le surnageant par la technique ELISA. Les résultats ont montré que la synthèse de l'AFB₁ est inhibée par 1000 mg/l d'huile essentielle d'*O. gratissimum* et de *P. glandulosus* après 8 jours d'incubation. Les résultats obtenus dans la présente étude signalent une exploitation possible des huiles essentielles d'*O. gratissimum* et de *P. glandulosus* dans la lutte contre les souches d'*A. flavus* responsables de la biodétérioration d'aliments conservés.

Introduction

The saprophytic mold *Aspergillus flavus* Link ex Fries is known for its ability to grow on a wide range of organic substrates and to alter the nutritional and organoleptic qualities of stored food products (14). Their impact on health through production of harmful metabolites is also well known. In this respect, *A. flavus* has been reported to produce aflatoxins and other mycotoxins (26, 33). Aflatoxin contamination of foods and feeds is a serious problem worldwide (6) resulting either in improper storage or preharvest contamination of corn, peanuts, cottonseed and tree nuts amongst others. In Africa, there is ample evidence of the direct and negative effects of aflatoxin on human health through increased incidence of liver cancer and because of its potential synergistic effect on hepatitis B (23). Moreover, recent studies have pointed out the immunosuppressive properties of aflatoxin (14, 23, 28). Some food preservation measures, such as addition of

chemicals, are used to prevent fungal growth in stored grain. However, the use of these protectants meets with several drawbacks such as (a) they are generally toxic to mammals and, (b) they leave residues in the product. Because of these limitations, there is a growing interest to use natural antifungal compounds like essential oils as an alternative way to protect food from fungus attacks or fungal essential oils are complex volatile compounds produced by plants. They are known to have various functions in plants including pest and disease resistance (10).

A number of studies have focused on inhibition of *Aspergillus* spp. growth and aflatoxin production using essential oils of higher plants (2, 25, 27). In this respect, *Ocimum gratissimum* and *Plectranthus glandulosus* (both Lamiaceae) occurring in Cameroon and other tropical areas have been shown to be good sources of essential oils (17, 18, 22).

In Cameroon, *O. gratissimum*, a shrub that grows up to 3 m

¹Department of Food Science and Nutrition, National Advanced School of Agro-Industrial Sciences, University of Ngaoundere. P.O. Box 454, Cameroon.

²Department of Applied Chemistry, National Advanced School of Agro-Industrial Sciences, University of Ngaoundere. P.O. Box 454, Cameroon.

³Department of Biochemistry, Faculty of Science, University of Yaounde I., P.O. Box 812, Cameroon.

*Corresponding author: tatsadjieu@yahoo.fr

Received on 30.05.05 and accepted on 17.04.07.

high, is used for flavouring a local well-known dark fish sauce called "Bongo Tjobi". The infusion of the leaves is used as a pulmonary anti-septic, anti-tussive and anti-spasmodic, whereas the leaves essential oil is used externally to keep mosquitoes away (24). Similarly, *P. glandulosus* is a medicinal plant growing in the savannah area of Cameroon and used against influenza, cough and chest complaints (24). Ethnobotanic studies and preliminary surveys revealed that these two plant species are also used to preserve food products. In this respect, fresh leaves are used to preserve stored cowpea and maize from insect and fungus damage (15).

In a recent study, using agar disk diffusion method, thirteen essential oils obtained from aromatic plants of Cameroon were tested for their effectiveness against *Asperillus flavus*. Results obtained revealed that essential oils from fresh leaves of *O. gratissimum* and *P. glandulosus* were the most effective (30). In order to gather more information on the inhibition potential of these essential oils, their effect on aflatoxin B₁ needs to be further investigated.

The aim of this study was to determine the effects of essential oils from *O. gratissimum* and *P. glandulosus* leaves on the growth of *A. flavus* and aflatoxin B₁ production. Results obtained might yield significant information as to whether essential oils of these two plants can be used as food preservatives to fight *A. flavus*.

Materials and methods

Fungal strain and production of conidia

A. flavus Lab, strain obtained from the Microbiology Laboratory of the National School of Agro-Industrial Sciences (University of Ngaoundere, Cameroon), was used as test microorganism. It was grown on Sabouraud dextrose agar (Difco, Detroit, MI) at 30 °C for 5 days. Ten ml of 1% tween 20 were added for spore collection. Conidia were harvested by centrifugation at 1,000 g for 25 min and washed with 10 ml of sterile distilled water. The spore suspension was stored in sterile distilled water at 4 °C until used.

Essential oils

Plant material used for essential oil extraction were fresh leaves from *O. gratissimum* and *P. glandulosus*. Plants were collected from a wild population near the University of Ngaoundere and identified at the national herbarium of Yaounde (Cameroon), where voucher specimens are deposited. They were steam-distilled for about 8 hours using a Clevenger apparatus. Oils recovered were dried over anhydrous sodium sulphate and stored at 4 °C until they were used (5).

Analysis of essential oils

Gas chromatography

Essential oil (10 µl) was dissolved in pentane (100 µl) and 2 µl of the solution was injected into a GC 17A fitted with Flame Ionization Detector (FID) and integrator C-R6A-chromatopac (Shimadzu Co, Japan). The column used was SUPELCOWAX fused silica (film thickness: 0.2 µm, Supelco USA, 60 m x 0.25 mm). Column temperature was programmed at 40 to 250 °C with a rate of 6 °C/min. Injector and detector temperatures used were 220 and 280 °C, respectively. Carrier gas was hydrogen. Quantification was carried out by % peak area calculations (GC/FID using a non-polar column). Identifications were made by comparison of the retention time of each compound with that of known compounds (8, 11, 16, 19, 20).

Gas chromatography – Mass spectrometry

For GC/MS analysis, a GC-17A with a QP5050 mass spectrometer (Shimadzu Co, Japan) was used. The carrier

gas was helium; injector temperature was 250 °C, interface heating was 280 °C, ion source-temperature was 200 °C, EI-mode was 70 ev whereas mass ranges were between 41 to 550 amu. Mass spectra correlations were carried out with Wiley, NBS, NIST and private aroma library spectra.

Antifungal assay

Antifungal assay was performed by the agar disc diffusion method (9). SMKY agar medium (sucrose 200 g, magnesium sulphate 0.5 g, potassium nitrate 3.0 g, agar 15 g and yeast extract 7.0 g/l), with different concentrations of essential oils (200, 400, 600, 800 or 1000 mg/l) were prepared by adding appropriate quantity of essential oil to melted SMKY agar, followed by manual rotation of Erlenmeyer to disperse the oil in the medium. About 20 ml of the medium were poured into glass Petri-dishes (9 cm x 1.5 cm). Each Petri-dish was inoculated at the centre with a mycelial disc (6 mm diameter) taken at the periphery of an *A. flavus* colony grown on SMKY agar for 48 hours. Control plates (without essential oil) were inoculated following the same procedure. Plates were incubated at 25 °C and the colony diameter was recorded each day. Minimal Inhibitory Concentration (MIC) was defined as the lowest concentration of essential oil in which no growth occurred. Percentage of mycelial growth inhibition was calculated using the following formula (9):

$$PI = \frac{G_c - G_o}{G_c} \times 100,$$

where G_c = mean diameter for control – 6 mm and G_o = mean diameter for treated mycelium – 6 mm.

Growth and Aflatoxin B₁ assay

Culture technique

Spore suspension of *A. flavus* Lab was added to 50 ml SMKY broth to obtain approximately 10⁸ spores/ml. Erlenmeyer flasks were incubated for 72 h at 25 °C on a rotary shaker (150 rpm). Mycelia were then collected on cheesecloth, rinsed with sterile 0.85% KCl and transferred to a sterile blender jar (Sartorius, Germany) containing 450 ml of 0.85% KCl. After homogenisation at high speed, mycelium was recollected on cheesecloth and rinsed with 0.85% KCl. It was transferred to 1.0 litre Erlenmeyer flask containing 500 ml of SMKY medium and incubated for 24 hours at 25 °C on rotary shaker. Mycelium was collected and pooled on cheesecloth, rinsed with 0.85% KCl and transferred in 3.0 g portions to 125 ml erlenmeyer flasks containing 25 ml of GMKY medium (which had the same composition as SMKY medium except that sucrose was replaced by glucose on a per gram basis) with different concentrations of essential oils: 200, 400, 600, 800 or 1000 mg/l. Three replicates of each treatment were prepared. Erlenmeyer flasks were then incubated at 25 °C in the dark with shaking. Tween 80 was used to emulsify the essential oil and was also added to the control.

Aflatoxin B₁ analysis

After 2, 4, 6 and 8 days, triplicates of each essential oil concentration were removed and mycelia were collected on filter paper (Whatman n° 1) and their dry weights were determined after washing and drying to constant weight at 60 °C (2). Aflatoxin B₁ was extracted in each supernatant using chloroform (4). Briefly, 5.0 ml portion of the supernatant was transferred to a 25 ml conical flask and 5.0 ml chloroform was added. After mixing, layers were allowed to separate and chloroform layer transferred to a 25 ml conical flask. Extraction was repeated twice. Extract was evaporated in a water bath at 45 °C and recuperated in 2 ml of methanol. Quantitative estimation of aflatoxin B₁ was made using Enzyme Linked Immuno-Sorbent Assay (ELISA). Immuno enzymatic kits (Transia Plate Aflatoxin B₁, Art n° AF0496, Batch N° 13X131) were obtained from Diffchamb SA (Lyon, France).

Statistical analysis

Data from three independent replicate trials were subjected to statistical analysis using SPSS Statistical package (29). Differences between means were tested using Duncan Multiple Range Test.

Results

Essential oils analysis

Essential oils were obtained by steam distillation for about 8 hours each with a yield of 0.5% for *O. gratissimum* and 0.4% for *P. glandulosus*. Main components of *P. glandulosus* and *O. gratissimum* essential oils and their percentages are presented in tables 1 and 2. Main constituents were found to be β -thujone (30.8%), terpinolene (25.2%) and piperitenone oxide (10.9) for *P. glandulosus* and thymol (47.7%), β -terpinene (14.3%) and p-cymene (8.5%) for *O. gratissimum*.

Effect of *O. gratissimum* and *P. glandulosus* essential oils on mycelia growth of *A. flavus* Lab

Inhibitory effects of these essential oils on growth of *A. flavus* Lab were determined in SMKY agar at 25 °C (Figures 1 and 2). At 800 mg/l and 1000 mg/l, *O. gratissimum* and *P. glandulosus* essential oils caused 100% inhibition. Percentage of growth inhibition of the two essential oils were significantly ($P < 0.05$) influenced by incubation time and essential oil concentration. Mycelia growth was considerably reduced with increasing concentration of essential oils while their growth increased with incubation time. 7%, 28% and 37% inhibition of mycelia growth were observed at 200, 400 and 600 mg/l, respectively, with *O. gratissimum* essential oil, whereas 10%, 15%, 15% and 46% inhibition (Figures 1 and 2) were obtained at respectively 200, 400, 600 and 800 mg/l with that of *P. glandulosus* after 8 days of incubation. These results show that *O. gratissimum* essential oil was more active in inhibiting mycelia growth of *A. flavus* Lab than that of *P. glandulosus*.

Effects of *O. gratissimum* and *P. glandulosus* essential oils on production of AFB₁ by pregrown culture of *A. flavus* Lab

Exposure of mycelium of *A. flavus* Lab to different concentrations of essential oils of *O. gratissimum* and *P. glandulosus* at 25 °C for a period of 0 to 8 days caused varying degrees of inhibition of aflatoxin B₁ synthesis (Table 3). In essential oil-free cultures, aflatoxin B₁ (AFB₁) was detected after 24 hrs of incubation and reached a maximum at 72 hours. In the presence of 1000 μ l/ml, both essential oils maintained complete inhibition of AFB₁ production for the whole duration (8 days) of the experiment.

In GMKY supplemented with 600 mg/l or 800 mg/l of *O. gratissimum* essential oil, aflatoxin B₁ synthesis by culture of *A. flavus* Lab was delayed by 4 days. After 8 days of incubation, the amounts of aflatoxin B₁ secreted in the medium were respectively 2.5 and 3.7 times lower than those of the control at 600 mg/l and 800 mg/l. The addition of 400 mg/l essential oil concentration delayed synthesis of AFB₁ for 2 days whereas AFB₁ synthesis was inhibited by 22.5% after 8 days of incubation. Concentration of 200 mg/l inhibited AFB₁ synthesis by only 24% after 8 days of incubation. On the other hand, the addition of 600 mg/l or 800 mg/l of *P. glandulosus* essential oil to GKMV broth prevented AFB₁ production for 2 days. Substantial amounts of AFB₁ were detected after 8 days of incubation (2.11 and 1.33 μ g/ml respectively at 600 and 800 mg/l).

Fungal growth in SMKY broth was low between 2 to 8 days of incubation and differences between oil-treated and oil free-culture were relatively small. However, there was a gradual increase in toxin production from 2 and 8 days of incubation, indicating that fungal growth is not correlated to toxin production.

Table 1

Chemical composition of essential oil of *Ocimum gratissimum*

Component	Percentage
Hexanal-2	0.5
Sabinene	0.7
Myrcene	0.8
β -Phellandrene	1.9
β -3-Carene	0.4
β -Terpinene	14.3
p-Cymene	8.5
Dehydro-p-Cymene	1.3
Limonene	2.6
Trans- β -Ocimene	0.9
Terpinolene	2.3
1,8-Cineole	1.6
β -Thujone	0.5
Linalol	0.6
Carvacrol	0.9
Terpinen-4-ol	0.5
3,9-Epoxy-p-mentha-1,8-diene	1.1
β -Terpineol	1.4
Thymol	47.7
Bisabolene	0.5
β -Copaene	0.5
β -Caryophyllene	1.3
β -Cubebene	0.5
β -Farnesene	0.8
Caryophyllene oxide	0.5

Table 2

Chemical composition of essential oil of *Plectranthus glandulosus*

Component	Percentage
β -Pinene	0.6
Myrcene	2.2
β -Phellandrene	0.7
β -3-Carene	1.5
β -Terpinene	0.8
Limonene	3.2
Trans- β -Ocimene	0.6
Terpinolene	25.2
β -Thujone	30.8
Neral	0.8
Fenchol	1.5
Trans-p-Menth-2-en-ol	0.5
Borneol	0.5
p-Cymene-8-ol	3.6
Oxide cis-piperitone	3
Oxide trans-piperitone	0.5
Thymol	0.4
Trans-2-Hydroxypiperitone	0.6
4-Hydroxypiperitone	0.7
Piperitenone	1.3
Piperitenone Oxide	10.9
Isopulegone	1.8
Germacrene D	1.4

Discussion

Growth of *A. flavus* and aflatoxin B₁ production in some foodstuffs are considered as health hazards. With increasing consumer demand for naturally preserved food, examination of essential oils for antimicrobial properties has become attractive to researchers and food processors (1, 13, 21). *In vitro* results obtained in the present study suggest that essential oils of *O. gratissimum* and *P. glandulosus* might be useful agents for control of *A. flavus* growth and AFB₁ synthesis.

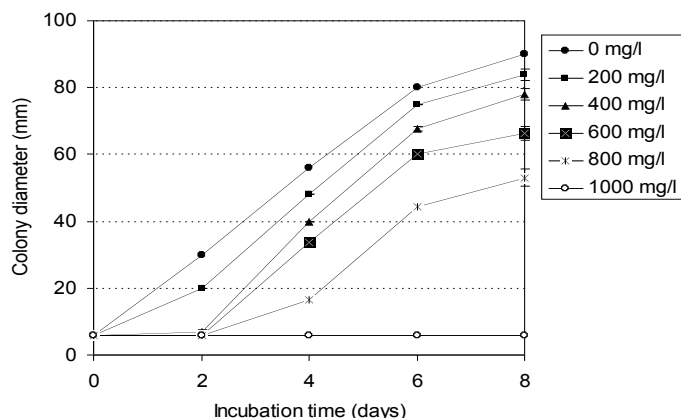


Figure 1: Effect of different concentrations of *P. glandulosus* on *A. flavus* growth.

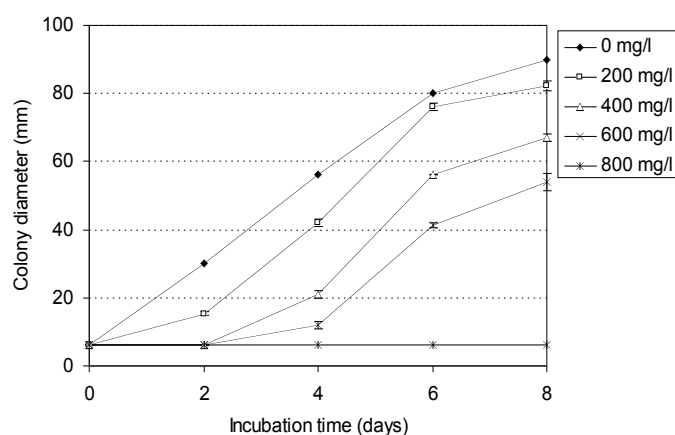


Figure 2: Effect of different concentrations of *O. gratissimum* on *A. flavus* growth.

Results obtained show that *O. gratissimum* appears to be more toxic against *A. flavus* Lab than *P. glandulosus* in the test conditions. MIC of *O. gratissimum* was 800 mg/l whereas that of *P. glandulosus* was 1000 mg/l. The different effect of these two oils may be due to their different compositions. According to literature (5, 31), there are two chemical types of *O. gratissimum* as defined by the main compounds in the essential oils from their leaves, i.e. the thymol type and the eugenol type. Results obtained in the present study indicate that *O. gratissimum* from Cameroon belongs to the thymol type.

MIC value of *O. gratissimum* essential oil obtained against *A. flavus* (800 mg/l) is different from those reported in literature, i.e. 2500 mg/l (3) and 1250 mg/l (1). Direct comparison between our own and other results may not be appropriate since the origin of plant material and experimental conditions were different and this can influence essential oil composition and the level of antimicrobial activity as previously reported (7, 10, 25). In other experiments, researchers used microdilution method while in our own study disc diffusion method was used.

It was also observed that MICs of the two essential oils varied with incubation time. It ranged from 400 mg/l, after 2 days of incubation, to 800 mg/l after 8 days for *O. gratissimum*, and 1000 mg/l for *P. glandulosus* respectively. This could be due to the fact that during a relatively long incubation period some volatile components in these oils may evaporate from the media, leading to decrease in their concentration.

Not much is known about the basic mechanisms by which these essential oils inhibit *A. flavus* growth. Research work has been carried out with some essential oils in order to

Table 3
Effect of essential oils of *O. gratissimum* and *P. glandulosus* on growth and aflatoxin B₁ synthesis by *Aspergillus flavus* Lab

Oil concentration (mg/l)	Incubation time (days)					
	2	4	6	8		
Control	MDW 522.5 ± 5.6 ^a	MDW 532.0 ± 4.2 ^a	MDW 540.5 ± 3.5 ^a	MDW 571.5 ± 4.9 ^a	AFB ₁ 4.89 ± 0.1 ^a	AFB ₁ 5.09 ± 0.4 ^a
<i>O. gratissimum</i>						
200	MDW 511.5 ± 3.5 ^b	MDW 521.0 ± 4.2 ^b	MDW 522.5 ± 0.7 ^b	MDW 529 ± 2.82 ^b	AFB ₁ 1.49 ± 0.0 ^d	AFB ₁ 3.80 ± 0.09 ^c
400	MDW 508.0 ± 4.2 ^b	MDW 512.5 ± 2.1 ^c	MDW 514.5 ± 0.7 ^b	MDW 512 ± 4.24 ^c	AFB ₁ 3.71 ± 0.07 ^b	AFB ₁ 3.32 ± 0.14 ^c
600	MDW 506.0 ± 2.8 ^b	MDW 516.5 ± 0.7 ^c	MDW 513.5 ± 3.53 ^c	MDW 513.5 ± 3.53 ^c	AFB ₁ 3.17 ± 0.1 ^c	AFB ₁ 2.13 ± 0.14 ^f
800	MDW 506.5 ± 6.3 ^b	MDW 506.5 ± 6.3 ^d	MDW 506.0 ± 0.00 ^c	MDW 505 ± 4.24 ^d	AFB ₁ 2.04 ± 0.09 ^d	AFB ₁ 1.46 ± 0.08 ^h
1000	MDW 502.0 ± 0.0 ^b	MDW 502 ± 0.0 ^d	MDW 502 ± 0.0 ^c	MDW 503 ± 1.41 ^d	AFB ₁ 1.39 ± 0.1 ^e	AFB ₁ 0.00 ± 0.00 ⁱ
					AFB ₁ 0.0 ± 0.0 ^f	AFB ₁ 0.00 ± 0.00 ⁱ
<i>P. glandulosus</i>						
200	MDW 504.5 ± 0.7 ^b	MDW 507.5 ± 0.7 ^d	MDW 506.5 ± 3.53 ^c	MDW 509.5 ± 2.12 ^d	AFB ₁ 3.87 ± 0.07 ^b	AFB ₁ 4.14 ± 0.03 ^b
400	MDW 506.0 ± 2.8 ^b	MDW 507.5 ± 0.7 ^d	MDW 508 ± 1.41 ^c	MDW 506.5 ± 0.7 ^d	AFB ₁ 3.35 ± 0.08 ^c	AFB ₁ 3.54 ± 0.21 ^d
600	MDW 506.5 ± 0.7 ^b	MDW 507 ± 2.82 ^d	MDW 511.5 ± 0.7 ^c	MDW 510.5 ± 2.12 ^d	AFB ₁ 2.00 ± 0.04 ^d	AFB ₁ 2.41 ± 0.14 ^f
800	MDW 502.0 ± 0.0 ^b	MDW 503 ± 4.24 ^d	MDW 503.5 ± 2.12 ^c	MDW 504.5 ± 2.12 ^d	AFB ₁ 1.34 ± 0.06 ^e	AFB ₁ 1.62 ± 0.07 ^h
1000	MDW 502.0 ± 0.0 ^b	MDW 503 ± 1.41 ^d	MDW 502.5 ± 0.7 ^c	MDW 503.0 ± 1.41 ^d	AFB ₁ 0.00 ± 0.0 ^f	AFB ₁ 0.00 ± 0.00 ⁱ

Values in each column followed by the same letter do not differ significantly in Duncan Multiple Range Test ($P < 0.05$).

MDW: Mycelial dry weight (mg)

AFB₁: Aflatoxin B₁ (μg/ml)

elucidate their mechanism of action. It is reported that essential oils damage a variety of enzyme systems of yeasts, thus affecting structural component synthesis and energy production (5). Studies on effects of *Cymbopogon nardus* on *Aspergillus niger* revealed that the plasma membrane of *A. niger* was seriously damaged with concentrations of essential oil between 200 to 1000 mg/l (7). These reasons may apply to the present study.

As compared to the inhibitory effects of *O. gratissimum* and *P. glandulosus* on fungal growth, no data to our knowledge are available concerning their effects on the production of mycotoxins by toxinogenic fungi. Inhibition of growth and aflatoxin production by *Aspergillus* spp. may represent separate effects (4). This justifies the investigation of these two aspects in the present study. Since aflatoxins are secondary metabolites and because their synthesis is dependent on the achievement of high degree of growth, the inhibition of mycelial growth makes it difficult to directly study the effect of essential oils on aflatoxin synthesis. To avoid this problem, the mould was first cultured in an essential oil-free medium. The mycelium was then transferred into medium containing either no essential oil or different concentrations of essential oils. The results obtained clearly indicated the inhibition of aflatoxin B₁ production by *A. flavus* at concentrations ranging from 200 to 1000 mg/l of both

essential oils. These results suggest that inhibition of AFB₁ production cannot be attributed to growth insufficiency. The mechanism by which this inhibition occurs is not very clear. Aflatoxins are synthesized extramitochondrially from acetylcoenzyme A during a period of rapid glucose utilisation (12). Essential oils of *O. gratissimum* or *P. glandulosus* may restrict carbohydrate catabolism in *A. flavus* by acting on some key enzymes and this may result in the decrease of its ability to synthesize AFB₁.

Conclusion

The results of this study indicate that essential oils of *O. gratissimum* and *P. glandulosus* can be potent fungicides for the control of *A. flavus*. For the practical use of these oils as novel fungal-control agent, further research is needed on safety issues for human health. Other areas requiring attention are formulations to improve the fungicidal potency and stability.

Acknowledgement

Authors are grateful to the University of Ngaoundere – Cameroon for its financial support through “The University Research Program”, Research Grant N°788/UN/R/VR – RC/DAAC/DRD/SR.

Literature

- Amvam Zollo P.H., Biyiti L., Tchoumboungang F., Menut C., Lamaty G. & Bouchet P., 1998, Aromatic plants of tropical Central Africa. Part XXXII. Chemical composition and antifungal activity of thirteen essential oils from aromatic plants of Cameroon. *Flavour and fragrance Journal*, 13, 107-114.
- Ansari A.A. & Shinvastava A.K., 1991, The effect of Eucalyptus oil on growth and aflatoxin production by *Aspergillus flavus*. *Letters in applied microbiology*, 13, 75-77.
- Baba-Moussa F., Komaglo K., Ayedoun A., Akpagana K., Moudachirou M. & Bouchet P., 1997, Activité antifongique d'huiles essentielles extraites au Bénin et au Togo. *Cryptogamie, Mycologie*, 18, 165-168.
- Buchanan R.L. & Donald F.L., 1984, Caffeine inhibition of aflatoxin synthesis: probable site of action. *Applied and environmental microbiology*, 47, 1216-1220.
- Chalchat J.C., Garry P.R., Menut C., Lamaty G., Malhuret R. & Chopineau J., 1997, Correlation between chemical composition and antimicrobial activity. VI. Activity of some African Essential Oils. *Journal of essential oil research*, 9, 67-75.
- Cleveland T.E., Carry J.W. & Brown R.L., 1997, Use of biotechnology to eliminate aflatoxin in preharvest crops. *Bull. Inst. Compr. Agr. Sci. Kinki Univ.* 5, 75-90.
- Conner D.E. & Beuchat L.R., 1984, Effect of essential oils from plants on growth of food spoilage yeasts. *Journal of food science*, 49, 429-434.
- Davies N.W., 1990, Gas Chromatographic Retention Indices of Monoterpenes and Sesquiterpenes on Methyl Silicone and Carbowax 20M Phases. *J. Chromatogr.* 503, 1-24.
- de Billerbeck V.G., Roques C.G., Bessière J.M., Fonvieille J.L. & Dargent R., 2001, Effect of *Cymbopogon nardus* (L) W. Watson essential oil on the growth and morphogenesis of *Aspergillus niger*. *Canadian journal of microbiology*, 47, 9-17.
- Delespaul Q., de Billerbeck V.G., Roques C.G., Michel G., Marquier-Viñuales C. & Bessière J.M., 2000, The antifungal activity of essential oils as determined by different screening methods. *Journal of essential oil research*, 12, 256-266.
- Formacek K. & Kubeczka K.H., 1982, Essential oils analysis by capillary chromatography and carbon 13 NMR spectroscopy. *J. Wiley and Sons*, New York, P. 318.
- Hsieh D.P.H. & Mateles R.I., 1970, The relative contribution of acetate and glucose to aflatoxin biosynthesis. *Biochimie et biophysic acta*, 208, 482-486.
- Hughes B.G. & Lawson L.D., 1991, Antimicrobial action of some essentials oils. *Phytotherapy research*, 5, 154-158.
- IARC, 1993, Monograph volume 56: some naturally – occurring substances: food items and constituents, heterocyclic amines and mycotoxins. IARC Lyon, France, 599 p.
- Illiassa N., 2004, Analyse de la gestion post-récolte de *Vigna unguiculata* (Walp.) et évaluation de l'importance insecticide des huiles essentielles de trois plantes aromatiques. Mémoire de maîtrise en Biologie Animale. Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré, 59 p.
- Jennings W. & Shibamoto J., 1980, Quantitative analyses of flavour and fragrance by capillary gas chromatography. Academic Press: New York, 54 p.
- Jirovetz L., Buchbauer G. & Ngassoum M.B., 1998, Aroma compounds of leaf and flower essential oils of the spice plant *Ocimum gratissimum* L. from Cameroon. *Nutrition/Ernährung*, 22, 395-397.
- Jirovetz L., Buchbauer G., Ngassoum M.B., Essia Ngang J.J., Tatsadjieu N.L. & Adjoudji O., 2002, Chemical composition and antibacterial activities of the essential oils of *Plectranthus glandulosus* and *Cinnamomum zeylanicum* from Cameroon. *Scientia Pharmaceutica*, 70, 93-99.
- Joulain D. & König W.A., 1998, The atlas of spectral data of sesquiterpenes hydrocarbons. E. B Verlag. Hambourg, 344 p.
- Kondjoya N. & Berdague J.L., 1996, A compilation of relative retention indices for the analysis of aromatic compounds. Edition du Laboratoire Flaveur, Saint Genes Champene, 112 p.
- Mishra A.K. & Dubey N.K., 1994, Evaluation of some essential oils for their toxicity against fungi causing deterioration of stored commodities. *Applied and environmental microbiology*, 60, 1001-1005.
- Ngassoum M.B., Jirovetz L., Buchbauer G. & Fleischhaker W., 2001, Investigation of essential oils of *Plectranthus glandulosus* Hook f. (Lamiaceae) from Cameroon. *Journal of essential oil research*, 13, 73-75.
- Offner F.C., Cordonnier P., Ljungman H.G., Prentice D., Englhart D., DeBacqer F. & Meunier P.B., 1998, Impact of previous aspergillosis on the outcome of bone marrow transplantation. *Clinical infectious diseases*, 26, 1098-1103.
- Oliver-Bever B., 1982, Medicinal plants in West Africa. Cambridge Univ. Press pp. 32-33.
- Patkar K.L., Usha C.M., Shetty H.S., Paster N. & Lacey J., 1994, Effects of spice oil treatment on rice moulding and mycotoxin contamination. *Crop protection*, 13, 519-524.
- Payne G.A. & Brown M.P., 1998, Genetics and physiology of aflatoxin biosynthesis. *Annu. Rev. Phytopathol.* 36, 329-362.
- Rana B.K., Singh U.P. & Taneja V., 1997, Antifungal activity and kinetics of inhibition by essential oil isolated from leaves of *Aegle marmelos*. *Journal of ethnopharmacology*, 57, 29-34.

28. Richardson M.D., 1998, Antifungal therapy in bone marrow failure. British Journal of Haematology, 100, 619-628.
29. Statsoft, 1995, Statistica for Windows. SPSS Inc. USA.
30. Tatsadjieu N.L., Essia Ngang J.J., Ngassoum M.B., Etoa F.-X. & Mbofung C.M.F., 2000, Activité inhibitrice des huiles essentielles de quelques plantes aromatiques et condimentaires du Cameroun sur la croissance d'*Aspergillus flavus* Lab. Cameroon Bioscience proceedings, Vol. 7, 220-227.
31. Tripathi R.D., Banerji R., Sharma M.L., Balasubrahmanyam V.R. & Nigam S.K., 1985, Essential oil from a new strain of *Ocimum gratissimum* (Clocimum) against betelvine pathogenic fungi. Agric. Biol. Chem. 44, 2262-2277.
32. Tudor E., 1997, Temperature dependence of retention index for perfumery compounds on SE-30 glass capillary column I. Linear correlation. J. Chromatogr. 779, 287-297.
33. Yeh F.S., Ju M.C. & Mo C.C., 1989, Hepatitis B virus, aflatoxins, and hepatocellular carcinoma in Southern Guangxi, China. Cancer Res. 49, 2506-2709.

N.L. Tatsadjieu, Camerounais, Ph.D, Chargé de cours, Département des Sciences Alimentaires et Nutrition, Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles, Université de Ngaoundéré, BP 454, Ngaoundéré, Cameroun.

F.-X. Etoa, Camerounais, Ph.D, Enseignant au Département de Biochimie, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I. Directeur du Développement de l'Enseignement Supérieur, Ministère de l'Enseignement Supérieur, Université de Yaoundé I, BP 812, Yaoundé, Cameroun.

C.M.F. Mbofung, Camerounais, Ph.D, Enseignant au Département des Sciences Alimentaires et Nutrition Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles de Ngaoundéré-Cameroun, Université de Ngaoundéré, BP 454, Ngaoundéré, Cameroun.

M.B. Ngassoum, Camerounais, HDR, Enseignant au Département de Chimie Appliquée à l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles de Ngaoundéré-Cameroun, Université de Ngaoundéré, BP 454, 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.

Inventaire des insectes ravageurs et vecteurs de la panachure jaune du riz dans les périmètres irrigués de Maga (Extrême Nord Cameroun)

I. Sadou^{1*}, N. Woin¹, T.R. Ghogomu² & K.M. Djonmaila²

Keywords: Inventory- Vectorial insects- Rice Yellow Mottle Virus- Cameroon

Résumé

L'entomofaune vecteur de la panachure jaune du riz (RYMV) a été étudiée en 2006 dans la zone de l'un des principaux périmètres rizicoles irrigués de la province de l'Extrême Nord Cameroun (Maga). L'échantillonnage effectué à l'aide de «sweep net» et l'aspirateur D-Vac a eu lieu toutes les deux semaines du mois de mai jusqu'à la mi-octobre sur les différents stades phénologiques du riz. Le principe était de choisir au hasard une parcelle de rizières repiquées et de collecter les insectes par ces deux méthodes de capture. La clé d'identification des insectes de Heinrich (10) et la clé de reconnaissance des familles de Delvare et al. (5) ont été utilisées pour identifier les différentes espèces collectées. L'inventaire des insectes dans les périmètres irrigués de Maga montre que les espèces varient en abondance et en qualité aux différents stades phénologiques de la plante. Il ressort des résultats de cet inventaire que 46 espèces appartenant à 26 familles (Cicadellidae, Pentatomidae, Delphacidae, Diopsidae, Chloropidae, Chrysomelidae, Coccinellidae, Acrididae, Pyralidae, Noctuidae, etc.) et 7 ordres (Lépidoptères, Diptères, Orthoptères, Coléoptères, Hémiptères, Thysanoptères et Hyménoptères) ont été collectés. De même l'inventaire à l'aide de « sweep net » et l'aspirateur D-vac montre que les insectes associés au riz dans les périmètres irrigués du milieu d'étude comprennent les ravageurs dont certains sont vecteurs de la panachure jaune du riz (*Nephotettix nigropictus*, *Oxya hyla*, etc.) et des ennemis naturels des ravageurs.

Summary

Inventory of Devastating and Vectorial Insects of the Rice Yellow Mottle Virus in the Irrigated Perimeter of Maga (Far-North of Cameroon)

The present study was carried out in the research framework conducted by the Regional Center of Agricultural Research of Maroua. This investigation aimed at making an inventory of devastating and vectorial insects of the Rice Yellow Mottle Virus in the irrigated perimeter of Maga (Far-North of Cameroon). In order to attain this objective, two collection methods were used. These included collection by D-VAC and collection by the Sweep net. The collection of the insect species with the two methods was done at the different phenological stages of the rice plant (nursery, heading, booting and maturity). The principle was to choose randomly a reference plot for each transplanted rice batch in the irrigated perimeter of Maga. The insect identification key of Heinrich (10) and the family recognition key of Delvare et al. (5) were used to identify the different species collected. The insect inventory of rice in the irrigated perimeter of Maga showed that the species vary in abundance and quality with the different phenological stages of the plant. Also the abundance of the species at the different stages varied following the collection methods. The results of the inventory showed that 46 species belonged to 26 families (Cicadellidae, Pentatomidae, Delphacidae, Diopsidae, Chloropidae, Chrysomelidae, Coccinellidae, Acrididae, Pyralidae, Noctuidae...) and 7 orders (Lepidoptera, Diptera, Orthoptera, Coleoptera, Hemiptera, Thysanoptera and Hymenoptera). The same inventory with the D-VAC and the Sweep net showed that the insects associated with the rice in the irrigated perimeter of the study area consisted of pest, of which some were vectors of Rice Yellow Mottle Virus (*Nephotettix nigropictus*, *Oxya hyla*, etc.) and natural enemies of this pest.

Introduction

Seconde céréale dans le monde après le blé, par les surfaces qui lui sont consacrées, le riz est cultivé sur près de 154 millions d'hectares. La production mondiale du paddy a atteint 598 millions de tonnes en 2002 (7). Elle constitue l'aliment de base de plus de la moitié de l'humanité.

Dans la province de l'Extrême Nord, l'activité rizicole a été concentrée dans les plaines du Logone et est dominée par les cultures irriguées.

Les études de prospections menées par une équipe de l'Association pour le Développement de la Riziculture de l'Afrique de l'Ouest (ADRAO) en 2000 dans les zones rizicoles des périmètres irrigués de Lagdo, Maga et Yagoua ont montré que la panachure jaune du riz «RYMV» existe bel et bien au Nord Cameroun (1).

La panachure jaune du riz ou le *Rice Yellow Mottle Virus* (RYMV), est la principale maladie virale qui affecte la

riziculture irriguée en Afrique. Transmise par des insectes vecteurs, le virus s'est répandu à la faveur de l'introduction dans les rizières africaines de variétés de riz productives mais très sensibles à celui-ci et à la suite de l'intensification de la riziculture (2). Extrêmement virulent, il peut détruire la quasi-totalité d'une récolte.

Depuis qu'il est connu que le RYMV existe au Nord Cameroun, très peu d'informations sont disponibles sur la dynamique des insectes vecteurs du virus. Pour mieux comprendre l'épidémiologie du RYMV, il faudrait davantage d'informations sur la distribution, la biologie, la gamme d'hôtes, la nature des dégâts et les stratégies de gestion des vecteurs.

C'est pour cette raison que la présente étude se propose d'inventorier les principaux insectes ravageurs du riz et vecteurs potentiels du virus de la panachure jaune du riz dans les périmètres irrigués de Maga.

¹ Institut de la Recherche Agricole pour le Développement, B.P. 33, Maroua, Cameroun. *e-mail: sadouismael@yahoo.fr

² Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, B.P. 222, Dschang, Cameroun.

Adresse de correspondance: I. Sadou, Attaché de recherche, Institut de la Recherche Agricole pour le Développement, B.P. 33, Maroua, Cameroun. Tél: 951 32 58,

Reçu le 29.01.07 et accepté pour publication le 06.04.07.

Plus spécifiquement, il s'agit:

- d'inventorier les insectes ravageurs et vecteurs du RYMV dans les périmètres rizicoles de Maga,
- d'étudier leur écologie et leur distribution dans leur habitat respectif,
- de connaître les prédateurs et les parasitoïdes de ces ravageurs.

Matériels et méthodes

1. Localisation de la zone

L'étude a été menée dans les périmètres rizicoles de la Société Expansion et de la Modernisation de la Riziculture (SEMRY) de Maga, localité située dans le département du Mayo Danay, province de l'Extrême-Nord Cameroun. Elle est située entre 10° 9' de latitude Nord et 15° 12' de longitude Est et couvre une superficie de 1945 km² avec une population moyenne de 60.000 habitants.

2. Les principes de l'échantillonnage

2.1. Principe

L'étude a été menée sur une parcelle de 2 500 m² choisie au hasard dans les périmètres irrigués de Maga sur la variété de riz irrigué vulgarisée (variété IR 46).

2.2. Rythme de l'échantillonnage

Durant le cycle cultural, chaque stade phénologique de la plante est échantillonné toutes les deux semaines, au Sweep net et à l'aide de l'aspirateur D-VAC tout au long de la saison culturale.

2.3. Modalités de l'échantillonnage

Sur les différents stades phénologiques de la plante des parcelles à échantillonner:

- collecte au Sweep net (100 fauchages par parcelle et par stade);
- succion à l'aide de l'aspirateur D-VAC.

3. Caractéristiques techniques du Sweep net et du D-VAC

3.1. Collecte à l'aide du Sweep net

Cette technique consistait à avancer sur une certaine distance en fauchant les plantes par des rapides mouvements latéraux de va-et-vient sur les lignes de la parcelle choisies au hasard. Elle permet d'obtenir des résultats chiffrés (9). Il est difficile de standardiser la méthode (la façon de faucher varie d'une personne à l'autre, le résultat varie beaucoup selon la densité et la nature de la végétation)

3.2. Collecte au D-VAC

Le collecteur d'insecte D-VAC utilisé était le modèle 122 qui était plus petit et était porté au dos. Il était actionné par un moteur pour une succion complète des insectes minuscules et même les insectes de grande taille.

Le prélèvement au D-VAC est la méthode très utilisée dans les programmes de gestion des parasites dans le but d'évaluer l'équilibre des prédateurs et des parasites (6).

Selon Guigaz (9) l'aspirateur (D-Vac) donne des résultats beaucoup plus précis que le filet faucheur (beaucoup moins d'insectes échappent à la capture).

Les insectes capturés par ces deux méthodes seront conserver dans des flacons contenant de l'alcool à 70% afin de pouvoir les identifier progressivement.

4. Identification des spécimens

La clé d'identification des insectes de Heinrich (10) et la clé de reconnaissance des familles de Delvare *et al.* (5) ont été utilisées pour identifier les différentes espèces collectées. Quant aux Hyménoptères et Diptères parasitoïdes, leur identification a été réalisée grâce à la méthode décrite par Gauld *et al.* (8). Ces échantillons ont été ensuite envoyés à des spécialistes pour confirmation, afin de parvenir à une identification exacte du matériel.

5. Détermination du nombre d'insectes

La description détaillée de cette méthode est faite dans l'International Rice Research Institute (11). C'est une méthode qui consiste à déterminer le nombre d'insectes dans une parcelle durant le cycle de développement de la plante du riz. Les différentes espèces d'insectes collectées ont été comptées manuellement en considérant les larves, les chrysalides et les adultes comme étant une espèce entière.

6. Analyse des données

Le logiciel Excel a été utilisé pour faire une analyse descriptive des différentes familles d'insectes collectées, en prenant en compte le nombre d'insectes, la méthode de collecte et le stade phénologique de la plante.

Résultats et discussions

Il ressort de cet inventaire que les espèces récoltées varient en abondance et en qualité suivant les variétés. L'inventaire des insectes du riz dans les périmètres irrigués de Maga montre que les espèces varient en abondance et en qualité aux différents stades phénologiques de la plante. Aussi l'abondance de ces espèces aux différents stades varie suivant les méthodes de collecte. Le tableau 1 donne les ordres, les familles et le nombre d'espèces d'insectes collectées aux différents stades de développement du riz par le D-VAC et le Sweep net.

Distribution et écologie des espèces collectées

1. Ordre des Hémiptères

Quatre familles comprenant un total de 11 espèces ont été collectées. La figure 1 montre la distribution des insectes de l'ordre d'Hémiptères en fonction des stades phénologiques.

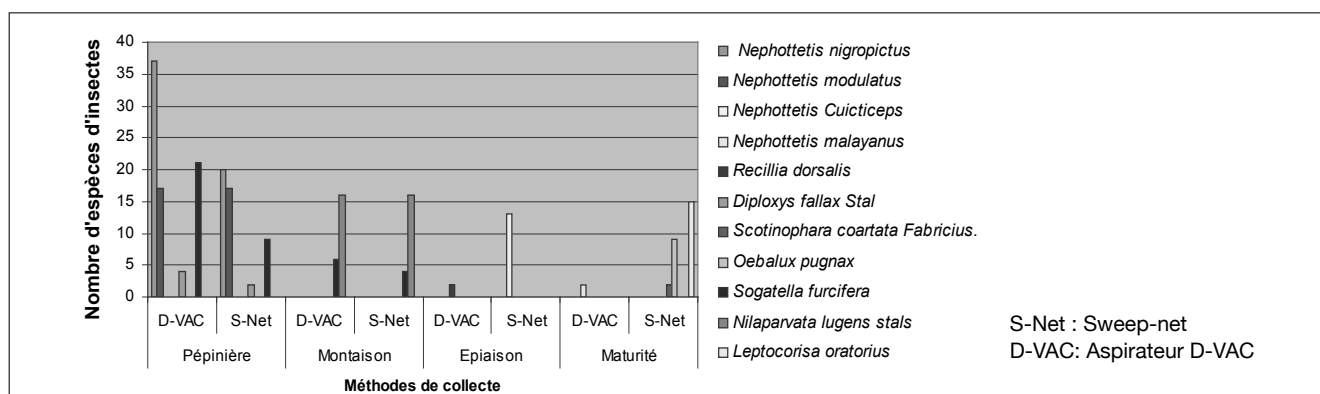


Figure 1: Les espèces d'Hémiptères collectées par le D-VAC et Sweep net en fonction du stade phénologique de la plante.

Tableau 1
Ordres, Familles et nombre d'espèces d'insectes collectées sur le riz avec le D-VAC et le Sweep net aux différents stades phénologiques

Ordres	Familles	Espèces	Nombres d'insectes collectés aux différents stades de la plante							
			Pépière		Montaison		Epiaison		Maturité	
			D-V	S-N	D-V	S-N	D-V	S-N	D-V	S-N
Hémiptères	Cicadellidae	<i>Nephotettix nigropictus</i>	37	20	0	0	0	0	0	0
		<i>Nephotettix modulatus</i>	17	17	0	0	0	0	0	0
		<i>Nephotettix cuicticeps</i>	0	0	0	0	0	13	0	0
		<i>Nephotettix malayanus</i>	0	0	0	0	0	0	2	0
		<i>Recilia dorsalis</i> Motschulsky	0	0	0	0	2	0	0	0
	Pentatomidae	<i>Diploxys fallax</i> Stal	4	2	0	0	0	0	0	0
		<i>Scotinophara coartata</i>	0	0	0	0	0	0	0	2
		<i>Debalus pugnax</i> Fabricius	0	0	0	0	0	0	0	9
	Delphacidae	<i>Sogatella furcifera</i> Horvath	21	9	6	4	0	0	0	0
		<i>Nilaparvata lugens</i> Stals	0	0	16	16	0	0	0	0
	Alydidae	<i>Leptocoris oratorius</i> Fabricius	0	0	0	0	0	0	0	15
Diptères	Diopsidae	<i>Diopsis thoracica</i> West Wood	20	12	8	0	0	0	12	0
	Chloripidae	<i>Mepachymerus baculus</i> Speiser	6	4	29	20	0	0	0	0
	Ephydriidae	<i>Hydrellia griseola</i> Fallen	43	20	0	0	0	50	0	0
	Cecidomyiidae	<i>Orseolia oryzae</i> Wood-Mason	0	0	0	0	0	2	0	0
	Chironomidae	<i>Cricotoppiis sylvestris</i>	0	0	0	0	31	0	0	0
Hyménoptères	Vespidae	<i>Vespa</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	1
	Formicidae	<i>Atta</i> sp.	0	0	0	0	0	0	2	0
	Scelionidae	<i>Telenomus podisis</i>	0	0	24	20	0	0	0	0
	Ichneumonidae	<i>Trathalia flavoorbitalis</i> (Cameron)	0	6	17	10	0	0	0	0
	Braconidae	<i>Opus annulicornis</i> Granger	21	0	16	0	0	0	0	0
Coléoptères	Chrysomelidae	<i>Diadisa armigera</i> Olivier	2	0	2	5	0	0	0	0
		<i>Leptispa pygmaea</i>	6	2	0	0	0	0	0	0
		<i>Trichispa sericea</i> Guérin	17	14	0	0	0	0	0	0
		<i>Oulema oryza</i>	0	0	0	0	0	0	1	0
	Coccinellidae	<i>Xanthadalia effusa rufescens</i> Muls	0	7	79	34	98	4	58	0
	Curculionidae	<i>Echinocnemus squameus</i> Billbreg	0	0	0	0	2	0	0	0
	Carabidae	<i>Clivina</i> sp.	0	0	0	2	0	0	0	0
Orthoptères	Acrididae	<i>Oxya intricata</i>	0	0	0	0	0	0	0	10
		<i>Oxya</i> sp.	4	30	0	0	0	0	11	0
		<i>Acrida</i> sp.	0	4	0	0	0	0	0	0
	Pyrgomorphidae	<i>Attractomorpha</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	7
	Gryllidae	<i>Metioche vittaticolis</i> Stal	0	0	0	0	0	0	0	1
Lépidoptères	Pyrilidae	<i>Nymphula depunctalis</i> Guenée	0	0	7	4	7	12	0	0
		<i>Marasmia patnalis</i> Bradley	10	0	0	0	0	4	0	0
		<i>Chilo suppressalis</i> Walker	0	0	0	0	0	4	0	0
		<i>Chilo auriculus</i> Dudgeon	0	0	0	0	9	0	0	5
		<i>Cnaphalocrocis medinalis</i> Guenée	0	0	9	10	0	0	0	0
		<i>Maliarpha separatella</i> Rag.								
		<i>Rivula atimeta</i> Swinhoe	0	0	18	0	0	0	0	0
		<i>Sesamia inferens</i> Walker	6	0	0	0	0	0	0	0
	Noctuidae	<i>Naranga aeneascens</i> Moore	0	0	6	0	0	0	0	2
		<i>Parnara guttata</i> Bremer & Grey	0	0	0	0	0	0	3	0
	Hesperiidae	<i>Pelopidas mathias</i> Fabricius	0	0	9	5	5	0	0	0
		<i>Diacrisia scortilla</i> Walk.	0	0	12	8	0	0	0	0
	Arctiidae		0	0	6	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	2	0	0
Thysanoptères	Thripidae	<i>Stenchaetothrips biformis</i> (Bagnall)	0	0	0	0	0	2	0	0
Total (7 ordres)	26 familles	46 espèces	177	103	264	140	157	93	89	51

D-V: D-VAC

S-N: Sweep net

Il ressort de ce tableau que 46 espèces appartenant à 26 familles et 7 ordres ont été collectés. Les espèces d'insectes rencontrées peuvent être classées en cinq catégories:

- Les insectes foreurs (ou boreurs) creusent les galeries dans les tiges (Lépidoptères, Diptères);
- Les insectes broyeurs dévorent les feuilles, parfois les panicules et les grains (Orthoptères, Coléoptères);
- Les insectes piqueurs suceurs piquent les tissus végétaux des divers organes de la plante, les feuilles, les tiges, les panicules et les grains, et se nourrissent de la sève ou du contenu laiteux des grains (Hémiptères);
- Les insectes saprophages se nourrissent des débris végétaux souvent en voie de décomposition qui se trouvent dans la rizière (Orthoptères, Coléoptères);
- Les insectes parasites et les prédateurs (Hyménoptères, Coléoptères, Diptères) se développent aux dépens des autres insectes qui constituent des hôtes pour leurs larves (parasites) ou des proies pour les larves et les adultes (prédateurs).

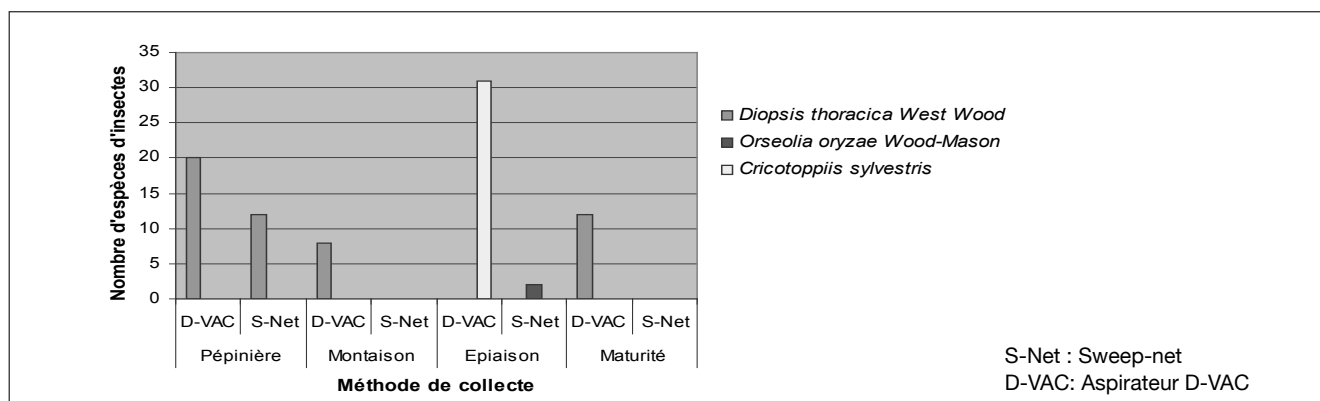


Figure 2: Les espèces de Diptères collectées par le D-VAC et le Sweep net en fonction du stade phénologique de la plante.

En pépinière, *Nephottetis nigropictus*, *Nephottetis modulatus*, *Sogatella furcifera* apparaissent comme les espèces les plus dominantes. Au stade montaison *Sogatella furcifera* et *Nilaparvata lugens* Stals apparaissent comme les espèces les plus abondantes.

A maturité, 4 espèces font leur apparition: *Leptocorisa oratorius*, *Oebalux pugnax*, *Nephottetis malayanus* et *Scotinophara caortata* Fabricius.

Parmi les espèces d'insectes rencontrées, celles appartenant aux familles des Cicadellidae: *Nephottetis nigropictus*, *Nephottetis modulatus*, *Nephottetis Cuicticeps*, *Nephottetis malayanus*, *Recillia dorsalis* Motschulsky et des Delphacidae: *Sogatella furcifera* Horvath, *Nilaparvata lugens* Stals sont les plus citées parmi les vecteurs de la panachure jaune du riz (2). Ces résultats sont semblables à ceux obtenus par Nwilene (12).

2. Ordre des Diptères

Trois familles comprenant 3 différentes espèces d'insectes ont été collectées.

La figure 2 montre la distribution des Diptères en fonction des stades phénologiques.

Orseolia oryza Wood-Mason et *Cricotoppiis sylvestris* ont été observés uniquement au stade épiaison. L'insecte foreur de tige *Diopsis thoracica* était présent presque sur tous les stades de la plante en dehors du stade épiaison où il était absent. L'espèce d'insectes dominante ici est un vecteur de la panachure jaune du riz *Diopsis thoracica* (2). Cette espèce avait fait l'objet d'une étude par Pollet (13) et ce dernier a montré que *Diopsis thoracica* ne se rencontre qu'en pépinière et à l'époque du tallage, mais quelques individus peuvent aussi être observés au début du stade de montaison. Cochereau (4) a montré que les adultes de *Diopsis thoracica* issus de la première génération

recherchent des riz plus jeunes et que les générations suivantes sont en diminution par suite de l'apparition de facteurs défavorables.

3. Ordre des Coléoptères

Dans cet ordre, quatre espèces d'insectes ravageurs et potentiels vecteurs de la panachure jaune du riz ont été collectées: *Dicladispa armigera*, *Leptispa pygmea*, *Oulema oryza* et *Trichispa sericea*. Ces espèces appartiennent toutes à la famille des Chrysomelidae.

La figure 3 montre la distribution des Coléoptères en fonction des stades phénologiques.

Nwilene (12) en étudiant la bioécologie de ces espèces, a montré que les larves et les adultes se nourrissent des feuilles des jeunes plantes. Ces espèces causent des dégâts les plus spectaculaires au stade pépinière de la plante.

Conclusion

Différentes espèces d'insectes s'attaquent au riz irrigué dans le périmètre irrigué de la Société d'Expansion et la Modernisation de la Riziculture de Maga et ces insectes sont considérés comme des potentiels vecteurs de la panachure jaune du riz.

Les aspects techniques de la riziculture intensive sont maintenant bien maîtrisés par les paysans de la zone de Maga. Cependant à côté du risque de la dégradation des sols et les dégâts causés par les oiseaux migrateurs (*Quela quela*), la prolifération rapide de la panachure jaune du riz constitue une menace sérieuse pour la poursuite de l'effort d'intensification de la riziculture et donc pour la durabilité du système. Les observations qui ont été faites sur le terrain fournissent des renseignements utiles sur les modalités de propagations de la maladie à travers la liste des insectes vecteurs de la panachure jaune du riz collectés: *Oxya*

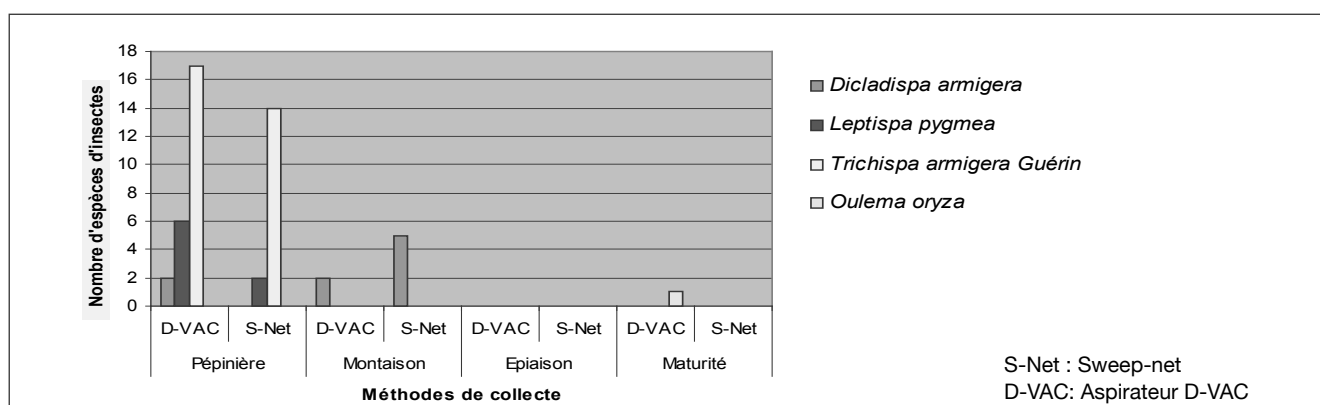


Figure 3: Les espèces de Coléoptères collectées par le D-VAC et Sweep net en fonction du stade phénologique de la plante.

intricata, *Oxya* sp., *Acrida* sp., *Di cladispa armigera*, *Leptispa pygmaea*, *Oulema oryza*, *Diopsis thoracica*, *Nephottetis* sp., *Nephottetis modulatus*, *Nilaparvata lugens* et *Recilia dorsalis*.

Outre les insectes ravageurs, les prédateurs et les parasitoïdes ont été collectés: *Vespula* sp., *Atta* sp., *Telonomus podisis*, *Trathalia flavoorbitalis*, *Opius annulicornis*, *Xanthadalia effusa rufescens*, *Echinocnemus squameus* et *Clivina* sp. Si le principe général est d'intervenir suffisamment tôt, de manière à pouvoir stopper toute pullulation, encore faut-il ne pas détruire n'importe quoi.

L'intervention humaine, pour être efficace, doit obéir à des règles très strictes qui supposent comme préalable une connaissance approfondie des ravageurs et de leurs

complexes parasites. Il importe de favoriser l'action de ces derniers et non de s'y opposer, d'autant plus que certains des ravageurs passés en revue possèdent de très nombreux ennemis qui interviennent pour limiter les populations de leurs hôtes.

Remerciements

Les auteurs adressent leurs vifs remerciements au Musée Sciences & Nature de Berlin d'avoir confirmé l'identification des spécimens ayant permis de parvenir à une identification exacte des échantillons d'insectes.

Les auteurs remercient également le lecteur anonyme pour les améliorations substantielles de notre document.

Références bibliographiques

- ADRAO., 2000, Rapport annuel, ADRAO 2000, Points saillants des activités. 12 p.
 - Bakker W., 1974, Characterisation and ecological aspects of Rice Yellow Mottle Virus in Kenya. PhD. Thesis. Agricultural University, Netherlands Agric. Res. Peps. N° 829.152 p.
 - Breniere J., Rodriguez H. & Ranaivosoa H., 1962, Un ennemi du riz à Madagascar *Maaliarpha separatella* Rag. ou borer blanc, Agro. Trop. 17, 223-302.
 - Cochereau P., 1978, Fluctuations des populations imaginaires de *Diopsis thoracica* West w. et *Diopsis apicalis* West. En liaison avec la phénologie d'un riz de bas fond à Bouaké (Côte d'Ivoire), Cahiers ORSTOM, XIII n°1, 45-48.
 - Delvare G. & Aberleng P., 1989, Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale. Clé pour la reconnaissance des familles. Labo de faunistique, département GERDAT. Montpellier, France.
 - Ekukolé G. & Ajayi O., 1995, Some observations on *Scymnus floralis* (F.) and *Ischiodon aegyptius* (Wiedmann), predators of the cotton aphid in North of Cameroon. Journal of African Zoology, 109, 93-97.
 - FAO, 2002, Annuaire statistique de productions, vol. 56, N° 176, Rome.
 - Gauld I.D. & Bolton B., 1988, *The Hymenoptera*. British Museum Natural History. London: Oxford University. Press, 332 p.
 - Guigaz, 2002, Méthodes de capture 2. Insectarium de Montréal. 54 p.
 - Heinrichs E.A., 1983, Biology and management of rice insects.
 - IRRI, 1979, Annual report, pp. 25-38. Manila, IRRI.
 - Nwilene F.E., 1999, Current status and management of insect vectors of Rice Yellow Mottle Virus (RYMV) in Africa. Insect Sci. Applic. Kenya. Vol. 19, pp. 179-185.
 - Pollet A., 1979, Le foreur blanc du riz irrigué en Côte d'Ivoire *Maliarpha separatella* Rag. Les relations plantes-insectes, Congrès lutte contre insectes en milieu tropical - Marseille, 13-16 mars 79.
- I. Sadou, Camerounais, Agronome, M.Sc. Entomologie, Attaché de recherche, Institut de la Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), B.P. 33, Maroua, Cameroun.
- N. Woin, Camerounais, Ph.D. Entomologie, Chargé de recherche, Institut de la Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), B.P. 33, Maroua, Cameroun.
- T.R. Ghogomu, Camerounais, Ph.D. Entomologie, Maître de conférence, Chef de Département de Protection des Végétaux, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, B.P. 222, Dschang, Cameroun.
- K.M. Djonmaila, Camerounais, Ingénieur Agronome, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, B.P. 222, Dschang, Cameroun

Use of Rendered Animal Protein Meals as Fish Meal Replacer in the Diets of the African Catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) Juveniles

Y. Akegbejo-Samsons^{1*} & A.E. Fasakin²

Keywords: Animal protein- Fish meal- Growth- Catfish juveniles- Nutrient- Nigeria

Summary

Feeding trials were conducted to investigate the growth response, nutrient utilization and the flesh quality of the juveniles of the African catfish, *Clarias gariepinus* fed with five different dietary protein sources. Five dry diets containing shrimp meal, blood meal, maggot meal, LT 94 fish meal and tilapia meal respectively were prepared and fed to duplicate groups of *C. gariepinus* juveniles (18.8 ± 0.7 g) to satiation for 70 days. Weight gain, growth response and feed utilization indices, and carcass composition did not vary significantly ($P > 0.05$) between treatments. Average daily growth was highest (0.93 g) in diet AM1 (fish meal), followed by diet AM5, 0.91 g (maggot meal) and the least (0.83 g) was recorded in diet AM2 (shrimp meal). The highest specific growth rate (SGR) was recorded (0.93) in diet AM1, while the least (0.87) was from diet AM2. Results indicate that diet fortified with fish meal as protein source had the highest final body weight (83.36 g), followed by maggot meal (82.21 g). Diet with shrimp meal gave the poorest average daily growth. The most cost effective diet in terms of cost per unit gain in weight of fish was obtained from maggot meal.

Résumé

Utilisation de différentes protéines animales remplaçant la farine de poissons pour alimenter des juvéniles du poisson-chat africain *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822)

Les essais ont été conduits pour enquêter sur la réponse de la qualité de la chair des juvéniles du poisson-chat africain, *Clarias gariepinus* nourris avec cinq sources de protéines différentes. Cinq aliments secs qui contiennent la crevette, du sang, du ver, LT 94 du poisson et du tilapia ont été préparés pour nourrir en duplicats des *C. gariepinus* juvéniles ($18,8 \pm 0,7$ g) à satiété pendant 70 jours. Gain du poids, et indice de conversion de l'aliment, et composition de la carcasse n'ont pas varié considérablement ($P > 0,05$) entre traitements. La moyenne de croissance journalière était plus haute (0,93 g) avec l'alimentation AM1 (repas de poisson), suivi par AM5; 0,91 g (repas de ver) et la plus faible (0,83 g) a été enregistrée avec AM2 (repas de crevette). Le plus haut taux d'augmentation spécifique (SGR) a été enregistré (0,93) avec EST 1, alors que le plus le plus petit (0,87) l'a été avec AM2. Les résultats indiquent que l'alimentation avec repas de poisson comme source de protéines permet d'atteindre le plus haut poids du corps (83,36 g), suivi par repas de ver (82,21 g). L'alimentation avec repas de crevette a donné l'augmentation journalière la plus faible. Le coût de l'alimentation le plus efficace quant au coût par gain de poids de poisson a été obtenu avec le repas de ver.

Introduction

Research in fish nutrition is focused on reducing the cost of fish feed which accounts for 40-60% of the running cost of intensive system (10).

Protein is the most expensive component in fish feeds, and the commonest source is usually fish meal, which is often scarce and generally expensive. There is growing concern to substitute fish meal with less expensive protein sources. Various sources already considered include both plant and animal origin. Replacing fish meal partially or wholly with less expensive plant and animal residues in practical diets of warmwater fish has had varying degrees of success. According to Rumsey (13) increased use of plant protein supplements in fish diets will reduce cost. However a draw back to the use of plant proteins in fish diets is the presence of a variety of endogenous anti-nutritional factors (15). The need to emphasize and investigate the use of animal based protein sources for fish production has become very important. Clarrid catfishes (*Clarias* spp. and *Heterobranchius* spp.) are highly valued food fishes in Africa and constitute prominent commercial aquaculture species widely cultivated in Africa, mainly under semi-intensive systems reaching average production levels of 40 MT/ha/yr (11). Shrimp waste-meal as alternative protein source

has been effectively utilized in poultry production (12). Its prospect for fish can be investigated. It has been observed that if well prepared, blood meal can be properly substituted for fish meal in the diet of fish (Binyotubo, 2003). Maggot meal fed to *C. gariepinus* resulted in significant growth compared to ordinary supplementary diets (16). Unsold tilapias from fish farms after total harvest are often wasted (1). From the above, fish farmers, especially in integrated fish farming systems should be educated on the best and cheapest alternative local protein source(s) to be used for high fish production in aquaculture.

Clarias gariepinus is the second most important (to Tilapia) and it is widely cultivated in the tropics. This species is omnivorous with propensity for being carnivorous. There is need for low cost feeds in order to increase its production in culture systems. This study evaluates the nutritive potentials of the common animal protein sources as partial replacement for fish meal in practical diets for the African catfish based on the effects on growth response, protein utilization carcass composition and cost implication.

¹Dept of Aquaculture & Fisheries Management. University of Agriculture, PMB 2240, Abeokuta, Nigeria.

²Dept of Fisheries & Wildlife Management. Federal University of Technology, PMB 704, Akure, Nigeria.

*Corresponding author (samsons56@yahoo.co.uk) +234 803 502 1748

Received on 14.02.06 and accepted for publication on 23.04.07.

Table 1
Formulation (g.100 g⁻¹ of dry matter), ingredient, nutrient composition (g/100 g) and cost* structure (N.kg⁻¹ as fed basis) of experimental diets for *Clarias gariepinus* juveniles

	AM1	AM2	AM3	AM4	AM5
Ingredient					
Fish meal	400	100	100	100	100
Shrimp meal	-	464	-	-	-
Blood meal	-	-	514	-	-
Tilapia meal	-	-	-	431	-
Maggot meal	-	-	-	-	471
Rice grain	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Oyster shell	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
Salt (NaCl)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Vegetable oil	2	2	2	2	2
Vitamin/Premix	4	4	4	4	4
Starch binder/chronic oxide	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Nutrient Content					
Crude protein	36.53	37.25	39.06	38.37	35.38
Crude lipid	9.58	8.17	8.27	9.01	9.33
Crude fibre	9.34	8.54	8.80	7.86	7.48
Moisture	8.86	12.65	9.48	9.85	8.78
Ash	12.20	12.65	12.10	10.45	11.05
NFE ¹	28.57	25.26	22.29	24.46	27.98
Total cost of diet (N.kg ⁻¹)	85.4	75.9	63.1	75.8	67.6
Cost of weight gain/fish (N.kg ⁻¹)	142.76	132.78	141.32	136.94	148.75

N means Naira, i.e. Nigeria's currency. 1 US \$= N130.00).

¹ Nitrogen Free Extracts= 100-(moisture+ crude protein+crude lipid+crude fibre+ash)

AM1 (Fish meal); AM2 (Shrimp meal); AM3 (Blood meal); AM4 (Tilapia meal); AM5 (Maggot meal)

* Cost of feedstuffs at the prevailing market prices in Nigeria (October 2005).

Materials and methods

Experimental diets

Shrimp meal, blood meal, maggot meal, LT 94 fish meal and tilapia meal were obtained from reputable feedstuff suppliers in Nigeria. Each feedstuff was separately milled, screened to fine particles size (< 250 µm), and triplicate samples were analyzed for proximate composition (moisture, crude protein, crude lipid, crude fibre, total ash) according to AOAC (2). Crude protein was determined using Kjeltac Auto 1030 Analyzer after digestion with concentrated H₂SO₄ in a digester. Crude lipid was estimated by extracting in chloroform: methanol (2:1) using a Soxtec extraction HT6 unit. Crude fibre was determined using a Fibretac System 1020 Hot Extractor and ash content was determined by igniting at 550 °C in a muffle furnace for 12 hours. Gross energy content was determined with a Gallenkamp adiabatic bomb calorimeter. Nutrient composition and energy content of the protein feedstuffs are presented in Table 1.

These feedstuffs were then incorporated to the measured experimental diets. The proximate composition of dietary ingredients used for the experiment is shown in Table 2. A control diet, (AM1) contained fish meal as the main protein source which was replaced with the other protein meals.

Experimental procedure

The experiment was carried out at the Hatchery complex of the FADEB Fish farm of the Department of Aquaculture and Fisheries, University of Agriculture, Abeokuta.

C. gariepinus juveniles were acclimated to experimental conditions for 14 days prior to the feeding trial. Five groups of 20 *C. gariepinus* juveniles (mean weight, 18.8 ± 0.7 g) were randomly stocked into each of 10 rectangular concrete tanks (50-litre capacity) in an outdoor system (water flow, 1 L.min⁻¹; pH, 8.2- 9.6; temperature, 25.8-32.9 °C; dissolved oxygen, 8.84-12.9 mg.L⁻¹; total ammonia, 0.19-0.4.22 mg. L⁻¹). Water quality analyses followed the methods outlined by APHA (1980). Water temperature and dissolved oxygen were measured daily using a combined digital YSI dissolved oxygen meter (YSI Model 57 YSFI; pH was monitored weekly using a pH meter (Mettler Toledo-320, Jenway, UK). Each diet was fed to *C. gariepinus* in duplicate tanks per treatment to apparent satiation twice daily (09.00 hours and 16.00 hours) for 70 days. Fish mortality was monitored daily. Individual fish in each tank was weighed at the start and every 15 days to monitor growth and feed utilization using the appropriate indices (14). At the end of the growth trial, five *C. gariepinus* juveniles were randomly selected from each tank, and frozen (-20 °C) for subsequent carcass analyses.

Table 2
Proximate composition of dietary ingredients (g/100 g dry matter)

Component	Crude protein	Lipid	Crude fibre	Ash	Moisture	NFE
Fish meal	72.7	8.2	1.1	11.6	7.8	11.3
Shrimp meal	39.5	4.1	3.0	2.8	6.9	73.7
Blood meal	81.5	1.3	1.9	12.3	9.3	49.2
Raw Tilapia flesh	20.6	8.8	12.3	9.1	5.5	53.7
Maggot meal	53.0	10.0	2.0	16.5	12.0	6.3

Table 3
Water parameters in experimental tanks for the duration of the experiment

Parameter	Range
pH	8.2 - 9.6
Temperature °C	25.8 - 32.9
Total ammonia (mg/l NH ₃ -N)	0.19 - 4.22
Total alkalinity (mg/l CaCO ₃)	279 - 469
Dissolved oxygen (mg/l)	8.84 - 12.9

Diet performance evaluation

The diet performance was evaluated according to Olvera-Novoa *et al* (18) as follows:

Weight gain (%)= (final body weight - initial body weight)/initial body weight

Specific Growth Rate (SGR%/day)= 100[(log_e final body weight- log_e initial body weight)/time, days]

Feed Conversion Ratio (FCR)= dry weight of fish fed (g)/fish weight gain

Protein Efficiency Ratio (PER)= fish weight gain (g)/protein fed (g)

Protein Productive Value (PPV)= 100 x (protein gain/ protein fed)

Statistical analysis

All data obtained were subjected to one-way analysis of variance (ANOVA) test ($P < 0.05$). When ANOVA revealed significant differences, Duncan's multiple-range test (17) was applied to characterize and quantify the differences between treatments using Statgraphics 5 Plus package for Windows (Manugistics Inc. and Statistical Graphics Corp, Maryland, US.).

Results and discussion

Table 1 presents the nutrient composition of the diets. The proximate composition of the dietary protein ingredients of the five meals is shown in table 2. The crude protein content ranged between 20.6 and 81%. The fish responded very well to the experimental diets. Fish survival remained very

high throughout the experimental period.

Water quality conditions were similar in all the tanks with the different dietary treatments (Table 3) throughout the trial and were all within the recommended optimum for *C. gariepinus* (19). The water temperature ranged from 25.8 to 32.9 °C, while the dissolved oxygen was between 8.84 and 12.9 mg/l.

Table 4 presents the performance characteristics of the experimental fish. Feed intake was not affected by treatments ($P > 0.05$). The mean final weight ranged from 77.03 to 83.36 with the least value recorded from diet AM2. The percentage weight gain ranged from 3.07 to 3.48, with diet AM1 contributing the highest value. The feed conversion ratio (FCR) was high ranging from 2.64 to 2.75 with diet AM1 contributing the highest value. Similarly the protein efficiency ratio (PER) was between 1.76 and 1.55 with the highest value obtained from diet AM1, the fish meal diet. Observations of the growth performance of the individual fish shows that for *C. gariepinus*, diet AM1 had significantly better weight gain (ADG, 0.93), specific growth rate (SGR, 0.93), and (PER, 1.76) compared to other diets. This was followed by diet AM3 (blood meal) which gave an average daily growth (ADG) of 0.89 and FCR of 2.65. The lowest average daily growth (0.83) and SGR of 0.87 were obtained from diet AM2 (shrimp meal). This proves and confirms the major concern of fish nutritionists with shrimp meal diets, which has been attributed to the high level of chitin that forms part of the protein complex. This has been found to have low digestibility for both ruminant and fish (12). As a result of poor absorption of the chitin, the energy value becomes low (9). However, preparing artificial feeds using shrimp processing wastes through fermentation was found to reduce the ash and chitin content of shrimp heads (5). The mean final weight of the experimental fish for both diets AM2 and AM4 (shrimp and raw tilapia meal respectively) were low compared to the other three diets. These two diets however showed very high values of FCR, 2.73 and 2.74 respectively when compared to others diets. This probably is suggesting that large quantities of these replacers will be required when used as replacement for fish meal. The protein productive values of the test diets fortified

Table 4
Growth response and feed utilization of *Clarias gariepinus* fed varying diets fortified with rendered animal protein meals after 70 days

Parameters	Diets					±SEM ^b
	AM1	AM2	AM3	AM4	AM5	
Initial mean body weight (g)	18.6	18.9	18.9	19.0	18.7	
Final mean body weight (g)	83.36 ^a	77.03 ^a	81.11 ^b	78.60 ^a	82.21 ^b	1.55
% Weight gain	3.48 ^a	3.07 ^a	3.29 ^a	3.14 ^a	3.40 ^a	0.09
Average daily growth (g/fish/d)	0.93 ^a	0.83 ^a	0.89 ^{ab}	0.85 ^a	0.91 ^a	0.05
Feed conversion ratio	2.75 ^a	2.73 ^a	2.65 ^a	2.74 ^{ab}	2.64 ^a	0.07
Specific growth rate (%/d)	0.93 ^a	0.87 ^a	0.90 ^a	0.88 ^a	0.91 ^a	0.03
Feed intake (g)	166.24 ^{ab}	162.19 ^a	164.73 ^a	163.10 ^a	167.38 ^a	4.04
Protein efficiency ratio	1.76 ^a	1.56 ^a	1.59 ^a	1.55 ^a	1.75 ^a	0.02
Protein productivity value (%)	40.76 ^a	42.00 ^a	40.04 ^a	39.82 ^a	40.30 ^a	0.01
Survival (%)	89	91	89	87	87	0.00

^a Values in the same row having the same letter are not significantly different ($P > 0.05$)

^b ± SEM denotes standard error of the pooled means

Table 5
Carcass composition of *C. gariepinus* fed varying artificial diets fortified with animal protein meals after 70 days

Carcass composition (%)	Initial	AM1	AM2	AM3	AM4	AM5	±SEM ^b
Moisture	68.58	69.32	68.43	68.67	68.87	68.49	NS
Protein	13.99	14.89	15.64	15.33	15.28	15.87	NS
Lipid	4.66	4.88	4.68	4.76	4.66	4.72	NS
Ash	1.33	1.99	1.73	1.45	1.45	1.32	NS

with shrimp and blood meals gave mean values of 42% and 40% respectively. These values are however very low when compared to other values obtained from similar animal-based diets used by Fagbenro (6). It could be responsible for the low final weight obtained from diets AM2 and AM4. When compared to the values obtained by Fagbenro (4), when *C. gariepinus* fingerlings, were fed amphibian meals, it was observed that the present study had greater daily growth and better protein utilization.

There was appreciable increase in the protein and lipid contents of the carcass composition of the experimental fish at the end of the study. This trend agrees with similar work done by Fashakin (7). The highest cost of producing 1 kilogram of feed was obtained from Diet AM1 (N85.4), followed by diet AM2 (N75.9), while the least was diet AM3 (N63.1). [N= Nigerian currency, 1 US\$= N130]. The most

cost-effective diet in terms of cost per unit gain in weight of fish was obtained from diet AM5 followed by diet AM1 and lastly diet AM2.

The results of this study showed that the utilization of maggot meal is the most cost effective (even though it did not give the highest final weight gain) when compared to other diets. Fish meal had the highest cost implication, even though it gave the highest mean weight gain. The use of fish meal in fish culture has been the cause of high cost of feed procurement in aquaculture. In order to enhance better and optimum utilization, it is suggested that further processing of the major ingredients (shrimp, blood, tilapia and maggot) of diets AM2, 3, 4 and 5 be carried. In addition, cost reduction in fish feed can be implemented by replacing fish meal with a combination of two or three of the major protein ingredients such as blood, shrimp and maggot meals in a compounded ration.

Literature

1. Akegbejo-Samsons Y., 1995, Ecology of the fisheries resources of coastal wetland of Ondo state and its management implications. Ph.D Thesis. Federal University of Technology, Akure, Nigeria, p. 297.
2. AOAC, 1990, Official Methods of Analysis. 15th Edition association of official analytical chemists Arlington, VA USA
3. Binyotubo I.O., 2004, Effects of supplementary feeds on the growth of *Clarias gariepinus* raised in concrete tanks. PDF Dissertation, University of Agriculture, Abeokuta, Nigeria, p. 38.
4. Fagbenro D., Balogun B., Ibironke N. & Fashina F., 1993, Nutritional value of some amphibian meals in diets for *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) (Siluriformes: Clariidae). J. Aqua. Trop. 8, 95-101.
5. Fagbenro O.A., 1996a, Preparation, properties and preservation of lactic acid fermented shrimp heads. Food Research International Vol 29, N° 7, 595-599.
6. Fagbenro O.A., 1996b, Apparent digestibility of crude protein and gross energy in some plant and animal-based feedstuffs by *Clarias ishereiensis* (Siluriformes: Clariidae) (Sydenham 1980). Journal of Applied Ichthyology, 12, 67-68.
7. Fashakin E.A., Balogun M.A. & Fasuru B.E., 1999, Use of duckweed, *Spirodea polyrhiza* L. Schleiden, as a protein feedstuff in practical diets for tilapia, *Oreochromis niloticus* L. Aquaculture Research, 30, 313-318.
8. Fisch J., 1960, Quantitative colorimetric determination of tryptophan. Journal of Biological Chemistry, 235, 999-1001.
9. Gernat A.G, 2001, The effect of using different levels of shrimp meal in laying hen diets. Poult. Sci. 80, 633-636.
10. Higgs D.A., Prendergast A.F., Dosanjh B.S., Beames D.M., Deacon G. & Hardy R.W., 1994, Canola protein offers hope for efficient Salmon production. Proceedings of an International Fish physiology symposium held July 16-21, 1994, organized and edited by Don McKinlay. 23-28 p.
11. Hecht T., 1996, The culture of *Clarias gariepinus* in southern Africa, with comments on the subsistence aquaculture in Africa. Proceedings of the world fisheries congress. Oxford and IBH Publishing, New Delhi, pp. 121-135.
12. Oduguwa O.O., Fanim A.O., Olayemi V.O. & Oteri N., 2004, The feeding value of sun-dried shrimp waste meal based diets for starter and finisher broilers. Archivos de Zootecnia, Vol 53, N° 201, 87-90.
13. Rumsey G.L., 1993, Fish meal and alternative sources of protein. Fisheries, 18, 14-19.
14. Steffens W. 1989, Principle of fish nutrition. John Wiley & Sons, New York, 384 pp.
15. Tacon A.G.J., 1993, Feed ingredients for warmwater fish: fish meal and other processed feedstuffs FAO Fisheries Circular N° 857 FAO, Rome, 64 pp.
16. Ugwumba A.A. & Abumoye O.O., 1998, Growth responses of *Clarias gariepinus* fingerlings fed live maggot from poultry droppings. In: Otubusin *et al.* (Eds) Sustainable utilization of aquatic/wetland resources. Selected papers from 9th/10th Annual Conference of the Nigerian Association for Aquatic Sciences held at the University of Agriculture Abeokuta, 30th Nov.- 2nd Dec. 1995, pp. 60-68.
17. Zar J.H., 1984, Biostatistical Analysis. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ 383 pp.
18. Olivera-Nova M.A., Campus G., Sabido G.M. & Martinez-Palacois, 1990, The use of alfalfa leaf protein concentrates as a protein source in diets for Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) Aqua. 90, 291-302.
19. Vincke M., 1969, Compte-rendu d'activité années. Division des Recherches piscicoles, Tananarive, Madagascar, pp. 56-63.

Y. Akegbejo-Samsons, Nigerian, Ph.D (Coastal Resources Mgt), Associate Professor & Lecturer, University of Agriculture, Department of Aquaculture, PMB 2240, Abeokuta, Nigeria.

A.E. Fasakin, Nigerian, Ph.D (Fish Nutrition), Professor & Lecturer, Federal University of Technology, School of Agriculture & Agricultural Technology, PMB 704, Akure, Nigeria.

Effets des outils de reprise de labour sur l'état structural du sol et le rendement d'une culture de pomme de terre

S. Chehaibi¹, C. Hannachi¹, J.G. Pieters² & R.A. Verschoore²

Keywords: Re-ploughing- Resistance penetration- Voluminous mass- Plant biomass- Tubers yield- Tunisia

Résumé

Les effets de trois outils de reprise de labour (pulvérisateur à disques, cultivateur à dents et cultivateur rotatif ou rotavator) sur deux paramètres physiques d'un sol limono-sableux (résistance à la pénétration R_p et masse volumique M_v) et leur influence potentielle sur la matière fraîche des différents organes et le rendement en tubercules d'une culture de pomme de terre (var. Liséta) ont été étudiés à la station de recherche de l'Ecole Supérieure d'Horticulture de Chott-Mariem (Sousse). Les résultats montrent que les trois outils diminuent la résistance à la pénétration et la masse volumique du sol travaillé, surtout avec le pulvérisateur à disques sur une profondeur de 15 cm ($R_p = 2,8 \text{ daN/cm}^2$; $M_v = 1,03 \text{ g/cm}^3$), par rapport à un sol non travaillé ($R_p = 11,4 \text{ daN/cm}^2$; $M_v = 1,43 \text{ g/cm}^3$). Quant à la biomasse fraîche de la plante, les meilleurs rendements sont enregistrés (à 130 jours) au niveau de la parcelle travaillée avec le pulvérisateur à disques avec un accroissement moyen de 33, 24, 18 et 15%, respectivement, pour feuilles, tubercules, tiges et racines par rapport aux parcelles travaillées par le cultivateur à dents ou le rotavator. En outre, le pulvérisateur à disques a également donné le meilleur rendement en tubercules engendrant une augmentation de 21 et 24%, respectivement, par rapport au cultivateur à dents et au rotavator.

Summary

Effects of Shallow Plowing Tools on the Soil Structural State and the Potatoes Crop Yield

Effects of three tillage tools (disc harrow, teeth harrow and rotary cultivator) on two physical characteristics of silt-sandy soil (resistance to the penetration R_p and voluminous mass M_v) and their potential influence on fresh matter and total yield of potato were studied at the experimental field of the Horticultural School, Chott-Mariem (Sousse). Results show that the three tools reduce the resistance penetration and the voluminous mass of soil tilled especially using disc harrow at 15 cm depth ($R_p = 2.8 \text{ daN/cm}^2$ and $M_v = 1.03 \text{ g/cm}^3$) compared with non tilled soil ($R_p = 11.4 \text{ daN/cm}^2$, $M_v = 1.43 \text{ g/cm}^3$). Highest fresh matter yield was obtained (at 130 days) after soil ploughing with disc harrow showing an average increase of 33, 24, 18 and 15% respectively for leaves, tubercles, stems and roots compared with other tools. Best tubercles yield was also reached using disc harrow showing an increase of 21% and 24% compared, respectively, to teeth harrow and rotary cultivator.

Introduction

Au niveau de la mécanisation de l'agriculture, il est souvent difficile d'apprécier le comportement des machines de travail du sol. En effet, on peut obtenir des informations sur les aspects énergétiques de l'utilisation des outils de travail du sol (effort de traction, couple à la prise de force, etc.), mais la qualité du résultat obtenu dans les diverses couches du sol fait défaut (2). Un sol bien structuré permet une bonne germination des graines et un bon développement racinaire des plantes. En plus, le travail du sol vise l'enfouissement des débris végétaux, l'ameublissement de la couche arable, la formation du lit de semence, la répartition de la terre fine et des mottes, la maîtrise de la propagation des mauvaises herbes, des parasites et des maladies, l'incorporation des engrais, etc. (14).

Le labour accroît la porosité structurale du sol (13), diminue la résistance du sol à la pénétration des racines (18) et facilite les échanges gazeux. Ces résultats ont été mesurés chez deux cultures: la pomme de terre et la betterave (12). De son côté, Maertens (9) a établi le rôle important de la résistance mécanique à la pénétration et l'action des autres propriétés physiques du sol en place, sur le développement racinaire, par les voies laissées libres pour le cheminement des racines entre les agrégats.

Cependant, ces actions de labour sur le sol lui-même et sur le comportement des plantes cultivées dépendent de la nature de l'outil utilisé pour le travail du sol (1, 6). Ainsi, l'objectif du présent travail consiste à tester trois types d'outils de reprise sur un sol limono-sableux préalablement

labouré sur une profondeur de 25 cm et cultivé en pomme de terre. Ces outils, pulvérisateur à disques, cultivateur à dents rigides et cultivateur rotatif, sont couramment utilisés dans les exploitations maraîchères du Sahel tunisien (Sousse, Monastir et Mahdia).

Matériel et méthodes

Les essais sont effectués sur une parcelle, située à Chott-Mariem, caractérisée par un sol limono-sableux (limon: 52%, sable: 29%, argile: 19%) et une pente de 1,5%. Le sol de cette parcelle est labouré sur une profondeur de 25 cm par une charrue à socs (largeur de travail 1,20 m). La reprise du labour est réalisée par un cultivateur rotatif (28 couteaux), un cultivateur à dents (13 dents) ou un pulvérisateur à disques offset (19 disques). Ces outils sont attelés à un tracteur de 52 kW de puissance et ont respectivement une largeur de travail de 1,30 - 1,75 et 2 m.

Préalablement, le sol est fertilisé (12,5 tonnes/ha de fumier, 200 kg/ha de superphosphate triple P_2O_5 à 45% et 400 kg/ha de sulfate de potasse K_2O à 50%) puis planté en pomme de terre, variété Lista (tubercules classe A, diamètre 50 mm, prégermés) à la densité de 4 plants par m^2 (80 cm x 30 cm). Durant le cycle cultural (novembre-février), la culture a reçu un apport d'ammonitrate (45 kg/ha), un désherbage chimique au Linuron (matière active Linuron à 50%, 2 kg/ha) et un buttage.

Les mesures ont concerné le sol (résistance à la pénétration

¹Ecole Supérieure d'Horticulture de Chott-Mariem, 4042 Chott-Mariem, Tunisie.

Tél.: 00 216 73 348 544/546, Fax : 00 216 73 348 691

e-mail: chehaibi3@yahoo.fr

²Department of Agricultural Engineering, Ghent University, Coupure Links 653, 9000 Ghent, Belgium.

Reçu le 03.05.05 et accepté pour publication le 26.04.07.

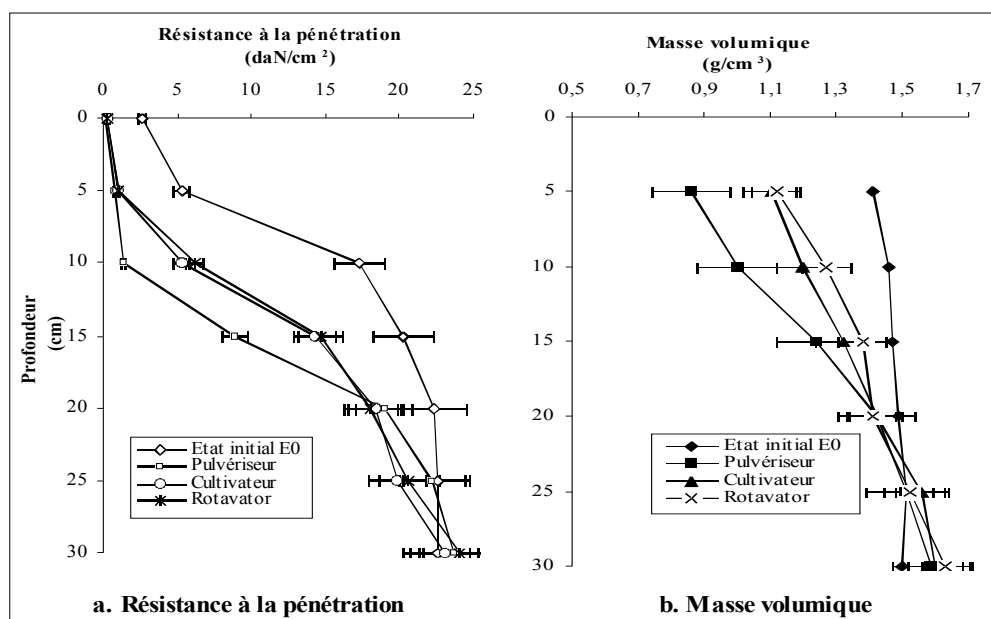


Figure 1: Effets des outils de reprise de labour sur la structure du sol.

et masse volumique) et la plante de pomme de terre (matière fraîche et rendement en tubercules).

La résistance du sol à la pénétration est mesurée par un pénétromètre à pointe conique (angle= 30°, section= 3,2 cm², anneau dynamométrique= 500 daN) étalonné (4). Les mesures de la résistance du sol sont réalisées, sur une profondeur de 30 cm à raison de 7 mesures caractérisant chaque fois 5 cm de sol.

La masse volumique sèche du sol (g/cm³) est mesurée sur une carotte cylindrique de terre de (diamètre= 5 cm, hauteur= 5 cm) prélevée avec un densimètre à cylindre; les échantillons sont prélevés tous les 5 cm, sur une profondeur totale de 30 cm (19).

Pour une meilleure comparaison des différences de structure obtenues au niveau des horizons concernés par l'action des outils de reprise de labour, le profil cultural a été également observé (9, 11). Il est également à signaler, que l'état structural du sol avant (état initial E0) et après passage des outils a été évalué par deux (masse volumique) à trois mesures (résistance du sol à la pénétration) par répétition. Ces mesures sont faites diagonalement à chaque parcelle élémentaire, loin des bords. La teneur en eau pondérale du sol est de 13,3 et 15,8% sur l'horizon 0-40 cm, respectivement avant et après passage des outils.

La matière fraîche des organes de la plante (feuilles, tiges, racines et tubercules) est déterminée pour 15 plantes par traitement, trois fois durant le cycle végétatif de la culture, soit 60, 100 et 130 jours après plantation. Le rendement en tubercules est évalué à la fin de la culture (130 jours).

Après un labour profond (25 cm), les 4000 m² de superficie sont divisés en trois blocs (1330 m²). Un bloc est divisé en trois parcelles; chacune d'elles a reçu un recroisement après labour en deux reprises par un pulvérisateur à disques, un cultivateur à dents ou un cultivateur rotatif. Ainsi, dans chaque bloc, le recroisement par chaque outil a concerné une parcelle élémentaire (1330/3 m²) dont l'emplacement est aléatoire par rapport aux deux autres. Le traitement statistique de l'ensemble des mesures réalisées pour les différentes variables a été basé sur la méthode de l'analyse de la variance.

Résultats

• Résistance du sol à la pénétration

Selon la figure 1a, sans labour (état E0), la résistance du sol à la pénétration augmente avec la profondeur. En effet, elle

Tableau 1
Carrés moyens des analyses de variance de la résistance et de la masse volumique du sol obtenues avec trois outils de reprise de labour

Source de variation	ddl	Résistance du sol	ddl	Masse volumique
Blocs	2	0,012 ^{ns}	2	0,017 ^{ns}
Traitements	2	26,79**	2	0,12**
Profondeur	3	290,13**	2	0,18**
Trait x prof	6	7,81**	4	0,006 ^{ns}
Erreur	27	34,08	18	0,024

Tableau 2
Valeurs moyennes des paramètres du sol obtenus avec trois outils de reprise de labour

Résistance du sol	Prof (cm)	Pulvérisateur	Cultivateur	Rotavator
	0	0,14a	0,28a	0,28a
	5	0,7a	0,93a	1,02a
	10	1,30a	5,25b	6,18b
	15	8,89a	14,25b	14,62b
Masse volumique	5	0,86a	1,11b	1,12b
	10	1,0a	1,21b	1,27b
	15	1,24a	1,32ab	1,38b

Les valeurs d'une même colonne portant la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5%.

passa de 5 daN/cm² au niveau des 5 premiers cm à 20 daN/cm² à une profondeur de 30 cm. Après travail, elle augmente également en fonction de la profondeur du sol, mais sa valeur reste inférieure à celle d'un sol non labouré. Les trois traitements ont un effet significatif sur la résistance du sol (Tableau 1) pour l'ensemble des profondeurs concernées. Une différence significative est mise en évidence entre le traitement 1 et les autres sur les profondeurs 10 et 15 cm (Tableau 2), où le pulvérisateur à disques réduit plus ce paramètre physique que le cultivateur à dents et le cultivateur rotatif. Mais, au-delà de 15 cm, cette différence d'effet entre les trois outils s'annule. En outre, sur toute la profondeur (0 à 30 cm), les valeurs de la résistance à la pénétration du sol travaillé par le cultivateur à dents sont presque identiques à celle du sol travaillé par le cultivateur rotatif.

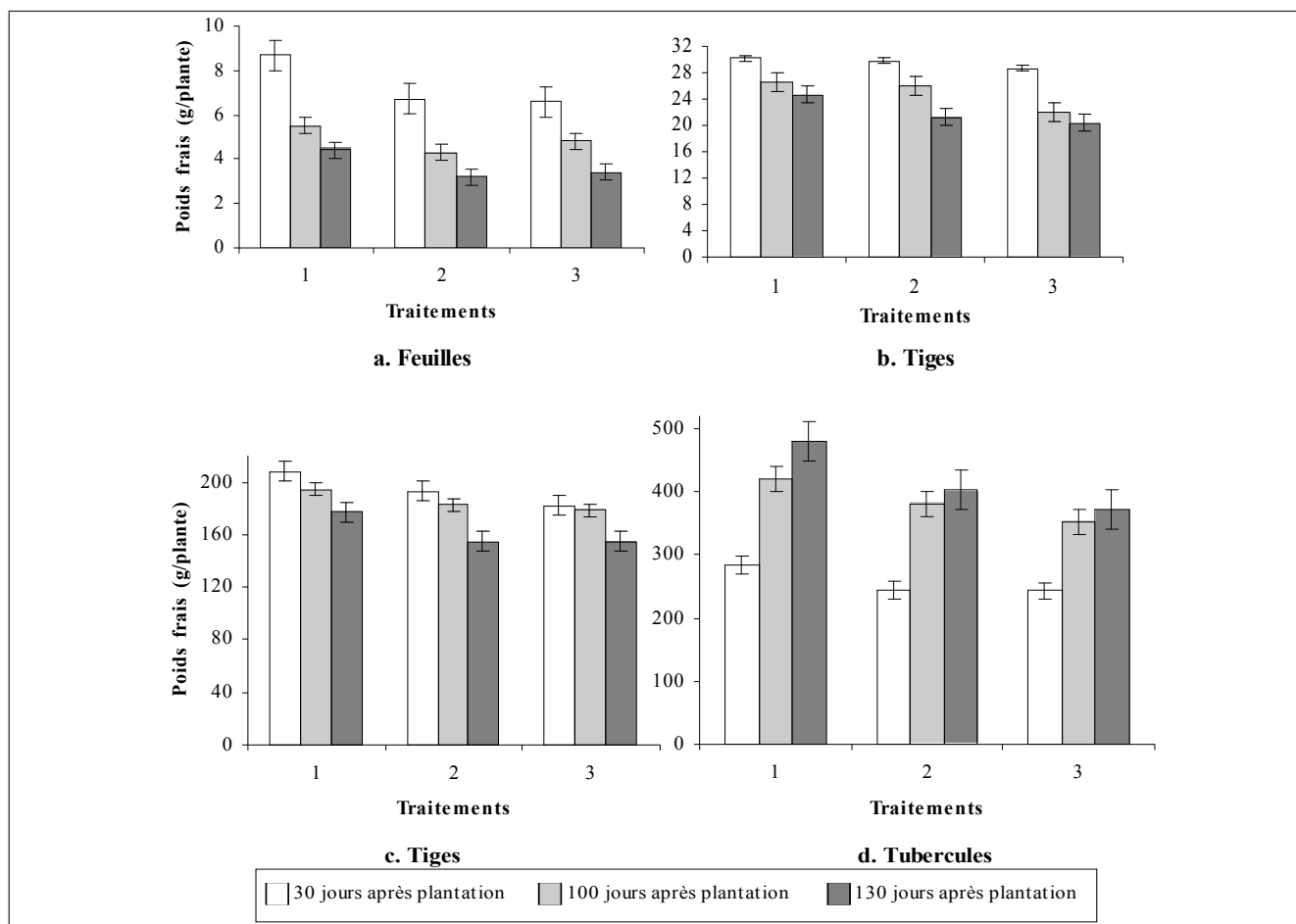


Figure 2: Effets des outils de reprise du labour sur le poids frais des différents organes de la plante.

• Masse volumique

Sur sol non travaillé (état E0), la masse volumique sèche (Figure 1b), ne varie pratiquement pas avec la profondeur (0 à 30 cm), elle vaut aux alentours de 1,5 g/cm³. Mais, ce paramètre varie dès que le sol est travaillé par l'un des trois outils. Cette variation dépend de la profondeur: elle diminue jusqu'à 25 cm puis elle augmente jusqu'à 30 cm; à 25 cm, elle est égale à celle d'un sol non travaillé. En comparant les effets des trois outils, la Figure 1b montre que, sur les 20 premiers centimètres, le pulvérisateur réduit plus la masse volumique du sol que le cultivateur et le rotavator, ce dernier le réduisant moins que le second. Au-delà de 25 cm, les mesures ne diffèrent pas selon l'outil utilisé et le sol présente un horizon plus dense qu'à l'état initial.

Le traitement statistique (Tableau 1) met en évidence un effet significatif des trois traitements sur la masse volumique du sol pour les profondeurs travaillées. Le pulvérisateur à disques (traitement 1) diffère significativement des deux autres pour les profondeurs 5 et 10 cm, mais il diffère seulement du rotavator pour la profondeur 15 cm (Tableau 2).

• Biomasse de la plante

L'examen du rendement en matière fraîche des quatre organes de la plante (feuilles, tiges, racines et tubercules) de pomme de terre, variété Lista (Figure 2), prélevés à 30, 60 et 130 jours après plantation, montre que les plantes cultivées sur les parcelles travaillées avec le pulvérisateur à disques ont donné le meilleur développement. Par exemple, à 130 jours, l'accroissement du rendement en poids frais est de 33, 24, 18 et 15% respectivement pour les feuilles, les tubercules, les tiges et les racines. Déterminée après 30, 60 ou 130 jours après plantation, la biomasse des plantes cultivées sur sol travaillé par cultivateur à dents ne diffère

significativement pas de celle des plantes cultivées sur sol travaillé par rotavator. Toutefois, la décroissance du poids frais des organes de la plante entre 30 et 100 jours est due essentiellement à la sénescence au cours du temps (feuilles et tiges) et la déshydratation (feuilles, tiges et racines). Parallèlement, à ces deux phénomènes, il y a une accumulation progressive des réserves glucidiques dans les tubercules qui se traduit par une augmentation du poids frais.

Tableau 3
Carrés moyens des analyses de variance des paramètres agronomiques d'une culture de pomme de terre conduite avec trois outils de reprise de labour

Source de variation	ddl	Feuilles	Tiges	Racines	Tubercules
Blocs	2	11,12 ^{ns}	50,79 ^{ns}	0,34 ^{ns}	463 ^{ns}
Traitements	2	513,8*	20,13 ^{ns}	1,16**	9093*
Erreur	4	60,44	53,91	0,053	979

Tableau 4
Poids frais moyens des paramètres agronomiques d'une culture de pomme de terre conduite avec trois outils de reprise de labour

Traitement	Feuilles	Tiges	Racines	Tubercules
	177,3a	24,6a	4,4a	480a
Cultivateur	154,5b	21,2a	3,4b	404b
Rotavator	154,6b	20,4a	3,2b	373b

Les valeurs d'une même colonne portant la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5%.

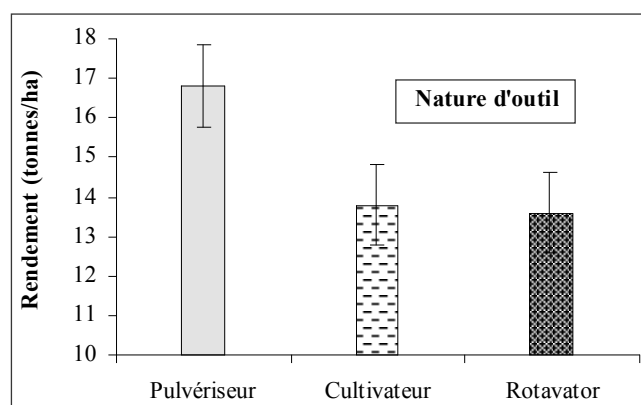


Figure 3: Effets des outils de reprise du labour sur le rendement des tubercules.

L'analyse statistique réalisée au stade 130 jours après plantation (Tableau 3) montre, à l'exception des tiges, un effet significatif des trois traitements sur les autres paramètres de la plante. Le pulvériser à disque (traitement 1) diffère significativement des deux autres pour les feuilles, racines et tubercules (Tableau 4).

Quant au rendement en tubercules (t/ha), (Figure 3), les plantes cultivées sur sol travaillé par le pulvériser à disques ont donné le meilleur rendement (17 T/ha), soit un accroissement de 21% par rapport aux plantes cultivées sur sol travaillé par cultivateur à dents et de 24% par rapport aux plantes cultivées sur sol travaillé par rotavator. Le pulvériser diffère significativement des deux autres outils (Tableaux 5 et 6).

Discussion

Il apparaît que les trois outils de reprise du labour ont réduit les paramètres physiques du sol dans les horizons travaillés. C'est ainsi que le travail du sol dans son ensemble, en diminuant la masse volumique et la résistance

Tableau 5

Carrés moyens des analyses de variance du rendement d'une culture de pomme de terre conduite avec trois outils de reprise de labour

Source de variation	ddl	cm
Blocs	2	0,04ns
Traitements	2	0,09*
Erreur	4	0,007

Tableau 6

Rendement moyen d'une culture de pomme de terre conduite avec trois outils de reprise de labour

Traitements	Pulvériser	Cultivateur	Rotavator
Rendement moyen tonnes/ha	16,8a	13,8b	13,6b

Les valeurs d'une même colonne portant la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5%.

du sol, a augmenté par conséquent la porosité totale du sol considéré, car un sol qui devient moins dense est un sol qui renferme plus de macro pores. Ces résultats confirment ceux de Güclü *et al.* (8) qui ont montré que ce sont la masse volumique du sol et sa résistance à la pénétration qui sont les plus modifiées par les outils de travail du sol.

Le travail au pulvériser à disques a réduit davantage les paramètres de caractérisation de la structure du sol (résistance à la pénétration et masse volumique). En effet, il a conduit à une structure formée d'un mélange non tassé, de petites mottes et de terre fine sur l'horizon travaillé (Figure 4a). Ce qui pourrait influencer la porosité modifiée du sol et par conséquent sa capacité de rétention en eau.

Le cultivateur à dents a permis une structure formée d'un mélange de mottes de taille réduite et de terre fine aux endroits de passage des dents, et de mottes de taille plus importante avec moins de terre fine au niveau de l'entre dents (Figure 4b). Cet état du sol est plus dense impliquant des réserves en eau limitées par rapport au travail du sol à l'aide d'un pulvériser à disques.

Quant au rotavator agissant par sectionnement et par choc, il a réalisé une structure meuble formée de particules de terre fine plaquées les unes contre les autres et mélangées avec des mottes de petite taille dans une proportion assez réduite (Figure 4c). Cette structure résulte du fait d'un émiettement excessif du sol suite à la rotation à vitesse élevée (240 tr/min) du rotor par rapport à un avancement lent du tracteur (4,1 km/h). Ce résultat confirme celui de Vitlox (17), qui a montré que la rotation à vitesse élevée des outils commandés par la prise de force conduit à un émiettement excessif du sol sur la profondeur travaillée.

Toutefois, les résultats obtenus dans l'horizon travaillé par l'ensemble des outils, confirment ceux de De Blic (5) et de Yoro et Godo (19) qui ont montré que la résistance du sol à la pénétration et sa masse volumique permettent de distinguer l'état physique d'un sol soumis à divers outils de travail. Cependant, entre cet horizon et la zone d'action de la charrue, il y a présence de grosses mottes indiquant une compacité élevée du sol. Au-delà des horizons travaillés par la charrue, les différents outils ont engendré un effet de tassement du sol. Ceci est probablement dû aux vibrations du moteur, au poids des ensembles tracteur-outil et au patinage des roues (15).

A un autre niveau, il s'avère que l'accroissement du rendement en matière fraîche des organes de la plante (feuilles, tiges, racines et tubercules) de pomme de terre et du rendement en tubercules réalisé par le pulvériser à disques est étroitement lié à la structure obtenue. En effet, Tamia *et al.* (16) ont montré que dans des horizons peu compacts, la densité racinaire peut être 3 à 5 fois plus importante que dans des horizons tassés. En outre, selon Charreau et Nicou (4) et Nicou (12), le travail du sol a un effet favorable sur les systèmes racinaires. Il améliore en particulier la vitesse de croissance en début de cycle et la colonisation du sol en profondeur. Cet effet est attribué à une modification de la porosité du sol et à une réduction de la résistance mécanique du sol à la pénétration des racines, ce sont les deux propriétés physiques du sol qui

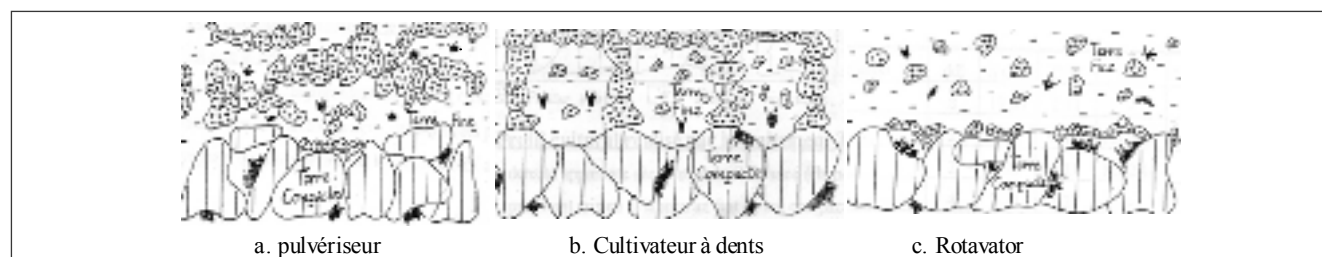


Figure 4: Profil cultural selon l'outil de reprise du labour.

sont, en effet, les plus modifiées par le labour. Les travaux de Gaultney *et al.* (7) ont montré que dans des structures plus meubles le rendement des cultures peut être amélioré de 25%.

Conclusion

Au terme de ce travail ayant pour but l'étude des effets de trois modes de reprise du labour sur les composantes de la structure du sol et sur le comportement agronomique d'une culture de pomme de terre, il apparaît que l'application du pulvérisateur à disques permet une meilleure structure caractérisée par une masse volumique et une résistance du sol à la pénétration plus faibles que celles obtenues avec le cultivateur à dents et le rotavator. En effet, la réduction de la résistance du sol à la pénétration par rapport à l'état initial sur l'horizon 0-15 cm attribuée au pulvérisateur est de 307%,

contre 120 et 104% respectivement pour le cultivateur à dents et le rotavator. En outre, la masse volumique du sol a subi dans le même contexte, une diminution de 40% suite au passage du pulvérisateur contre 20 et 15% pour les autres.

Quant aux paramètres agronomiques de la plante, il apparaît qu'ils sont étroitement liés à l'état structural du sol. Les différences de structure procurées par le pulvérisateur ont abouti à un meilleur développement des organes aériens et souterrains de la pomme de terre. Cet effet est attribué à la modification de la masse volumique et à la réduction de la résistance mécanique du sol à la pénétration des racines. En conséquence, la vitesse de croissance du système racinaire en profondeur est améliorée. Ce qui a conduit à des améliorations de rendement réalisées dans un sol préparé avec le pulvérisateur d'au moins de 21% par rapport aux autres outils.

Références bibliographiques

- Anken T., Irla E., Amman H., Heusser J. & Scherrer C., 1999, Travail du sol et mise en place des cultures. Rapport FAT n° 534, 3 p.
- Billot J.F. & Marionneau A., 1985, Visualisation de l'action qualitative des outils au moyen de la pénétrométrie. Colloque international: le travail du sol. Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat de Gembloux.
- Billot J.F., 1989, Pénétrométrie, choix des outils et dates de travail du sol. Dublin, volume 3, 1729-1736.
- Charreau C. & Nicou R., 1971, Amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest-africaine et ses incidences agronomiques. L'Agronomie Tropicale N° 209-255, N°5 565-631, N°9 903-978, N°11 1184-1247.
- De Blic P., 1990, L'examen du profil cultural: un outil pour mieux comprendre le comportement du sol soumis à des travaux aratoires. In: organic matter management and tillage in humid and subhumid Africa. IBSRAM Proceedings, n° 10, Bangkok, 385-399.
- Dufey V. & Prade J., 1985, Technico-économique du travail du sol. Colloque international: le travail du sol. Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat de Gembloux.
- Gaultney G., Krutz W., Steinhardt G.C. & Liljedahl J.B., 1982, Effects of subsoil compaction on corn yields. Transactions of the ASAE, 25, 3, 563-569.
- Güclü Yavuzcan H., Vatandas M. & Gürhan R., 2002, Soil strength as affected by tillage system and wheel traffic in wheat- corn rotation in central Anatolia. Journal of Teeamechanics, 39, 23-34.12.
- Hénin S., Feodoroff A., Gras R. & Monnier G., 1960, Le profil cultural. Société d'éditions ing. agric. Édit., Paris. 320 p.
- Maertens C., 1964, Influence des propriétés physiques des sols sur le développement racinaire et conséquences sur l'alimentation physique et azotée des cultures. Science de Sol, 2, 31-41.
- Manichon H., 1982, Influence des systèmes de culture sur le profil cultural: élaboration d'une méthode de diagnostic basée sur l'observation morphologique. Thèse Doct. Ing. INA PG Paris 214 p.
- Nicou R., 1977, Le travail du sol dans les terres exondées du Sénégal. Motivations, contraintes. Doc. mult ISRA CNRA, Bambey, Sénégal. 52 p.
- Ouattara B., Sédogo F.L., Assa A., Lompo F., Ouattara K. & Fortier M., 1998, Modifications de la porosité du sol après trente-trois années de labour d'enfouissement du fumier au Burkina Faso. Cahiers Agriculture, Volume 7, Numéro 1, pp. 9-14.
- Seguyl., 1994, Contributions à l'étude et la mise au point des systèmes de cultures en milieu réel: petit guide d'initiation à la méthode de «création-diffusion» de technologie en milieu réel-résumé de quelques exemples significatifs d'application. Montpellier, CIRAD-Ca, 191 p.
- Soane B.D., 1973, Techniques for measuring changes in the packing state and cone resistance of soil after the passage of wheels and tracks. J. Soil Sci. 24, 3, 311-321.
- Tamia A., Moreau R., Fortier M. & Yoro G., 1999, Influence du travail du sol sur l'évolution physique d'un sol forestier ferrallitique après défrichement motorisé. Etude et Gestion des sols, 6, 1, 27-39.
- Vitlox Ir. O., 1984, Tassement du sol et décompaction. Cultivar, n° 175, pp. 57-59.
- Vitlox Ir. O., 1985, Compaction des sols. Colloque international: le travail du sol. Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat de Gembloux.
- Yoro G. & Godo G., 1990, Les méthodes de mesure de la densité apparente: analyse de la dispersion des résultats dans un horizon donné, Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. XXV, n°4, 423-429.

S. Chehaibi, tunisien, Docteur en machinisme agricole, Maître-Assistant à l'Ecole Supérieure d'Horticulture de Chott Mariem, Sousse, Tunisie.

C. Hannachi, tunisien, Docteur en Sciences Biologiques Appliquées, Maître de conférence à l'Ecole Supérieure d'Horticulture de Chott-Mariem, Sousse, Tunisie.

J. Pieters, belge, Docteur en Sciences Biologiques Appliquées, Professeur à la Faculté de Gent, Belgique.

R. Verschoore, belge, Docteur en Sciences Biologiques, Professeur à la Faculté de Gent, Belgique.

Valorisation de *Cassia obtusifolia* L. dans l'alimentation des ovins d'embouche en région sahélienne du Burkina Faso

A. Kiema^{1*}, A.J. Nianogo^{2,3}, J. Somda⁴ & T. Ouédraogo⁴

Keywords: *Cassia obtusifolia*- Fattening- Sheep- Cotton seed cake- Soybean straw- Burkina Faso

Résumé

L'objectif de cette étude a été de déterminer les performances zoo économiques de la substitution des fanes de niébé et des tourteaux de coton (TC) par les fanes de *Cassia obtusifolia* dans l'alimentation des ovins sahéliens en embouche. Les travaux ont été conduits avec 60 béliers entiers de race sahélienne d'âge moyen compris entre 8 et 10 mois en milieu paysan. Cinq rations incorporant *Cassia obtusifolia* en substitution des fanes de niébé (*Vigna unguiculata*) et des TC à des taux variant entre 0 à 20% de la matière sèche de la ration ont été testées. La ration témoin comportait des taux de TC à hauteur de 40% et les fanes de niébé à 20%. Les résultats montrent que les rations de substitution à base de *Cassia obtusifolia* se sont révélées très intéressantes. Au plan zootechnique, les animaux ont enregistré des gains moyens quotidiens variant de $56,6 \pm 22,3$ g/animal pour la ration témoin à $105,2 \pm 33,7$ g/animal pour les rations de substitution. L'évaluation économique a également montré que les rations de substitution de TC à hauteur de 25% et 50% ont des coûts variables de production relativement faibles mais des bénéfices totaux élevés (12.874,9 et 7.270,7 FCFA respectivement). Ces rations peuvent être donc recommandées aux producteurs quelque soit leur niveau de ressources. En revanche, la ration substituant uniquement les fanes de niébé par *Cassia obtusifolia* à hauteur de 50% par rapport à la ration témoin, présente des coûts de production encore élevés mais aussi des bénéfices élevés. Cette ration pourrait être recommandable aux producteurs ayant des capacités d'investissement assez conséquentes.

Summary

Use of *Cassia obtusifolia* L. as Feed Resource for Ram Fattening in the Sahelian Region of Burkina Faso

The objective of this study was to analyse economic and technical performances of the use of straws from *Cassia obtusifolia* as substitute feed to soybean straws and cotton seed cake for ram fattening in the Sahelian region of Burkina Faso. Five feed rations were tested with different levels of *Cassia obtusifolia* in substitution to soybean straws (*Vigna unguiculata*) and cotton cake at rates varying between 0 to 20%. The control ration contained 40% of cotton cake and 20% of soybean straws. The results show that *Cassia obtusifolia* (CO) is an efficient feed resource. The average growth rate varied from 56.6 ± 22.3 g/day/animal in the control group to 105.2 ± 33.7 g/day/animal in the groups fed CO. Economically, rations with 25% and 50% cassia substituted to cotton cake showed low variable costs and high profit. These rations are likely to be accessible to any farmers regardless to their resources. On the other hand, the diet with 50% CO substituted to soybean straws maintained high profits, in spite of high production costs. This ration could only be accessible to farmers owning relatively important resources.

Introduction

En région sahélienne du Burkina Faso, l'embouche ovine est une pratique répandue qui valorise les animaux à diverses occasions (Tabaski, fête de fin d'année, etc.), notamment grâce à l'exportation vers les centres urbains (Ouagadougou, Bobo Dioulasso, Lomé, Abidjan, Lagos, etc.).

Cependant l'activité est confrontée à des problèmes alimentaires vu l'insuffisance et le coût des intrants modernes (sous-produits agro-industriels) entrant dans la production pour les régions éloignées des zones de production comme le Sahel; les zones de production sont situées dans la partie sud du pays (16). A ceci s'ajoute la disponibilité limitée en fanes de niébé.

Face à cette situation, plusieurs types de stratégies ont déjà été développées pour substituer partiellement les besoins des animaux en intrants modernes avec l'incorporation des gousses et feuilles de certains ligneux répandus dans la région d'étude telles *Acacia raddiana*, *Piliostigma reticulatum*, *Pterocarpus lucens*, etc. (12, 13).

Cassia obtusifolia qui fait l'objet de cet article est une légumineuse tropicale de la famille des caesalpiniaceae (9)

bien installée au Burkina Faso. Ses fanes et gousses, très bien consommées par les petits ruminants à l'état sec (6), riches en azote et en énergie, peuvent être utilisées comme aliment pour le bétail. Les valeurs bromatologiques en protéine, et fibres brutes de cette espèce sont respectivement de 12,7% et de 26,8% (14). De plus, cette plante est de plus en plus envahissante sur les pâturages, particulièrement dans les dépressions et bas-fonds à haut potentiel de production fourragère (7). Elle colonise également les parcelles aménagées des pâturages dégradés récupérés avec les techniques de sous-solage, de demi-lune, de digues filtrantes, de cordons pierreux, etc. Sur ces parcelles, les contributions spécifiques de *Cassia* peuvent dépasser les 50% et la production de biomasse induite dépasse les 70% par rapport à toutes les autres espèces cumulées (5, 8).

La maîtrise de l'incorporation du foin de *Cassia* par les éleveurs peut permettre de maximiser les gains économiques lors de la finition des animaux d'embouche, en substituant les tourteaux et les fanes, plus chères et moins disponibles. L'utilisation de *Cassia obtusifolia* comme foin

¹ Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, Centre Régional de Recherches Environnementales et Agricoles du Sahel, BP. 80, Dori, Province du Séno, Burkina Faso.

² Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural (IDR), B.P. 1091, Burkina Faso.

³ Union mondiale pour la nature (UICN), 01 BP. 3133, Ouagadougou 01, Burkina Faso.

⁴ Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA); CREA / Kamboinsé, BP. 476, Ouagadougou, Burkina Faso.

*Adresse pour la correspondance: Kiema A.: Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, CRREA / Sahel, BP. 80, Dori, Province du Séno, Burkina Faso. Tél.: (226) 40 46 00 54, Fax: (226) 40 46 04 39. E-mail: andre_kiema@yahoo.fr ou andre.kiema@coraf.org.

Reçu le 22.02.06 et accepté pour publication le 10.05.07.

dans l'alimentation des animaux par les éleveurs constitue également une stratégie de gestion des zones pastorales car *Cassia* n'est pas consommée à l'état vert durant la saison des pluies. La coupe et la fenaison permettront de contrôler sa présence sur les parcelles en fonction des besoins de production et de favoriser l'installation d'autres espèces plus appréciées en saison pluvieuse. Cet article évalue les effets du remplacement partiel des fanes de niébé et des tourteaux de coton (mélange de tourteau et de coques de graines de coton) par les fanes et gousses de *Cassia obtusifolia* dans des rations alimentaires sur les performances de croissance des ovins d'embouche et sur la rentabilité de cette substitution.

Matériel et méthodes

1. Description de la zone d'étude

La zone d'étude est située à l'extrême nord du pays compris entre le 13^{ème} degré et le 15^{ème} degré de latitude Nord (19). Elle couvre une superficie de 36 166 km² et représente 13,2% du territoire (17). Le climat de cette zone est de type sahélien caractérisé par une pluviosité moyenne annuelle inférieure à 400 mm. Il se caractérise par une saison pluvieuse de trois à quatre mois qui s'étale de juin - juillet à septembre et qui est sujette à de fortes variations et, une saison sèche qui dure neuf mois (2). Les sols sont marqués par un aplanissement très poussé résultant d'une longue évolution géomorphologique (10). Ils sont en général très diversifiés et en majorité de mauvais supports physiques pour la végétation en raison de leur faible perméabilité; ce qui freine l'infiltration de l'eau. La végétation est du domaine des steppes qui se caractérisent essentiellement par une formation herbeuse ouverte. Elle correspond au domaine phytogéographique sahélien décrit par Guinko (3). Le milieu humain se caractérise par une population de 708 332 habitants composée de 50,16% de femmes contre 49,84% d'hommes avec une densité de 19,2 habitants au km² (4). Les principaux groupes ethniques se composent des foubés (Peulh) 44%; des Touareg (Touareg, Bella, Maure, Hawanabe) 7,1%; des Mossi 10,1%; des Fulcés 10,6%; et des Songhaï 10,3%.

L'activité socio-économique est marquée par la coexistence entre l'agriculture et l'élevage. Les autres activités telles que le commerce, l'orpaillage, l'artisanat, etc., sont secondaires. L'agriculture constitue la principale activité socio-économique pour plus de 82% des sahéliens. Le mil (*Pennisetum typhoides*) et le sorgho (*Sorghum bicolor*) sont les spéculations les plus importantes. Cependant, on note que les superficies des cultures et des jachères ne représentent qu'un dixième de la superficie exploitée par l'élevage. Cet élevage est dominé par les ruminants composés de bovins, d'ovins et de caprins et a connu ces dernières années une augmentation significative des effectifs du cheptel. En l'espace de 10 ans, le cheptel a augmenté de 19,5% pour les bovins; 30,04% pour les ovins

et 27,9% pour les caprins. L'alimentation des animaux provient de trois sources essentielles qui sont: les pâturages naturels (herbacées et ligneux), les résidus de récoltes (paille de céréales, fanes de légumineuses, le son, les fanes d'oseille et de sésame), et les produits de cueillette (bulbes de nénuphars). Les résidus de récolte et les produits de cueillette sont surtout utilisés sous forme de compléments alimentaires pour les animaux adultes affaiblis par la fin de saison sèche, pour les jeunes animaux (veau) et pour les vaches laitières. De plus en plus, ces différents aliments sont également utilisés pour conduire les activités d'embouche. En plus des trois principales sources d'alimentation des animaux ci-dessus mentionnées, les éleveurs font recours aux sous produits agro-industriels (SPA) constitués surtout de tourteau de coton et de son de blé achetés dans les marchés locaux.

La contrainte majeure de la zone se caractérise par la pression humaine et la dynamique climatique qui occasionnent une exploitation de plus en plus intensive des ressources et de ce fait contribue à provoquer une crise sérieuse des systèmes de vie pastorale et des changements parfois dramatiques dans l'écologie des populations agro-pastorales (17).

2. Les enquêtes socio - économiques

Afin de mieux accompagner la mise en évidence de l'intérêt de la formulation de nouvelles rations, une enquête socio-économique a été effectuée auprès de 48 emboucheurs. Cette enquête avait pour objet de: (1) déterminer le profil socio-économique des emboucheurs (le sexe, la filiation, le statut éducationnel, les activités principales et secondaires), (2) déterminer leurs dotations en différentes ressources humaines, bovines, ovines, caprines, volaille, (3) estimer le niveau de leurs revenus moyens provenant de la vente des céréales, du niébé, des bovins, ovins, caprins, du lait et autres (orpaillage, commerces, artisanat, don, etc.).

3. Matériel animal et allotement

L'essai s'est déroulé en saison sèche entre février et avril 2005 et a duré 86 jours comprenant une période d'adaptation aux régimes alimentaires de 10 jours et 76 jours d'engraissement effectif. L'échantillon était constitué de 60 béliers entiers de race sahélienne tout venant de poids vif compris entre 22,1 ± 5,5 et 27,3 ± 4,9 kg et d'âge variant de 8,3 ± 2,5 à 10,8 ± 3,4 mois. Les animaux appartenaient à 15 paysans emboucheurs sélectionnés sur la base du volontariat et disposant de ressources alimentaires locales suffisantes pour la conduite du test. Ces 15 emboucheurs ont été répartis en cinq groupes correspondant aux cinq rations à tester en raison de trois éleveurs par type de ration et totalisant chacun quatre béliers sahéliens entiers. Tous les animaux étaient maintenus en stabulation totale entravée sous abri (hangars villageois). Ils ont par ailleurs été vaccinés contre la pasteurellose et déparasités au fenbendazole (Panacur®) au début de l'essai pendant la phase d'adaptation.

Tableau 1
Composition alimentaire de la ration en % de la matière sèche

Paramètres	Rations				
	1	2	3	4	5
Fanes de niébé	20	20	20	0	10
Fanes et gousses de <i>Cassia obtusifolia</i>	0	10	20	20	10
Tourteaux de coton	40	30	20	40	40
Tiges de sorgho et de petit mil	30	30	30	30	30
Paille naturelle	10	10	10	10	10

Notes: La ration 1 est la ration de référence (témoin), c'est-à-dire celle couramment pratiquée par les emboucheurs avant le test des rations de substitution. Les rations 2 et 3 testent la substitution partielle du tourteau de coton par *Cassia obtusifolia*, tandis que dans les rations 4 et 5, les fanes de niébé sont partiellement substituées par *Cassia obtusifolia*.

4. Les aliments et leur mode de distribution

Des fanes et des gousses de *Cassia obtusifolia* ont été utilisées en substitution à des tourteaux de coton (TC) et à des fanes de niébé à hauteur de 0 à 20% (matière sèche) de la ration entière (Tableau 1). Les proportions des autres aliments, tiges de céréales (30%) et foin naturel (10%) sont restées invariables dans toutes les rations. La base d'incorporation des tourteaux de coton a été fixé à 40% suivant les pratiques observées chez les producteurs (11). L'offre alimentaire journalière (en matière sèche) a été calculée sur la base de 4,5% du poids vif initial des animaux. Les aliments ont été distribués quotidiennement; la pesée des refus et des animaux a eu lieu toutes les deux semaines. L'eau a été distribuée à volonté.

5. Analyse des données socioéconomiques

Les données des enquêtes socioéconomiques ont fait l'objet d'analyse statistique descriptive en vue de mettre en exergue le profil socio-démographique, éducationnel, associatif et économique (dotation en ressources animales). Celles du suivi des performances économiques de l'activité d'embouche (quantités des intrants et les prix, les coûts d'équipements et de la main-d'œuvre) ont été analysées à travers le calcul de la marge brute et de la marge sur charge directe (1) par animal et par ration alimentaire.

La marge brute est la différence entre le produit de vente de l'animal et les charges opérationnelles. La marge sur charges directes est la différence entre la marge brute et l'amortissement des équipements spécifiques à l'activité. Elle comprend la rémunération de la main-d'œuvre familiale et de la gestion par l'emboucheur de l'activité. Les produits de vente concernent les recettes de la vente des animaux embouchés. Les charges opérationnelles comprennent les coûts des aliments et des produits vétérinaires. Les bénéfices économiques totaux représentent la somme des marges sur charges directes et les revenus additionnels induits par les substitutions partielles par *Cassia obtusifolia* avec comme ration de référence la ration 1. Le revenu additionnel comprend la valeur de la réduction des coûts des aliments à laquelle s'ajoute l'accroissement des produits de vente imputable au gain pondéral.

6. Analyse statistique des données zootechniques

Les résultats des gains de poids, des gains moyens

quotidiens (GMQ) et des refus ont été soumis à une analyse de variance (ANOVA), à un critère de classification afin de tester les effets de la substitution sur les performances des animaux. Le test de Scheffe a été utilisé pour identifier les moyennes qui diffèrent significativement au seuil de 5% (15).

Résultats

1. Caractéristiques des emboucheurs

Le tableau 2 présente les principales caractéristiques socio-économiques des 48 emboucheurs enquêtés. Les résultats montrent qu'environ 96% de ces personnes sont membres d'associations socioprofessionnelles de producteurs. Elles sont dans leur majorité des personnes totalement illettrées (35% des enquêtés), mais 31% des enquêtés sont alphabétisés (en langue locale fulfulde), 8% ont fréquenté l'école primaire ou secondaire et 25% ont reçu une instruction en langue arabe. Les activités qui occupent le plus de temps dans l'année demeurent l'agriculture et l'élevage avec respectivement 58% et 42% des enquêtés. Enfin, 52% des enquêtés font de l'élevage leur activité secondaire contre 19% pour l'agriculture. D'autres activités telles que le petit commerce, l'orpaillage occupent secondairement le temps d'activité de 29% des personnes enquêtées.

La taille moyenne des ménages des personnes enquêtées est d'environ 8 ± 5 personnes, composée de 39% de femmes et 61% d'hommes (Tableau 3). Le ratio actif sur population totale de ménage est évalué à 62%, dont 47% d'actifs féminins et 53% d'actifs masculins. La répartition des ressources humaines entre les ménages est relativement très hétérogène. Par exemple, un coefficient de variation de 62% est noté dans la dotation en main-d'œuvre féminine et masculine. La moyenne d'âge des emboucheurs est de 44 ans.

Au niveau des ressources animales, les ménages sont mieux dotés en caprins, suivis des ovins et bovins. La distribution des bovins et des caprins est plus hétérogène que celle des ovins. La volaille est faiblement représentée et très inégalement répartie entre les ménages avec en moyenne $3,6 \pm 6,2$ têtes par ménage. De même, le nombre moyen de pintades par ménage atteint difficilement une tête ($0,6 \pm 3$ têtes).

Tableau 2
Profil socio-économique des emboucheurs (n= 48)

Caractéristiques	Nombre d'emboucheurs	Pourcentage (%) par rapport au nombre d'enquêtés (n= 48)
a. Organisation socio-professionnelle	48	100
* Membre d'une association	46	95,8
* Aucune appartenance à une association	2	4,2
b. Genre	48	100
* Hommes	26	54,2
* Femmes	22	45,8
c. Educationnelles	48	100
* Totalement illettré	17	35,4
* Alphabétisation en langue locale	15	31,2
* Instruction en langue arabe	12	25,0
* Instruction en langue française (Primaire/secondaire)	4	8,4
d. Activité principale (activité qui occupe la majeure partie du temps dans l'année)	48	100
* Agriculture	28	58,3
* Elevage	20	41,7
e. Activité secondaire (2 ^{ème} activité qui occupe le temps dans l'année)	48	100
* Agriculture	9	18,7
* Elevage	25	52,1
* Autres (petit commerce ou orpaillage)	14	29,2

Tableau 3
Dotation moyenne en ressources des emboucheurs (n= 48)

Intitulé	Moyenne	Ecart-type
Age des emboucheurs (ans)	43,8	10,7
Ressources humaines		
Total femme (pers.)	3,1	1,7
Total actif féminin (pers.)	2,3	1,4
Total homme (pers.)	4,8	3,0
Total actif masculin (pers.)	2,6	1,6
Ressources animales		
Bovin (têtes)	5,1	11,0
Ovin (têtes)	5,3	3,0
Caprin (têtes)	6,2	7,0
Poules (têtes)	3,6	6,2
Pintades (têtes)	0,6	3,0

Pers.= personnes.

2. Performances zootechniques

L'analyse des performances zootechniques est présentée dans le tableau 4. Il montre que les effets de la substitution des fanes de niébé et des tourteaux de coton par *Cassia obtusifolia* ont été significativement positifs ($P < 0,05$). Parmi les rations substituant *Cassia*, les rations 2, 3 et 5 ont été les plus performantes avec des niveaux de gain de poids variant de $7,1 \pm 2,8$ à $8,0 \pm 4,6$ kg/76 jours d'embouche tandis que la ration 4 n'a permis que $6,4 \pm 2,4$ kg de gain de poids en 76 jours d'embouche.

D'un constat général, l'ingestion des fanes de *Cassia obtusifolia* et des autres concentrés a été maximale ($78,8$ à $94,3$ g/j/kg^{0,75}). Au cours de l'essai aucun animal n'a présenté des troubles du fait de l'ingestion des fanes et des gousses offertes. Les gains moyens quotidiens ont été appréciables pour toutes les rations à l'exception de la ration 1 où il a été observé seulement $56,6 \pm 22,3$ g/animal/jour. Les indices

de consommation ont de ce fait été faibles pour cette ration ($20,7 \pm 1,4$ kg MS/kg de gain de poids), par rapport aux autres (Tableau 4).

3. Performances financières et économiques de l'activité d'embouche

Les résultats des performances financières et économiques indiquent à travers l'analyse des marges brutes (Tableau 5) que les rations 3 et 4 ont induit la plus forte réduction des coûts de production. Cependant, la ration 2 est la plus rentable avec une marge brute de 9 319 FCFA/tête et une marge des charges directes de 8 269 FCFA/tête. Elle est suivie successivement des rations 5, 3, 1 et 4. Bien que la ration 4 ait induit une réduction de coûts de production, elle a enregistré des performances économiques inférieures à la ration témoin (ration 1). Ce résultat montre qu'une réduction des coûts n'est pas nécessairement compatible avec une augmentation des profits en production animale, étant donné le processus biologique et les capacités de négociation des producteurs.

Enfin, l'analyse des bénéfices économiques totaux montre que le revenu additionnel généré par la substitution de 25% de tourteau de coton par le *Cassia obtusifolia* est plus élevé que celui de la substitution de 50%. En outre, la substitution de 50% de niébé par le *Cassia obtusifolia* a un revenu additionnel plus important que celle de 100%. En définitive, le bénéfice économique total de la substitution partielle du tourteau de coton permet de retenir la ration 2 comme le rationnement alimentaire dominant sur la ration 3. De même, la ration 5 est dominante par rapport à la ration 4 qui est par ailleurs inférieure à la ration témoin ou de référence.

Discussion et conclusion

Les emboucheurs enquêtés sont relativement peu dotés en ressources animales: en moyenne 5,1 bovins, 5,3 ovins et 6,2 caprins par ménage. Il existe cependant de grandes

Tableau 4
Effets des fanes de *Cassia obtusifolia* (CT) sur les performances zootechnique des béliers d'embouche

Paramètres	Rations				
	1	2	3	4	5
Age des animaux en mois	9,6 \pm 0,5	9,2 \pm 1,3	10,8 \pm 4,2	8,3 \pm 2,5	10,8 \pm 3,4
Nombre d'animaux	12	12	12	12	12
Durée essai en jours	76	76	76	76	76
Poids initial en kg	27,3 \pm 4,9	26,3 \pm 5,5	24,8 \pm 8,5	22,1 \pm 5,5	27,1 \pm 6,9
Poids final en kg	31,6 \pm 7,4	34,3 \pm 6,3	31,9 \pm 9,1	28,5 \pm 5,8	34,5 \pm 6,5
Gain de poids en kg /animal	4,3 \pm 5,7 ^c	8,0 \pm 4,6 ^{ab}	7,1 \pm 2,8 ^a	6,4 \pm 2,4 ^b	7,4 \pm 3,6 ^a
MS distribuée kg/animal/jour					
* MS totale distribuée	1239 \pm 220,5	1183 \pm 247,5	1114 \pm 382,5	995,6 \pm 247,5	1219 \pm 310,5
* Fane niébé	247,8 \pm 44,1	236,6 \pm 49,5	222,8 \pm 76,5	0 \pm 0	121,9 \pm 31,1
* Fanés et gousses de <i>Cassia</i>	0 \pm 0	118,3 \pm 24,8	222,8 \pm 76,5	199,1 \pm 49,5	121,9 \pm 31,1
* Tourteau de coton	495,6 \pm 88,2	354,9 \pm 74,3	222,8 \pm 76,5	398,2 \pm 99,0	487,6 \pm 124,2
* Tiges céréales	371,7 \pm 66,2	354,9 \pm 74,3	334,2 \pm 114,8	298,7 \pm 74,3	365,7 \pm 93,2
* Foin naturelle	123,9 \pm 22,1	118,3 \pm 24,8	111,4 \pm 38,3	99,6 \pm 24,8	121,9 \pm 31,1
MS ingérée totale ¹					
g/animal/jour	1112 \pm 74,7	1095 \pm 90,0	1008 \pm 26,8	804 \pm 107,3	1100 \pm 12,2
g/j/kgP ^{0,75}	93,1 \pm 18,5	94,3 \pm 21,3	90,7 \pm 34,4	78,9 \pm 24,3	92,6 \pm 26,1
GMQ en g /animal / jour	56,6 \pm 22,3 ^c	105,2 \pm 33,7 ^{ab}	93,4 \pm 32,9 ^a	84,2 \pm 28,5 ^b	97,4 \pm 37,2 ^a
Kg MS/kg de gain de poids	20,7 \pm 1,4	10,5 \pm 0,9	10,7 \pm 0,3	9,6 \pm 1,3	11,3 \pm 0,1

Les moyennes marquées par les mêmes lettres (a, b, c) sur la même ligne ne sont pas significativement différentes à $p < 0,05$ selon le test de Scheffe.

1: La MS ingérée est déduite de la MS distribuée et des refus mesurés chez les animaux suivis.

Tableau 5
Performances économiques moyennes de l'activité d'embouche valorisant *Cassia obtusifolia*

Paramètres	Rations				
	1	2	3	4	5
Gain pondéral (kg/tête)= moyenne (\pm Ecart-type)	4,3 (5,7)	8,0 (4,6)	7,1 (2,8)	6,4 (2,4)	7,4 (3,6)
Produit vente (FCFA/tête) (a)	21 933,3 (5 146,8)	25 725 (4 408,3)	23 275 (6 395,6)	20 241,7 (4 053,8)	24 791,7 (4 560,6)
Prix d'achat (FCFA/tête) (b)	13 208,3 (5 421,8)	12 168,8 (2 210,9)	13 618,8 (4 807,8)	13 812,5 (6 416,5)	11 933,3 (3 270,9)
Coût des aliments (FCFA/tête) (c)	3 851,4 (775,4)	3 037,2 (727,9)	2 257,2 (754,9)	2 824,9 (627,4)	3 622,7 (907,6)
Dont Coût d'incorporation de <i>Cassia obtusifolia</i> (FCFA/tête)	0 (0,0)	79,9 (19,2)	150,5 (50,3)	134,5 (29,9)	82,3 (20,6)
Coût du traitement vétérinaire (FCFA/tête) (d)	450 (0,0)	450 (0,0)	450 (0,0)	450 (0,0)	450 (0,0)
Coût du complément minéral (FCFA/tête) (e)	750 (0,0)	750 (0,0)	750 (0,0)	750 (0,0)	750 (0,0)
Marge brute (FCFA/tête) (f)= (a-b-c-d-e)	3 673,6 (5 389,7)	9 319,0 (2 664,7)	6 199,1 (2 349,0)	2 404,3 (5 499,7)	8 035,7 (1 705,7)
Amortissement des équipements (FCFA/tête) (g)	1 050 (0,0)	1 050 (0,0)	1 050 (0,0)	1 050 (0,0)	1 050 (0,0)
Marge sur charges directes (FCFA/tête) (h)= (f-g)	2 623,6 (5 389,7)	8 269,0 (2 664,7)	5 149,1 (2 349,0)	1 354,3 (5 499,7)	6 985,7 (1 705,7)
Revenu additionnel ¹ (FCFA/tête) (i)	Référence	4 605,9	2 121,7	-665,2	3 087,1
Bénéfice total (FCFA/tête) (j)= (h + i)	Référence	12 874,9	7 270,7	689,1	10 072,8

¹ Il correspond à la somme de l'accroissement des produits de vente et de la réduction des coûts d'alimentation quand on passe de la ration 1 (référence) aux différentes autres rations. Les chiffres entre parenthèses sont des écart-types.

variations entre producteurs au regard des valeurs élevées des écartypes. La majorité des personnes enquêtées sur la situation de référence pratique l'agriculture comme activité principale. La production animale est une activité secondaire au sein des ménages et est distribuée de façon très hétérogène. La valorisation de *Cassia obtusifolia*, herbacée abondante dans la zone et qui pourrait être considérée comme inutile apporte une contribution significative à la résolution des besoins fourragers.

Les gains de poids ont varié de $56,6 \pm 22,3$ g/animal/ jour pour la ration 1 à $105,2 \pm 33,7$ g/animal/ jour pour la ration 2. Ces valeurs sont relativement moyennes par rapport à celles (100 à 150 g/animal de GMQ) obtenues par Ouédraogo et al. (13), en station et par Ouédraogo et al., Tiendrébéogo (12, 18), en milieu paysan.

Les performances financières et économiques des différentes rations alimentaires testées sont positives dans l'ensemble. Les marges brutes sont supérieures à celles obtenues par Zoundi et al. (20) sur les ovins Djallonké et par Tiendrébéogo (18) sur des béliers sahéliers (2 400 et 5 200 FCFA). Cela s'explique par le fait que l'embouche ovine est très rentable au Sahel et a connu de plus une évolution positive ces dix dernières années (16).

Il est également important de noter que la substitution partielle du tourteau de coton permet la réduction des coûts d'alimentation et partant les coûts de production des ovins

d'embouche. Mais, toute réduction de coûts n'entraîne pas nécessairement une amélioration des bénéfices. Elle est due au processus biologique qui limite l'expression zootechnique et partant les produits de vente des animaux. En définitive, cette expérience suggère que la réduction des coûts de production ne doit pas être perçue comme une fin en soi. Ce qui importe est l'augmentation des profits de l'activité et ceci doit être mis en relation avec les capacités d'investissement des producteurs ruraux.

Par cet essai, il apparaît que l'embouche avec *Cassia obtusifolia* peut contribuer à l'amélioration des performances zoo économiques de l'activité d'embouche. Toutefois, les résultats comparés ont permis de se rendre compte que toutes les rations testées ne sont pas recommandables du point de vue économique. En effet, les résultats de cette expérience permettent de conclure qu'une substitution de 25% (ration 2) du tourteau de coton par le *Cassia obtusifolia* est envisageable dans les conditions d'embouche dans la zone d'étude. Mais, une substitution de 50% (ration 3) est également envisageable en particulier pour une catégorie de producteurs relativement moins nantis. Enfin, dans la substitution du niébé par le *Cassia obtusifolia*, seule la substitution de 50% est préférable (ration 5), celle de 100% (ration 4) ayant généré un bénéfice total inférieur à la ration témoin.

Références bibliographiques

1. Boughton D., Crawford E., Krause M. & Henry de Frahan B., 1990, Economic analysis of on-farm trials: a review of approaches and application for research program design. Staff Paper 90-78, Department of Agricultural Economics, Michigan State University.
2. Claude J., Grouzis M. & Milleville P., 1991, Un espace sahélier; la Mare d'Oursi. Burkina Faso, ORSTOM, 241 p.
3. Guinko S., 1984, Végétation de la Haute-Volta. Thèse de Doctorat ès sciences naturelles, Univ. Bordeaux III, vol. 2, 394 p.
4. INSD, 1997, Recensement général de la population et de l'habitat du Burkina Faso (du 10 au 20 décembre 1996). Population résidente des départements et provinces du Burkina Faso. Résultats définitifs BKF/RGPH 96/vol. 2, 1-12.
5. Jalloh B., 2004, Impact des aménagements anti-érosifs sur les productions fourragères et le bilan des nutriments au Sahel. Mémoire de fin d'étude IDR, UPB, Burkina Faso, 103 p.
6. Kiema A., 1994, Étude des petits ruminants dans trois systèmes d'élevage traditionnel en zone soudano-sahélienne: paramètres zootechniques et utilisation des espaces pastoraux par le bétail; mémoires de fin d'étude IDR, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 127 p.
7. Kiema A., 2002, Ressources pastorales et leurs modes d'exploitation dans deux terroirs sahéliers du Burkina Faso. Mémoire de DEA en gestion intégrée des ressources naturelles, Institut du développement rural, Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 66 p.
8. Kiema A., Ouédraogo T., Nianogo A.J. & Sanou S., 2001, Effets des cordons pierreux et du scarifiage sur la régénération des pâturages

- naturels en région sahélienne du Burkina Faso. Revue Science et Technique, Série Science Naturelle et Agronomie, volume **25**, n°2.
9. Le Bourgeois T. & Merlier H., 1995, Adventrop. Les adventices d'Afrique soudano-sahélienne. Montpellier, France, CIRAD-CA éditeur, 640 p.
 10. ORSTOM, 1969, Étude pédologique de la Haute Volta. Rapport général de synthèse, 30 p.
 11. Ouédraogo D., 2004, Caractéristiques de l'embouche ovine en région sahélienne du Burkina Faso: cas du terroir de Katchari. Mémoire de fin d'étude Ecole nationale d'élevage et de santé animale, Dori, Burkina Faso, 34 p.
 12. Ouédraogo T., Kiema A., Kafando A., Kaboré D. & Ouédraogo B., 2004, Alimentation des animaux dans la province du Soum. Institut de l'environnement et de recherches agricoles/Projet de développement de l'élevage dans la province du Soum, Djibo, Burkina Faso, 26 p.
 13. Ouédraogo T., Sawadogo L., Kiema A., Sanou S. & Soubeiga P., 2000, Valorisation des produits ligneux dans l'alimentation des ruminants. Le concentré de gousses d'*Acacia raddiana*. Programme petits ruminants – Département des productions animales, Dori, Burkina Faso, 6 p.
 14. Ranjhan S.K., Gupta B.S. & Chhabra S.S., 1971, Chemical composition and nutritive value of a summer legume, chakunda (*C. tora* Linn.) hay with special reference to metabolisable energy for sheep. Indian Journal of Animal Health, **10**, 2, 217-221.
 15. Scheffe H., 1959, The analysis of variance. Wiley, New York.
 16. Somda J., 2001, Performances zootechniques et rentabilité financière des ovins en embouche au Burkina Faso. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. **5**, 2, 73-78.
 17. SRAT, 2003, Schéma Régional d'Aménagement du Territoire du Sahel, 1998-2025. Rapport final, DRED – Sahel; PSB/CNEDD/MECV/BF; Dori, Burkina Faso, 294 p.
 18. Tiendrébéogo J.P., 1992, Embouche ovine améliorée: étude comparée de différentes rations alimentaires à forte proportion de fourrages naturels locaux. Rev. Sci. et Tech. **20**, 2: 68-78.
 19. Toutain B. & De Wispelaere G., 1978, Étude et cartographie des pâturages de l'ORD du Sahel et de la zone de délestage au nord-est de Fada N'Gourma (Haute Volta). T I. Les pâturages naturels et leur mise en valeur, 134 p. (Annexes). T II. Les plantes, écologie, noms vernaculaires, intérêt fourrager, 120 p. (Annexes). T III. Cartographie, 239 p. (Annexes). Maison-Alfort, IEMVT, (3 cartes à 1/1 000 000, 5 cartes en 15 feuilles à 1/200 000).
 20. Zoundi J.S., Nianogo A.J. & Sawadogo L., 1996, Utilisation de gousses de *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst. et de feuilles de *Cajanus cajan* (L.) Millsp. En combinaison avec l'urée pour l'engraissement des moutons Djallonké type Mossi et du sud au Burkina Faso. Tropicultura, **14**, 4, 149-152.

A. Kiema, Burkinabè, DEA, Doctorant à l'Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, Burkina Faso.

A.J. Nianogo, Burkinabè, PhD, Maître de Conférence à l'Université de Bobo-Dioulasso, Chef de Mission de l'Union mondiale pour la nature à Ouagadougou, Burkina Faso.

J. Somda, Burkinabè, Doctorat de 3^{ème} cycle, Attaché de recherche en économie à l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Ouagadougou, Burkina Faso.

T. Ouédraogo, Burkinabè, Doctorat de 3^{ème} cycle, Chargé de recherches en Nutrition animale, Chef du Département Productions Animales de l'INERA-Kamboinsé, BP 476, Burkina Faso. Bureau: Tél. (226) 50-31-92-29; Fax (226) 50-34-02-71; E.mail: tim_ouedraogo@yahoo.fr

Cycle de reproduction et fécondité de *Distichodus rostratus* (Characiformes, Distichodontidae) dans un bassin ouest africain (fleuve Bandama, Côte d'Ivoire)

S. Berté^{1*}, E.P. Kouamélan¹, N.I. Ouattara¹, T. Koné¹, B.G. Goore¹, V. N'Douba¹ & N.J. Kouassi^{1,2}

Keywords: *Distichodus rostratus*- Spawning period- First sexual maturity- Fecondity- Bandama River- Ivory Coast

Résumé

Le cycle de reproduction de *Distichodus rostratus* (Günther, 1864) capturés entre les barrages hydroélectriques de Kossou et de Taabo ont été suivis de juillet 2004 à juin 2005. Le sexe ratio est en faveur des femelles (1:1,61). La taille de première maturité sexuelle (L_{50}) est plus élevée chez les femelles ($L_s = 46,3$ cm) que chez les mâles ($L_s = 39,6$ cm). La fécondité estimée va de 81.048 à 100.747 ovocytes avec une fécondité relative de 12.004 ovocytes par kg de poids corporel. Le diamètre ovocytaire moyen est de 1,19 mm. L'évolution du rapport gonado-somatique (RGS) a révélé que la période de ponte s'étend sur 3 mois (août, septembre et octobre). Le rapport hépato-somatique (RHS) indique que cette espèce stocke les réserves nécessaires pour la maturation des gonades au niveau du foie. Par ailleurs, le coefficient composite de condition (Kc) indique une bonne adaptation de l'espèce dans les grandes retenues.

Summary

Reproductive Cycle and Fecondity of *Distichodus rostratus* (Characiformes, Distichodontidae) in a West African Basin (Bandama River, Ivory Coast)

Distichodus rostratus (Günther, 1864) is a commercially important species but its reproductive biology is not well known. Reproductive cycle and fecundity of *D. rostratus* from the Bandama river have been studied for a year (July 2004 to June 2005). The spawning period was determined by analyzing the monthly evolution of the gonado-somatic index (GSI). The liver-somatic index (LSI) and the condition factor (Kc) were calculated and the corresponding curves were fitted. The degree of maturity was determined using macroscopic observation of the gonads. The percentage of mature specimens by sexes was calculated for each size class. However, the first size of maturity was determined by using a logistic function. Sex-ratio (1:1.61) observed was in favour of females. Standard length at first maturity was 39.6 cm for males and 46.3 cm for females. The ripe ovaries contained 81,048-100,747 eggs. The relative fecundity was 12,004 eggs per kg of body weight. The mean size of eggs was 1.19 mm. The GSI indicated a spawning period going from August to October. In this period, when GSI is high, LSI decreases. This can be explained by the use of the liver reserves for developing the gonads.

Introduction

Certaines espèces de poissons effectuent des migrations de plus ou moins grandes amplitudes. Ces déplacements, plus spectaculaires entre les eaux marines et continentales, peuvent également s'effectuer entre deux zones continentales. C'est le cas de *Distichodus rostratus* (Günther, 1864) qui effectue des migrations longitudinales (11).

L'aire de distribution de *D. rostratus* s'étend sur toute l'Afrique occidentale, depuis le Sénégal jusqu'au bassin tchadien (7). En Côte d'Ivoire, cette espèce, présente dans le bassin du fleuve Bandama, est économiquement très intéressante. En effet, elle représente la moitié des captures de la pêche commerciale. En 1972 puis en 1980, il a été construit sur le fleuve Bandama, respectivement les barrages hydroélectriques de Kossou et de Taabo distants de 150 km (10). Il est bien connu que la construction de barrage sur un cours d'eau provoque de profonds bouleversements de l'écosystème aquatique. En effet, Moyle & Leidy (12) classe cette pratique parmi les principales causes de perte de la biodiversité des écosystèmes aquatiques.

Les données portant sur la biologie de reproduction de *D. rostratus* dans sa zone de distribution sont rares et se limitent aux travaux de Blache (2), de Planquette & Lemasson (13) et de Reizer (14). Le présent travail a donc pour objectif de mieux connaître les différentes phases du cycle de *D. rostratus* et de déterminer sa taille de première maturité sexuelle et la fécondité en milieu naturel.

Matériel & méthodes

Située dans le cours moyen (4) (Figure 1), la portion du fleuve qui a fait l'objet de cette étude, est sous l'influence des barrages hydroélectriques de Kossou et de Taabo. Elle bénéficie d'un climat de type équatorial de transition avec deux saisons pluvieuses (avril-juin et septembre-novembre) et deux saisons sèches (juillet-août et décembre-mars).

L'étude de la reproduction a porté sur 284 spécimens. L'échantillonnage a été effectué une fois par mois de juillet 2004 à juin 2005. Les captures ont été réalisées à l'aide de nasses (armature en liane recouverte de filet de 10 mm de vide de maille), de filets maillants (mailles comprises entre 8 et 80 mm) et d'éperviers (mailles comprises entre 20 et 45 mm).

Tous les spécimens de *D. rostratus* échantillonnés ont été identifiés selon Gosse *et al.* (12). Sur chaque spécimen examiné, le sexe, la longueur standard du poisson (L_s) au millimètre près, le poids total (P_t) et le poids éviscéré ($P_{év}$) du poisson au 10^{ème} de gramme près ont été relevés. Les gonades et les foies ont été prélevés après dissection et pesés également au 10^{ème} de gramme près. Le stade de maturité sexuel est déterminé.

Pour avoir une idée sur l'état de maturité, on a effectué un examen et une description macroscopique complet des gonades: la forme, le volume, l'aspect de la coloration et la vascularisation. En s'inspirant de l'échelle macroscopique

¹Université de Cocody-Abidjan, UFR-Biosciences, Laboratoire d'Hydrobiologie, 22 B.P. 582, Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant: Téléphone: (225) 07 85 99 42 E-mail: bertesia@yahoo.fr

²Centre de Recherches Océanologiques, 29 rue des Pêcheurs, B.P. V 18, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Reçu le 08.01.07 et accepté pour publication le 21.05.07.

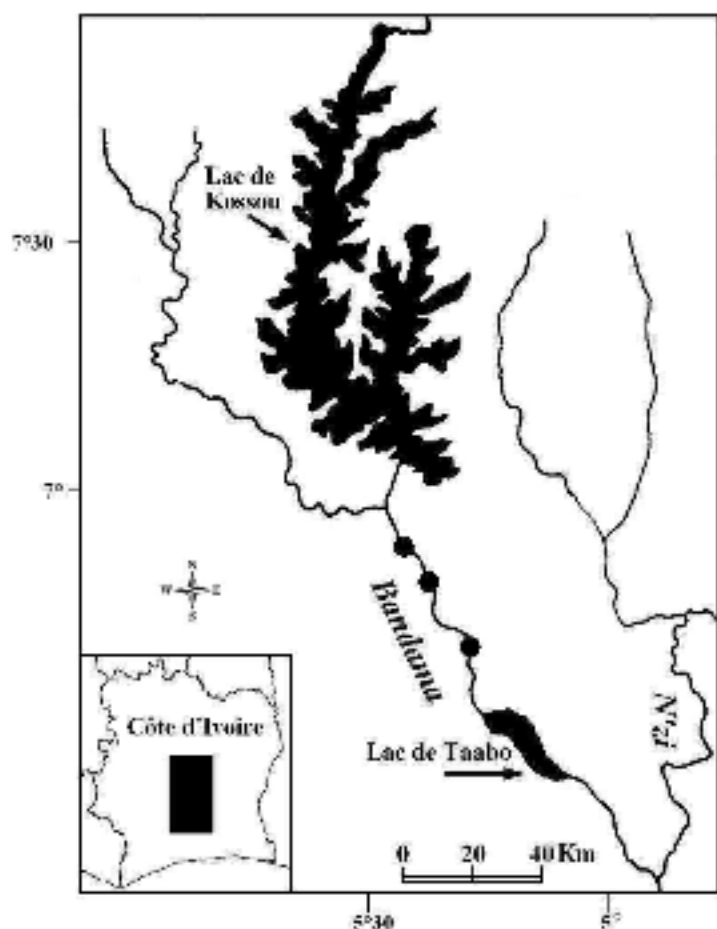


Figure 1: Localisation des sites d'échantillonnage (*) sur le fleuve Bandama (Côte d'Ivoire).

proposée par Durand & Loubens (6), 4 et 5 stades respectivement pour les mâles et pour les femelles ont été utilisés:

Stade 1: individu immature;

Stade 2: individu en début de maturation;

Stade 3: mâle en pré-émission ou femelle en pré- ponte;

Stade 4: mâle en émission de spermatozoïdes ou femelle en ponte d'ovocyte;

Stade 5: femelle en post-ponte.

L'évolution mensuelle du rapport gonado-somatique (RGS), du rapport hépato-somatique (RHS) et du facteur de condition (Kc) ont été déterminés à partir des formules suivantes:

(1) Rapport gonado-somatique (RGS):

$$RGS = \frac{P_{go}}{P_{év}} \times 100$$

Avec P_{go} : poids de la gonade (g); $P_{év}$: poids éviscéré (g).

Le RGS donne une idée sur le cycle sexuel et la période de ponte.

(2) Rapport hépato-somatique (RHS):

$$RHS = \frac{P_f}{P_{év}} \times 100$$

Avec P_f : poids du foie (g); $P_{év}$: poids éviscéré (g).

Le RHS indique le lieu de stockage des réserves nutritives dans la gamétogenèse.

(3) Facteur de condition (Kc):

$$Kc = \frac{P_t}{Ls^3} \times 10^5$$

Avec P_t : poids total du poisson (g); Ls : longueur standard (mm).

Le facteur de condition informe sur l'embonpoint des spécimens au cours de l'année.

Tous les résultats sont exprimés sous la forme de moyenne \pm écart-type entre individus capturés.

L'application du logiciel Statistica 6.0 (Statsoft, Inc.) aux valeurs observées a permis d'établir la taille de première maturité sexuelle. Le pourcentage des individus matures dans chaque classe de taille (intervalle de 1 cm) a été calculé en fonction du nombre total d'individus pour chaque classe de taille. Une fonction logistique d'une régression non linéaire reliant les proportions des individus matures et la longueur standard du poisson a été utilisée. Cette courbe permet de déterminer avec précision la LS_{50} . Cette fonction de forme sigmoïde s'écrit comme suite:

$$P = \frac{e^{(\alpha + \beta Ls)}}{1 + e^{(\alpha + \beta Ls)}} \quad \text{avec} \quad LS_{50} = \frac{-\alpha}{\beta}$$

Avec P: proportions des individus matures; Ls: longueur standard; α et β : constantes.

La fécondité a été déterminée en comptant le nombre d'ovocytes mûrs (stade 4) présents dans la gonade. Le diamètre ovocyttaire a été déterminé à partir des mesures faites sur 30 ovocytes par gonade de stade 4. Le diamètre ovocyttaire moyen a été déterminé en faisant la moyenne arithmétique des mensurations effectuées.

Résultats

Le sexe ratio

La détermination de ce paramètre a porté sur 284 individus de taille comprise entre 131 et 640 mm. Dans ce lot, 109 mâles et 175 femelles ont été enregistrés. Ceci représente un «sex ratio» de 1: 1,61 en faveur des femelles.

Stades de maturité sexuelle

L'analyse de l'évolution de la maturité sexuelle chez les femelles met en évidence les stades 1 et 2 sur toute la période d'échantillonnage excepté les mois de mars (fin grande saison sèche) et de septembre (début petite saison

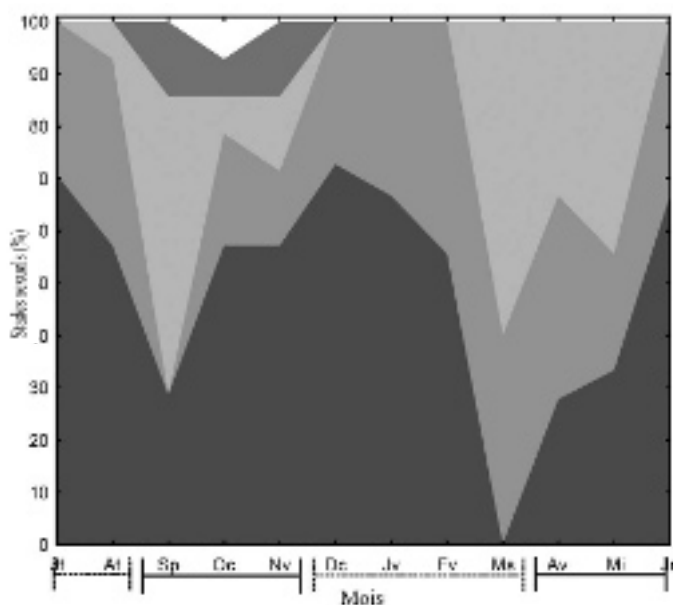


Figure 2 : Evolution saisonnière des proportions (%) des différents stades de maturation sexuelle des femelles de *D. rostratus* provenant du fleuve Bandama (ST 5: Stade de maturité 5, ST 4: Stade de maturité 4, ST 3: Stade de maturité 3, ST 2: Stade de maturité 2, ST 1: Stade de maturité 1;: Saison sèche, —: Saison pluvieuse).

pluvieuse) (Figure 2). Le stade de maturation 3 se rencontre d'août à novembre (fin petite saison sèche- petite saison pluvieuse) et de mars à mai (fin grande saison sèche- grande saison pluvieuse). Les ovaires en état de maturation avancée (stade 4) ont été rencontrés en septembre, octobre et novembre (petite saison pluvieuse). Une proportion importante d'individus de stade de maturité sexuelle 3 et 4 est présente en septembre (saison pluvieuse), ce qui signifie l'existence de la ponte unique.

Rapport gonado-somatique (RGS) et période de la reproduction

L'évolution annuelle des RGS moyen présente un seul pic important en septembre: la valeur maximale est 0,6%. Les valeurs les plus faibles sont enregistrées en décembre et en juin (Figure 3). Les mois d'août, septembre et novembre connaissent des RGS relativement élevés.

Rapport hépato-somatique (RHS) et facteur de condition (Kc)

Le rapport hépato-somatique (RHS) moyen mensuel des individus femelles matures évolue en sens inverse du RGS (Figure 3). Il présente un pic important en mars (2,34%). La valeur minimum observée est de 0,84% (en mai et en septembre).

Nos résultats indiquent une valeur moyenne du coefficient de condition de $2,20 \pm 0,23$ pour un ensemble de 284 individus. Les individus femelles ont un facteur de condition de $2,24 \pm 0,24$ tandis que les mâles ont une valeur moyenne de $2,15 \pm 0,20$.

La figure 3 traduit la variation du facteur de condition des individus femelles. Elle évolue en dent de scie et présente trois valeurs faibles. Le mois de septembre enregistre le facteur de condition moyen le plus bas avec une valeur de $1,94 \pm 0,26$. Pour les mois de janvier et d'avril, le facteur de condition est relativement faible respectivement $2,15 \pm 0,28$ et $2,16 \pm 0,19$.

Taille de première maturité sexuelle

Le critère de maturité sexuelle retenu est le stade 3. La détermination graphique de la taille de première maturité sexuelle indique la valeur de 463 mm (Ls) pour les femelles et 396 mm (Ls) pour les mâles. Les plus petits individus mâles et femelles matures sont des spécimens de tailles respectives 334 et 325 mm (Ls) (Figure 4).

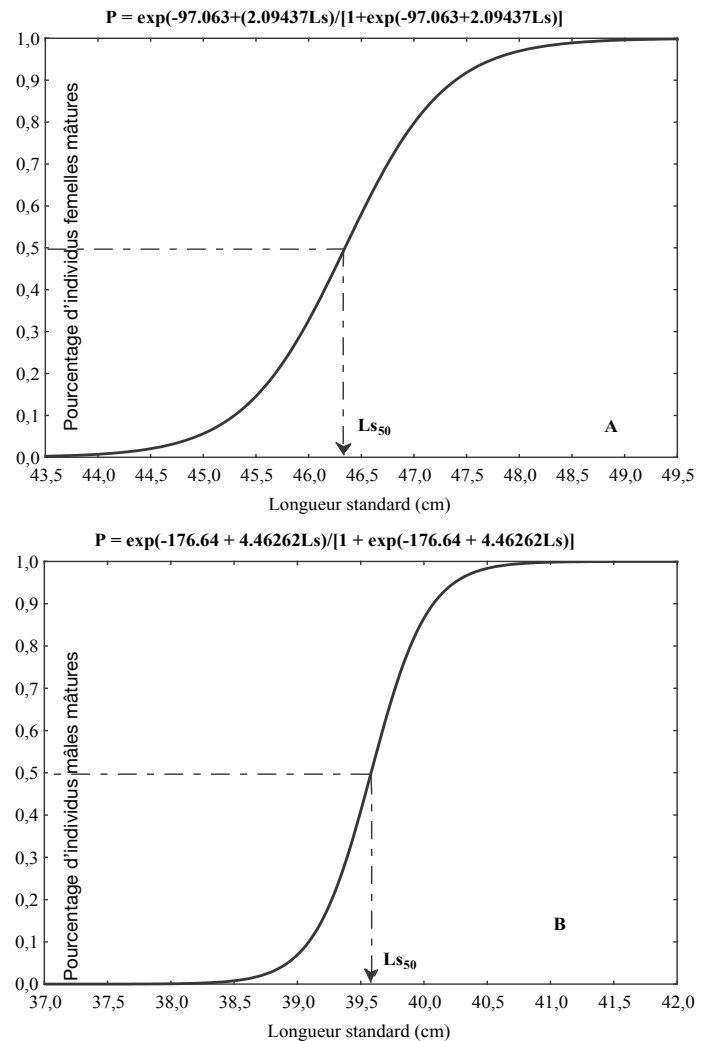


Figure 4 : Evolution de la maturité sexuelle en fonction de la taille (Ls) chez les femelles (A) et mâles (B) de *D. rostratus* provenant du fleuve Bandama.

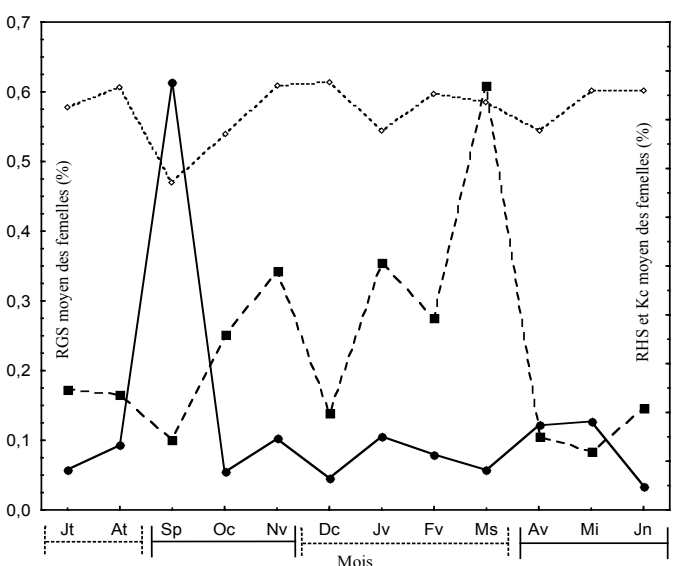


Figure 3 : Evolution annuelle du rapport gonado-somatique (RGS), du rapport hépato-somatique (RHS) et du facteur de condition (Kc) chez les femelles de *D. rostratus* provenant du fleuve Bandama (— RGS, --- RHS, ... Kc; Saison sèche, — Saison pluvieuse).

Fécondité et diamètre ovocytaire

La fécondité estimée de *D. rostratus* varie de 81048 à 100747 ovocytes chez 5 femelles matures de tailles comprises entre 582 et 640 mm de longueur standard avec une fécondité relative moyenne de 12004 ± 9336 ovocytes.kg⁻¹. Le diamètre moyen des ovocytes est de $1,19 \text{ mm} \pm 0,24$. La relation fécondité-longueur standard a porté sur les spécimens au stade 4. Elle croît de manière curvilinéaire avec la longueur standard. L'équation de régression et le coefficient de corrélation ($F = 2.10^{-5} \times Ls^{2,36}$; $r = 0,93$; $n = 5$) obtenus montrent que la relation est statistiquement significative.

Discussion

L'analyse combinée des stades de maturité sexuelle et du RGS montre que la période de ponte de *D. rostratus* est courte. Elle commence à la fin de petite saison sèche et se termine en saison pluvieuse. Ce résultat confirme les travaux de Planquette & Lemasson (13) qui ont révélé l'existence d'individus mature entre juin et septembre dans le Bandama Blanc. Plusieurs travaux soulignent que la période de reproduction de *D. rostratus* se situe au début de la saison pluvieuse (2, 14).

L'observation du rapport hépato-somatique moyen montre que ce paramètre croît au début de la petite saison pluvieuse. Ce mois correspondrait à la période la plus favorable à la ponte d'où la perte de poids des femelles. Selon les travaux de Bougis (3), il existe une corrélation très étroite entre les

ovaires et le foie chez les téléostéens. Chez *D. rostratus*, cette relation est confirmée par l'existence d'un décalage d'activité entre les gonades et le foie. L'espèce est donc de type "maigre".

Dans le bassin tchadien, le facteur de condition de *D. rostratus* est compris entre 1,72 et 2,70 avec une moyenne de 2,09 (2, 5). Les résultats obtenus dans cette étude indiquent une valeur moyenne de 2,20. La comparaison des valeurs moyennes indique que la valeur notée dans le bassin tchadien est légèrement inférieure à celle du Bandama. Le facteur de condition donne une idée de l'embonpoint d'une espèce considérée, et en tenant compte du fait qu'il n'est pas constant pour un spécimen, une espèce ou une population donnée (9). La différence entre les facteurs de condition des populations pourrait être liée à la quantité et/ou à la qualité d'aliments disponibles dans ces milieux. Ainsi, la baisse du facteur de condition en janvier et en avril pourrait être liée à la disponibilité de la nourriture. En effet, cette période coïncide avec la grande saison sèche dans le milieu d'étude.

Dans le lac Tchad, Durand *et al.* (5) ont noté une valeur de facteur de condition moyenne de 2,15. Reynolds (15) précise que la valeur moyenne de ce paramètre est de 2,25 dans le lac Volta. La comparaison des valeurs moyennes montre que le facteur de condition est légèrement plus élevé dans les lacs que dans les bassins. Celui de la présente étude est intermédiaire entre ceux des populations des lacs Tchad et Volta, l'espèce ne semble donc pas perturbée par les conditions environnementales imposées par la présence des barrages de Kossou et Taabo. Cette étude permet de confirmer l'observation de Gourène *et al.* (8). Ces auteurs indiquent que *D. rostratus* trouve dans les grandes retenues d'eau des conditions environnementales favorables.

La première maturité sexuelle observée est atteinte à la taille de 46,3 cm pour les femelles et de 39,6 cm pour les mâles. La taille du plus petit individu mâture est de 334 mm chez la femelle et de 325 mm chez le mâle. Cependant, les valeurs

des plus petits individus mâtures obtenues par Planquette & Lemasson (13) (244 mm pour les mâles et 238 mm pour les femelles) dans le Bandama blanc sont inférieures à celles notées dans cette étude. Cette observation trouve sa justification à travers l'assertion de Wague & M'Bodj (16) selon laquelle la taille de maturité des individus est tributaire des facteurs biologique et/ou écologique.

Les valeurs de la fécondité estimée de *D. rostratus* sont relativement plus élevées que celles des Characidae des eaux ivoiriennes à ponte limitée dans le temps (1). Par contre, les fécondités relatives de *D. rostratus* sont plus faibles que celles des Characidae rapportées par Albaret (1). Le diamètre ovocytaire moyen obtenu dans le cadre de cette étude se situe dans l'intervalle de variation des Characiformes. *D. rostratus* peut être considéré comme une espèce très prolifique parce qu'elle appartient à la catégorie des poissons à petits œufs-forte fécondité (1).

Conclusion

La taille de première maturité (LS_{50}) est atteinte à une longueur standard comprise entre 395 et 465 mm. Les fécondités et le diamètre ovocytaire observés montrent que *D. rostratus* appartient à la catégorie des espèces à petits œufs et à forte fécondité. Les résultats obtenus indiquent que *D. rostratus* se reproduit au début de la saison pluvieuse. Ces périodes semblent être en accord avec les travaux antérieurs. Les réserves nécessaires à la maturation des ovaires sont stockées au préalable dans le foie.

Remerciements

Les auteurs remercient l'équipe du Laboratoire d'Hydrobiologie (UFR-Biosciences, Université de Cocody) et M. O. Bakary pour leur contribution à la réalisation de cette étude. Ce travail a été effectué dans le cadre du Projet d'Appui à la Recherche Agronomique (PARA-2002) financé par la Coopération Française.

Références bibliographiques

- Albaret J.J., 1982, Reproduction et fécondité des poissons d'eau douce de Côte d'Ivoire, Rev. Hydrobiol. Trop. 15, 4, 347-371.
- Blache J., 1964, Les poissons du bassin du Tchad et du bassin adjacent du Mayo-Kebbi. Etude systématique et biologique, Mém. ORSTOM, 4, 2, 483 p.
- Bougis P., 1952, Recherches biométriques sur les rougets (*Mullus barbatus* L., *Mullus surmuletus* L.). Archs. Zool. Exp. Gén. 89, 2, 57-174.
- De Merona B., 1981, Zonation ichtyologique du bassin du Bandama (Côte d'Ivoire), Rev. Hydrobiol. Trop. 14, 63-75.
- Durand J.R., Franc J. & Loubens G., 1973, Clefs longueur-poids pour 58 espèces de poissons du bassin du lac Tchad, ORSTOM, N'Djaména, 6 p. multigr.
- Durand J.R. & Loubens G., 1970, Observations sur la sexualité et la reproduction des *Alestes baremoze* du bas Chari et du lac Tchad, ORSTOM, sér. Hydrobiol. 5, 2, 61-81.
- Gosse P.J., Coenen E.J. & Teugels G.G., 2003, Famille: *Distichodontidae*. In: Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest, Paugy D., Lévêque C. & Teugels G.G. (eds), IRD (Paris), MNHN (Paris) et MRAC (Tervuren), Collection Faune et Flore Tropicales, Vol. 1, 283-284.
- Gourène G., Teugels G.G., Huguency B. & Thys Van Den Audenaerde D.F.E., 1999, Evaluation de la diversité ichtyologique d'un bassin ouest-africain après la construction d'un barrage, Cybium, 23, 147-160.
- Koné T., 2000, Régime alimentaire et reproduction d'un tilapia lagunaire (*Sarotherodon melanotheron* Rüppell, 1852) dans la rivière Bia et le lac de barrage d'Ayamé (Côte d'Ivoire), Thèse de Doctorat, Katholieke Universiteit Leuven, 253 p.
- Lévêque C., Dejoux C. & Ittis A., 1983, Limnologie du fleuve Bandama, Côte d'Ivoire, Hydrobiologia, 100, 113-141.
- Lévêque C. & Quensiére J., 1988, Peuplements ichtyologiques des lacs peu profonds. In: Biologie et écologie des poissons d'eaux douces africains. Lévêque C., Bruton M.N. & G.W. Ssentongo, (eds), pp. 303-324. Travaux et Documents, 216, ORSTOM, Paris.
- Moyle P.B. & Leidy R.A., 1992, Loss of biodiversity in aquatic ecosystems: evidence from fish fauna. In: Fielder P.L. & Jain S.K. (eds), Conservation biology: the theory and practice of nature conservation, preservation and management. Chapman & Hall, London, 127-169.
- Planquette P. & Lemasson J., 1975, Le peuplement de poissons du Bandama blanc en pays Baoulé, Ann. Univ. Abidjan, sér. E, Ecologie, 8, 1, 77-121.
- Reizer C., 1995, Characiformes. In: Atlas démographique des populations de poissons d'eau douce d'Afrique, Moreau J., Palomares M.L.D., Torres F.S.B., Paugy J.R. & D. (eds), ICLARM Rapport technique, 36-37.
- Reynolds J.D., 1967, Notes on juveniles of commercial fish attracted to light on the Volta Lake, Volta basin Res. Proj. Techn. Report, 10, 21, 1-6.
- Wague A. & M'Bodj O.B., 2002, Etude de quelques aspects de la reproduction chez la sardinelle ronde *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) pêchée le long des côtes mauritaniennes, Bulletin Scientifique IMROP, 29, 13-18.

S. Berté, Ivoirien, DEA, Doctorant au Laboratoire Hydrobiologie, Université de Cocody, Côte d'Ivoire.

E.P. Kouamélan, Ivoirien, Doctorat, Maître-Assistant, Enseignement-Chercheur au Laboratoire d'Hydrobiologie, Université de Cocody, Côte d'Ivoire.

N.I. Ouattara, Ivoirien, Doctorat, Assistant, Enseignement-Chercheur au Laboratoire d'Hydrobiologie, Université de Cocody, Côte d'Ivoire.

T. Koné, Ivoirien, Doctorat, Maître-Assistant, Enseignement-Chercheur au Laboratoire d'Hydrobiologie, Université de Cocody, Côte d'Ivoire.

B.G. Goore, Ivoirien, Doctorat, Maître-Assistant, Enseignement-Chercheur au Laboratoire d'Hydrobiologie, Université de Cocody, Côte d'Ivoire.

V. N'Douba, Ivoirien, Doctorat, Maître de Conférence, Enseignement-Chercheur au Laboratoire d'Hydrobiologie et Vice-Président de l'Université de Cocody, Université de Cocody, Côte d'Ivoire.

N.J. Kouassi, Ivoirien, Doctorat, Professeur titulaire, Enseignement-Chercheur au Laboratoire Hydrobiologie, Directeur du Centre de Recherches Océanologiques, Centre de Recherches Océanologiques, Abidjan, Côte d'Ivoire.

An Analysis of the Attitude of Farmers of Three Districts of Tamil Nadu, India towards Sheep Farming

D. Puthira Prathap^{*1}, A.S. Rajendiran² & D. Gour²

Keywords: Attitude- Sheep- Farmer- India

Summary

This study explored and described the farmers' attitudes towards sheep farming in three districts of Tamil Nadu state in India, namely, Coimbatore, Dindigul and Tiruchirappalli. It examined the farmers' personal characteristics, determined their overall attitude towards sheep farming and how this attitude varied based on their personal characteristics. One hundred and fifty farmers formed the sample. The study revealed that majority of the farmers were middle aged, illiterate, had 5- 15 years of experience in sheep farming and had a sheep flock size of 50 – 100. A majority of the respondents were found to have a favourable attitude towards sheep farming. Education was found to have a negative and significant association with attitude. In comparison, the farmers of Tiruchirappalli district were found to have a less favourable attitude towards sheep farming. Introducing basic scientific concepts in sheep farming is advised to enhance productivity in the state of Tamil Nadu.

Résumé

Une analyse de l'attitude des fermiers de trois zones de Tamil Nadu, Inde envers l'élevage des moutons

L'étude a étudié l'attitude des fermiers envers l'élevage de moutons dans trois districts de Tamil Nadu (Inde): Coimbatore, Dindigul et Tiruchirappalli. Elle a examiné les caractéristiques personnelles des fermiers, déterminé leur attitude globale envers l'élevage des moutons et l'interaction entre ces paramètres. Cent cinquante fermiers ont constitué l'échantillon. L'étude a indiqué que la majorité des fermiers étaient d'âge moyen, illettrés, avec de 5 à 15 ans d'expérience dans l'élevage des moutons et possédaient des troupeaux de 50 – 100 animaux. Une majorité des personnes enquêtées ont une attitude favorable envers l'élevage des moutons. Plus la personne est diplômée, moins elle est intéressée par cette activité. Les fermiers du district de Tiruchirappalli sont nettement moins favorables envers l'élevage des moutons. Introduire une formation de base auprès des éleveurs de mouton de l'état de Tamil Nadu pourrait entraîner une amélioration de la production des troupeaux

Introduction

Tamil Nadu is one of the premier states of India in terms of economic and social development. Agriculture, including livestock rearing has been the mainstay of its economy. Of the 40 distinct sheep breeds of India, the state has eight of them, namely, *Mecheri* (or *Mailambadi*), *Kilakaraisal*, *Vembur* (or *Karandhai*), *Coimbatore kurumbai*, *Nilgiri*, *Ramnad White*, *Madras Red* and *Tiruchy Black* (8). Sheep has a special place among the livestock of Tamil Nadu. The state's share in the all India Sheep population is about 11.6%, which is the highest percent-share among all the livestock of the state to the all India Livestock population. The state possesses about 5 593 000 sheep (3) with a population density of around 43 sheep per sq.km and the major purpose of sheep farming is for mutton and manure. Skin is another important byproduct with a large number of tanneries located in the state. Sheep farmers of the state also derive income from penning, which is a very common practice followed to enrich the crop fields. Sheep comprises about 41% of the total ovines in the state and among the sheep, crossbred and indigenous sheep account for 14% and 86% respectively. The association of sheep with the farmers of the country is pre-historic, but management of sheep has remained primitive even up to the recent past. Constraints such as inefficient use of potentially important breeds, inefficient and inappropriate production systems, poor strategies for improved natural resource management, weak marketing systems and inadequate official support have led to low productivity of sheep (11). Further, of late, there has been a growing concern among scientists about the farmer losing faith in sheep / goat rearing, and opting for other ventures in the urban areas. The levels of adoption of breeding, feed and nutrition and health-related technologies are dismally low (6) and the productivity of Indian sheep breeds in general is low, comparatively. Change agents claim that unfavourable

perception is one of the major reasons for low technology utilization in sheep farming, leading to low productivity. Though the total livestock population of the state has marginally increased by 3.22% in the last five decades, there has been a sharp decline of about 34.41% in the sheep population (2). These statistics have made the policy makers to lament on the unfavourable attitude of farmers towards sheep farming and this belief is often reflected in the livestock planning policies both at macro and micro levels. A farm enterprise, usually finds favour among the farmers due to several factors like technology benefits, feed or input availability, marketing potential etc... Such factors play a role in attitude formation and thereby adopting a farm enterprise (1, 7). Attitude of a farmer towards sheep farming, therefore, could influence his or her decision either to accept or reject sheep farming enterprise. Whether the intended objective of improving the sheep productivity and meeting the meat demands of the country will be achieved, depends greatly on the attitude of the present day farmers towards sheep farming. A better understanding of the attitude of sheep farmers is therefore urgently required to guide policy decisions regarding development programmes in sheep. Keeping this in view, an attempt has been made to assess the attitude of farmers of three select districts of Tamil Nadu, India towards sheep rearing. Three objectives guided the study. 1) To assess the attitude of farmers towards sheep farming, 2) To ascertain the correlates of farmers attitudes and their individual characteristics and 3) To compare the farmers of the three districts of Tamil Nadu in terms of their attitude scores.

Materials & methods

The study area chosen was the three districts of Tamil Nadu, India (LN 8° 04', LE 78° 0'), namely, Coimbatore,

¹ Sugarcane Breeding Institute (Indian Council of Agricultural Research), Coimbatore – 641 007. India. Telephone: 91-422-2435819; Mobile: 91- 9443578232; Fax: 91-422-2472923; e-mail: puthira@yahoo.com

² Central Sheep and Wool Research Institute (Indian Council of Agricultural Research), Mannavanur, Kodaikanal – 624 103. India.

Received on 29.06.06 and accepted for publication on 23.05.07.

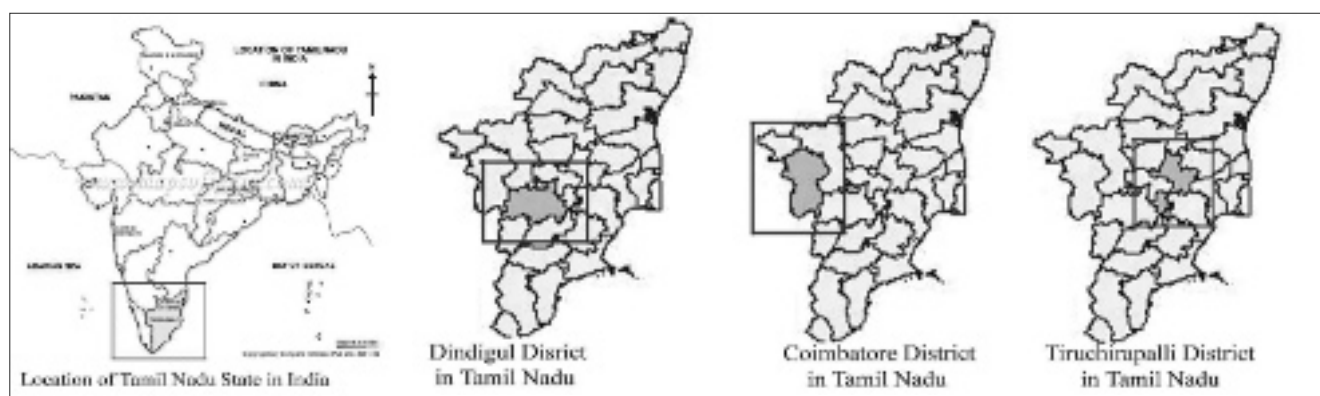


Figure 1: Map of study area.

Tiruchirappalli and Dindigul (Figure 1). These were selected at random from a list of districts with high sheep population based on the 1997- Livestock census. Three community development blocks, namely, Udumalpet, Manapparai and Dindigul were selected respectively from each district, at random. Fifty farmers from each block were selected at random and altogether 150 farmers formed the sample. Data were collected through personal interviews with the help of a structured schedule. The interview schedule for collecting data from the respondents on their attitude towards sheep farming consisted of two parts.

The first part collected information on the demographics of the respondents (a few independent variables, namely, age, educational status, farming experience and flock size were selected for the sake of brevity) and the second part elicited their responses towards the attitude scale. To measure the attitude of farmers, a 3-point scale developed by Rajkamal & Kunzru (12) for goat farmers was utilized with slight modifications (Table 1).

The scale that was constructed using Thurstone's Equal Appearing Interval method, consisted of 9 items. The scale consisted of five favourable items (statements) and four unfavourable items. The negative and positive items were placed randomly in the scale in order to avoid the respondents' bias. The scoring procedure adopted was as follows.

Nature of statement	Continuum		
	Agree	Undecided	Disagree
Favourable	3	2	1
Unfavourable	1	2	3

The total score of each respondent was obtained by summing up his/her scores for the individual items. High scores indicated favourable attitude and low scores indicated unfavourable attitude towards sheep rearing. Statistical techniques employed in this study included, simple percentage, confidence interval, correlation analysis and data analysis was carried out using SPSS version 10.0.

Results and discussion

i) Profiling sheep farmers

Descriptive statistics were used to profile the respondents and the results are presented in table 2.

It is evident from the table that majority of the respondents were middle aged. Similar to the findings of Misra (9), majority of them were illiterates. Majority of them had a farming experience of 5–15 years and had a sheep flock size of 50–100 in number. The flock size of the sample is appreciable since previous studies had put the number at 5–15 for the southern parts of the country (10).

Table 1
Attitude scale

Please tell whether you agree or disagree with each of the statements

No.	Statements	Agree	Undecided	Disagree
1	I feel that young farmers should take up sheep farming as a self employment project (EMPLOY)			
2	Sheep rearing is labour intensive (LABOUR)			
3	Rearing of sheep makes their meat readily available for consumption (MEAT)			
4	Using scientific methods in sheep rearing cannot generate higher profits (SCIENTIFIC)			
5	Farmers should keep sheep to meet emergency financial needs by selling them (EMERGENCY)			
6	Sheep rearing is a risky enterprise for anyone as sheep easily get infected by diseases. (RISKY)			
7	Sheep farming is a way to prosperity for poor farmers (PROSPERITY)			
8	Sheep's efficiency to convert otherwise useless crop by products into meat is a plus point for sheep rearing (CONVERSION)			
9	One should abstain from sheep rearing as grazing lands are dwindling (GRAZINGLAND)			

Table 2
Profile of sheep farmers

S. No.	Name of variable	Category	Number of respondents			Percentage
			Coimbatore	Dindigul	Tiruchirappalli	
1.	Age	Young (Up to 35 years)	24	19	10	35.0
		Middle (36 – 45 years)	11	23	35	46.0
		Old (> 45 years)	15	8	5	19.0
		TOTAL	50	50	50	100.0
2.	Educational status	Illiterate	42	28	20	60.0
		Primary education (Studied up to 5 th standard)	4	10	25	26.0
		Middle education (6 th standard to 8 th standard)	2	9	5	10.7
		Secondary education (9 th standard to 12 th standard)	1	3	0	2.7
		Collegiate education	1	0	0	0.6
		TOTAL	50	50	50	100.0
3.	Farming experience	Less than 5 years	10	10	16	24.0
		5 - 15 years	16	20	29	43.0
		> 15 years	24	20	5	33.0
		TOTAL	50	50	50	100.0
4.	Flock size	Less than 50	18	8	6	21.3
		50 – 100	24	29	36	59.4
		> 100	8	13	8	19.3
		TOTAL				100.0

ii) Overall attitude of farmers

The respondents were asked to register their responses to the statements in the scale and were distributed based on their frequency of responses. The results are presented in table 3.

The distribution presented in table 3 reveals that majority of the farmers belonged to the “highly favourable” category followed by the “favourable” category. Only 8% of the respondents belonged to the “highly unfavourable” category which clearly indicates the favourable perception of the farmers towards sheep farming. This finding contradicts the popular view that sheep farming does not find favour among the sheep farmers.

iii) Correlates of farmers' attitude and their individual characteristics

The correlates of the personal characteristics of the sheep farmers and their attitude were assessed since attitude formation is dependent on the individual's personality characteristics (13). The results are presented in table 4.

The findings reveal that educational status had a negative and significant association with attitude. This would suggest that the less educated might be more positive towards sheep farming. This may be explained by the lack of conviction on sheep production technologies or the perception that there is nothing innovative in sheep farming practices worthy of learning by the educated; and therefore, sheep farming is not worthy of pursuing by the educated farmers. The sample had only 40% of literates who might have been disillusioned by low productivity levels in sheep farming. This problem therefore needs to be rectified immediately by convincing the literate farmers about the relevance of sheep farming in today's context, and on improving the productivity levels of sheep by adopting scientific sheep farming technologies. This finding contradicts that of Rogers & Havens (13) who had reported that education is a precondition for forming positive attitudes.

iv) An analysis of the attitude of sheep farmers belonging to the three districts

Analysis of Variance test (ANOVA) was used to examine whether there are differences among the mean attitude

Table 3
Distribution of respondents based on their attitude scores

Category	Number of respondents	Percentage (%)
Highly unfavourable (Very Low)	12	8
Unfavourable (Low)	2	1.3
Neutral	26	17.3
Favourable (High)	52	34.6
Highly favourable (Very high)	58	38.6

Table 4
Correlates of farmers' attitude and their individual characteristics

S.No.	Variable Name	“r” value
1.	Age	-.090
2.	Education	-.231**
3.	Farming experience	-.077
4.	Flock size	-.052

** Significant at 0.01 level.

Table 5
Duncan's Post Hoc test for comparison of differences among districts

District/Statement	Means for Groups	
	Subset 1	Subset 2
<i>LABOUR (Statement No.2)</i>		
Coimbatore		2.56
Dindigul		2.48
Tiruchirappalli	2.20	
<i>MEAT (Statement No.3)</i>		
Coimbatore		2.42
Dindigul		2.30
Tiruchirappalli	2.00	
<i>EMERGENCY (Statement No.5)</i>		
Coimbatore		2.96
Dindigul		2.84
Tiruchirappalli	2.48	
<i>PROSPERITY (Statement No.7)</i>		
Coimbatore	2.02	
Dindigul		2.36
Tiruchirappalli		2.36

scores of farmers belonging to the three districts.

The 'F' value that was significant ($p < 0.001$) for the statements, 2, 3, 5 & 7 indicated group differences i.e., there existed significant differences among the farmers belonging to the three districts. Hence, it could be inferred that at least one of the district differs from the others in its responses to these items on the attitude scale. In order to determine which groups differ, Duncan's Post Hoc Test was performed and the results are presented in table 5.

Duncan's test has identified two subsets i.e., subset 1 and subset 2, within each of which, differences were not significant. The districts of Coimbatore and Dindigul were homogenous in nature (subset 2) in the case of responses to statements, 2, 3 and 5. The farmers of Tiruchirappalli district (subset 1) however differed from the other two. This would indicate that in terms of the favourableness of perception towards statements that indicate labour – intensiveness of sheep farming, availability of meat and scope for emergency selling of sheep, the Tiruchirappalli farmers had differed significantly from the other two districts. The low group means of Tiruchirappalli district (2.20 for statement No 2; 2.00 for statement No 3 and 2.48 for statement No 5) indicate that those farmers had a less favourable attitude towards these statements. As for statement no 7, the farmers of Tiruchirappalli and Dindigul had similar perceptions (Subset 2). The farmers of Coimbatore district on the other hand, had a less favourable attitude (with a mean of 2.02) towards the statement, 'Sheep farming is a way to prosperity for poor farmers'.

These findings help us to infer that the farmers of Dindigul district are almost convinced of all the aspects of sheep farming. This district with a sheep population of 214 000 heads (3) has a full-fledged Animal husbandry Department which has a Regional Joint Director at its helm of affairs; the department has been distributing sheep units among the farmers under various development programmes. The density of sheep in the district is high in the taluks of Dindigul,

Palani and Vedasandur with the predominant sheep breed of the district being *Mecheri* (4). The influence of these might have had an effect on the positive attitude of the farmers of the district.

The favourable attitude of the farmers of Coimbatore district is also evidenced through the results, except for statement no 7. This district, with a sheep population of 206000 heads (3), has the Tamil Nadu Agricultural University, two Training and Research centres of the Tamil Nadu Veterinary and Animal Sciences University and about 172 veterinary units of the state department of Animal husbandry involved in dissemination of sheep production technologies. On the other hand, the farmers of Tiruchirappalli district still need to be convinced on the various positive aspects of sheep farming. This unfavourable attitude would possibly lead to low adoption of sheep production technologies, therefore leading to low productivity. This aspect assumes greater importance in the case of Tiruchirappalli district since it has the highest number of sheep (260 000) among the three districts (3) and has a good population of breeds such as *Kilakaraisal* and *Tiruchy Black*. The attitude of farmers of the district could be improved by strengthening the research-extension-farmer linkages with the help of line departments in the district which includes the 59 veterinary institutions of the Department of Animal husbandry and the Training and Research Centre of the Tamil Nadu Veterinary and Animal Sciences University. These institutions should campaign effectively for strengthening the convictions of the farmers on the benefits of sheep farming.

Conclusion and recommendations

The following implications could be drawn based on the results of the study.

The extension agents could use the favourable attitude of farmers in launching action programmes for introducing scientific concepts in sheep farming in order to enhance the productivity.

Since a significant number of the respondents were illiterate, extension methods such as farm and home contacts by extension personnel, radio, TV etc., which do not require reading ability, should be used to promote scientific sheep farming among these farmers.

The correlation analysis had showed the association of years of schooling with attitude. Hence, it is suggested that the educated farmers should be targeted and approached to inculcate the worthiness of continuing with sheep farming. Print media is a worthy option and the daily newspapers and farm magazines could be utilized for motivating them, as around 40% of the farmers had primary and above level of schooling.

The study showed that the farmers of Tiruchirappalli and Coimbatore districts of Tamil Nadu had an unfavourable attitude towards certain aspects of sheep farming. Establishing a separate directorate for sheep and goat development for promotion of this enterprise on scientific lines in Tamil Nadu similar to the states of Rajasthan and Jammu and Kashmir (5) and conducting holistic campaigns across the state could possibly help in orienting these farmers positively towards sheep farming.

Literature

- Adesina A.A. & Baidu J., 1995, Farmers' perception and adoption of new technology: evidence from analysis in Burkina Faso & Guinea, West Africa, *Agricultural Economics*, 13, pp. 1-9.
- Anonymous, 2004, Policy note – Animal husbandry department, 2004. Retrieved August 13, 2005, from <http://www.tn.gov.in/policynotes/archives/policy2003-04/anihus.pdf>.
- Anonymous, 2005, 17th Livestock census, 2004. Retrieved June 2, 2006 from www.tn.gov.in/deptst/tab07_01.htm
- Anonymous, 2006, Policy note on Dindigul district – Animal husbandry. Retrieved March 2, 2006, from <http://www.dindigul.tn.nic.in/anihus.htm>
- Ashrit K. & Santhaiah B., 1997, Small ruminants production systems:

- current practices in Andhra Pradesh. In: Krishna N, Naidu A.S. & Chandramouli D. (eds.) Small ruminant production and post-production systems, CLRI, Chennai.
6. Birthal P. & Rao P.P., 2002, Technology options for sustainable livestock production in India: Proceedings of the workshop on documentation, adoption and impact of livestock technologies in India, 18-19, January 2001, ICRIAT, Patancheru, India.
 7. Ellis E., 1988, Peasant economics: farm households and agrarian development. Wye studies in agricultural and rural development series. Cambridge: Cambridge University Press, p. 272.
 8. Ganesakale D. & Rathinasabapathy V., 1973, Sheep breeds of Tamil Nadu, Cheiron, 2, 2, 146-155.
 9. Misra A.K., Subramanyam K.V., Babu M.V.S., Reddy T.Y., Shivarudrappa B. & Ramakrishna Y.S., 2006, Improving the livelihood of landless and marginal farmers through sheep rearing in rainfed agro-ecosystem of India. Livestock research for rural development, 18, 5. Retrieved March 2, 2006 from <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd18/5misr18073.htm>
 10. Patnayak B.C. & Bohra S.D.J., 1991, Goats and sheep production and marketing systems in India. Proceedings of national workshop on "Meat and slaughterhouse byproducts handling systems, CLRI, Madras, India. Pp. 71-88.
 11. Radhakrishnan K.T., 2001, Meat production scenario from small ruminants in southern India. Proceedings of the fourth national seminar on 'Scope and strategies for increasing meat production from small ruminants and rabbits in the new millennium', November 9-11, 2001, Coimbatore, India.
 12. Rajkamal P.J. & Kunzru O.N., 1998, A scale to measure attitude of farmers towards goat rearing. Journal of Extension Education, 9, 4, pp. 2177-2182.
 13. Rogers E.M. & Havens A.E., 1961, The impact of demonstrations on farmers' attitude towards fertilizers, Research bulletin, 896, Ohio Agricultural Experimental station, Wooster, Ohio, USA.
 14. Triandis H.C., 1971, Attitude and attitude change. Wiley foundations of Social psychology series, New York: John Wiley.

D. Puthira Prathap, Indian, PhD, Scientist (Senior Scale), Sugarcane Breeding Institute (Indian Council of Agricultural Research), Coimbatore – 641 007.

India. e-mail: puthira@yahoo.com

A.S. Rajendiran, Indian, PhD, Scientist (Senior Scale), Central Sheep and Wool Research Institute (Indian Council of Agricultural Research), Mannavanur, Kodaikanal – 624 103. India.

Dr. D. Gour, Indian, PhD, Senior Scientist (Retired), Central Sheep and Wool Research Institute (Indian Council of Agricultural Research), Mannavanur, Kodaikanal – 624 103. India.

Honey Quality as Affected by Handling, Processing and Marketing Channels in Uganda

D.R. Kugonza^{1*} & Dorothy Nabakabya²

Keywords: Brands- Honey- Market- Processing- Quality- Standards- Uganda

Summary

The factors that affect honey quality in Uganda were surveyed in 120 beekeeping households. Honey was sampled from supermarkets, hawkers and stall markets along four transects across Kampala, the capital. Honey quality parameters assessed were diastase number (DN), free acidity (FA), moisture content (MC), hydroxymethylfurfural (HMF), and water insoluble solids (WIS). Honey was mostly harvested from basket and grass hives. Pressing, boiling and straining were popular honey processing methods. Honey quality was mainly compromised by harvesting immature honey, bad extraction methods and contamination by extraneous materials. Constraints to beekeeping were lack of appropriate equipment (52%), inadequate farmer skills, bad weather and vermin. Honey brands differed ($P < 0.05$) in DN, most failed the Uganda and Codex Alimentarius standards, and 20% met European Union HMF and DN standards. Correlation was observed between HMF vs. DN ($r = 0.94$); MC vs. FA ($r = 0.56$). Supermarket honey (4.65) was more superior ($P < 0.05$) in DN than stall markets (1.93), and hawkers (2.3). Similarly, WIS levels differed ($P < 0.05$) between honeys from supermarkets (0.08), stall markets (3.0) and hawkers (3.15). All honeys met MC standards, while DN and WIS were major shortcomings. Farmer training and extension in proper honey harvesting, handling and processing should be strengthened. Quality monitoring at all levels should be emphasized.

Résumé

Influence de la manipulation, de la transformation et des circuits de commercialisation sur la qualité du miel en Ouganda

Les facteurs qui affectent la qualité du miel en Ouganda ont été étudiés auprès de 120 producteurs fermiers. Des échantillons de miel ont été collectés dans les supermarchés, auprès de revendeurs et dans des marchés à l'étal le long de quatre transects traversant la capitale Kampala. Les paramètres étudiés ont été la concentration en diastase (diastase number, DN), l'acidité libre (free acidity, FA), l'humidité (moisture content, MC), l'hydroxyméthylfurfural (HMF) et les solides insolubles dans l'eau (water insoluble solids, WIS). Le miel était essentiellement récolté dans des paniers et des ruches en herbe. Le pressage, l'ébullition et l'égouttage sont des procédés de transformation courants. La qualité du miel a été particulièrement diminuée par la récolte de miels immatures, des méthodes d'extraction inadaptées et la contamination d'éléments extérieurs. Les contraintes liées à l'apiculture ont été le manque d'équipement approprié (52%), le peu d'habileté du producteur, les mauvaises conditions climatiques et les parasites. Les différents miels se sont différenciés par la concentration en diastase ($P < 0,05$), la majorité d'entre eux ne répondant pas aux standards ougandais et au Codex Alimentarius; 20% correspondaient à ceux de l'Union Européenne, aussi bien pour HMF que pour DN. Les corrélations observées entre HMF et DN, et entre MC et FA, ont été respectivement de 0,94 et 0,56. La concentration en diastase a été supérieure dans les miels de supermarché (4,65) que sur les étals de marché (1,93) et que chez les revendeurs (2,3). De même, les niveaux en solides insolubles dans l'eau étaient différents ($P < 0,05$) entre les miels de supermarché (0,08), les marchés à l'étal (3,0) et les revendeurs (3,15). Tous les miels étaient conformes aux normes en humidité, alors que pour la majorité d'entre eux ils ne l'étaient pas pour DN et WIS. La formation et l'encadrement des producteurs en récolte, manipulation et transformation du miel doivent être renforcés. L'accent doit être mis sur les aspects liés à la qualité à tous les niveaux de la filière.

Introduction

The exploitation of bees provides a sustainable environmentally beneficial food and income source for rural households in developing countries. Beekeeping has been widely promoted in many countries as a major contributor to rural development (2). Products such as honey, beeswax, bee pollen, propolis, royal jelly, venom, queen bees and larvae are all of socio-economic value (11). Honey production is of growing socio-economic significance worldwide, particularly in developing countries. The quality of honey is a key factor for both local and international markets (11) to enable attainment of competitive premium prices and ensure human health. Honey quality consideration is an aspect disregarded by producers and processors especially

in developing economies. Proper understanding and standardisation of honey components and attributes that are most vulnerable during processing cannot therefore be over emphasized. The major constituents of honey are sugars, water, proteins, enzymes, acids and minerals (6), while the major causes of quality deterioration include heating at high temperatures, high moisture content, adulteration, poor packaging and poor storage conditions (11). These honey quality hazards appear to be common along the pathway from producers, retailers to consumers in Uganda, though no research has verified this. The maintenance of honey quality is vital in protecting consumers from potential health hazards such as food poisoning (13). Recent initiatives in

¹Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Makerere University, P.O. Box 7062, Kampala, Uganda. E-mail: donkugonza@agric.mak.ac.ug. Tel: 256-41-532269 Fax: 256-41-531641

²Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Makerere University, P.O. Box 7062, Kampala, Uganda.

Received on 19.03.07 and accepted on 08.06.07.

Uganda have aimed at establishing a national beekeepers association and development of a national monitoring plan for residues in honey.

In Uganda, honeybees give three major nutritionally and financially important outputs namely: honey, beeswax and propolis. Bees also play a key role in crop pollination, especially important for coffee, pulses, oil seeds, fruits and vegetables. It is estimated that there are over 120,000 small scale beekeepers in Uganda with a national annual honey production of about 5,000 metric tones (23). In 2001, Uganda's honey yield was estimated at 3,000 tons, worth US\$ 2.7 m and 362 tones of beeswax worth US\$ 1.1 m (4). Assessment of the factors that affect quality is very critical since fresh honey normally meets the quality requirements for export markets, but it deteriorates eventually during handling and marketing. This formed the basis of this study.

Materials and methods

Study site

A descriptive survey with both qualitative and quantitative parameters was conducted in the districts of Bushenyi (00° 35'S, 30° 10'E), Luweero (01° 27'N, 32° 15'E), Katakwi (01° 43'N, 33°35'E) and Kitgum (03° 17'N, 32° 52'E) located in western, central, eastern and northern Uganda respectively. These districts were purposively selected for the study since they are rated as the highest producers of honey in their respective geographical regions. The four districts are located in the sub-humid agro-ecological zone of Uganda (7). The experimental study was conducted in Kampala (00° 20'N, 32° 30'E), Uganda's capital city, also the biggest consumer of honey, and possessed the highest number of honey brands in the country.

Survey design

Thirty beekeeping households were randomly sampled across each of the four districts (Figure 1). A standard questionnaire was administered in an interview to all respondents to characterize the beekeeping households of Uganda and determine the major factors affecting productivity and honey quality. The instrument was tested for validity to make sure that questions asked were exhaustive for the study objective. Suitability and clarity of questions were determined by pre-testing the instruments with farmers from the selected study areas but who did not participate in the actual study. Reliability of the instruments was tested using the internal check, by having some selected questions asked in different ways. The instrument was revised during the data collection process to probe on some pertinent issues arising during the study.

Experiment design

We tested whether the quality of honey is affected by the marketing method, and whether the various honeys meet the national and international standards. The major honey retailers are supermarkets that sell branded honey, while hawkers and stall markets sell unbranded honey. The study was conducted in a completely randomized design with five brands of honey from each of three supermarkets randomly selected along four transects across the city. Along the same transects, 15 hawkers and five stall markets were selected randomly. From each hawker, one honey sample was taken and from each stall market, three samples were taken. Branded honey samples weighed 500 g each while unbranded honey samples were 250 g. The number of honey samples to be collected was determined using established procedure (15). All samples were stored at room temperature. Parameters assessed and methods used were: diastase activity (DN) using acetate buffer procedure (6); free acidity (FA) using titration with 0.05 N NaOH (1); hydroxymethylfurfural (HMF) concentration using absorbance procedures (6); moisture content (MC) using



Figure 1: Map of Uganda showing study areas.

refractometric method (1); and water insoluble solids (WIS) using the gravimetric method (24).

Statistical analysis

Survey data was collated, coded and analysed using descriptive statistics of Statistical Package for Social Scientists (21). Experimental data, namely: DN, FA, HMF, MC and WIS was analysed using analysis of variance procedures and significant means were separated using Fisher's protected least significant difference of Statistical Analysis Systems Institute (19).

Results

Characteristics of the beekeeping households

Across all districts, most beekeepers (77%) were men. Over 82% of the beekeepers were 30 years or older (Table 1). Luweero district of central Uganda had the highest number of elderly beekeepers. With exception of Luweero where 80% of keepers kept top-bar hives (Table 1), majority of beekeepers in Bushenyi, Kitgum and all respondents of Katakwi district kept traditional fixed comb hives made from grass, fired clay and stick mats matted with earth.

Pressing of combs, boiling and straining were popular methods of honey extraction and processing. Over one third of the respondents across all districts sell their honey unprocessed. The study revealed that honey was the major hive product (93%) and was predominantly for sale. Beekeepers reported that honey quality was mainly compromised by harvesting immature honey (93%), poor extraction and storage methods (90.2%) and contamination by extraneous materials (60%). The main constraints to beekeeping (Table 1) were inadequate skills, mainly due to weak extension service; lack of appropriate equipment especially hives, harvesting gear, and storage containers; bad weather especially prolonged drought which affects flowering patterns; lack of transport and general poor infrastructure; vermin, especially wild animals and wax moth; lack of credit facilities for beekeeping development and lack of market for honey and other hive products.

Variability of quality among branded honeys

Significant differences ($P < 0.05$) were observed only in diastase number among the five honey brands (Table 2). All brands met the moisture content and water insoluble solids standards of Uganda (24), the European Union (3) and the

Table 1
Proportion of beekeepers by gender, age structure, types of hives kept, honey processing methods and constraints faced in four districts of Uganda

	District				Mean
	Bushenyi	Luweero	Katakwi	Kitgum	
	Proportion of households (%)				
	n= 30	n= 30	n= 30	n= 30	
Gender of beekeeper					
Male	75	80	90	64	77.3
Female	25	20	10	36	22.7
Age group (yrs)					
≤ 20	10	-	-	11	10.5
21-30	25	-	-	25	25.0
31-40	30	40	20	23	28.3
41-50	20	20	60	32	33.0
≥ 51	15	40	20	10	21.3
Types of hives kept					
Traditional	60	9	100	70	59.8
Top-bar	40	80	-	30	37.5
Langstroth	-	11	-	-	2.8
Honey processing method					
Boiling	30	10	30	30	24.7
Sun heating	-	-	20	-	13.4
Pressing	-	40	20	50	32.5
Straining	10	40	-	-	22.2
Unprocessed	60	10	30	20	30.7
Constraints faced by beekeepers					
Lack of equipment	60	50	20	76	52.0
Inadequate skills	70	-	-	61	32.8
Lack of transport	50	-	40	48	34.5
Bad weather	80	20	-	57	39.3
Thieves	30	10	20	-	15.0
Vermin	2	-	-	80	20.5
Lack of honey market	-	20	40	-	15.0
Lack of credit facility	-	50	30	-	20.0

Codex Alimentarius (8). Most brands failed the DN, FA and HMF tests. Though brands did not differ significantly in free and total acidity levels; 80% of them did not meet the free acidity standards. One fifth of the brands qualified in DN and HMF for the European Union market. There was a positive though weak ($r = 0.56$) correlation between MC and FA across the honey brands (Figure 2).

Variation in honey quality among honey retail markets

Moisture content of honey from different retail groups showed non-significant differences but met the three standards (Table 2). Although free acidity levels did not significantly differ, all retail markets failed to attain the standards, with stall markets having the highest acidity (54.2 ± 2.4 meq. kg^{-1}). The mean total acidity for honey from the different markets was 56.4 ± 2.5

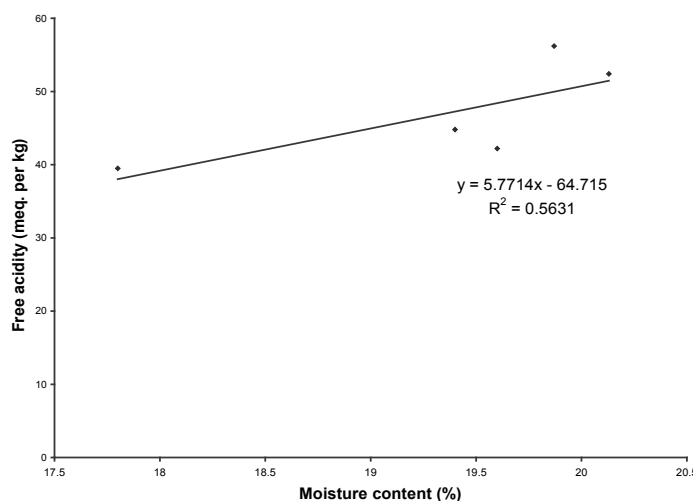


Figure 2: Correlation between moisture content and free acidity in different honey brands.

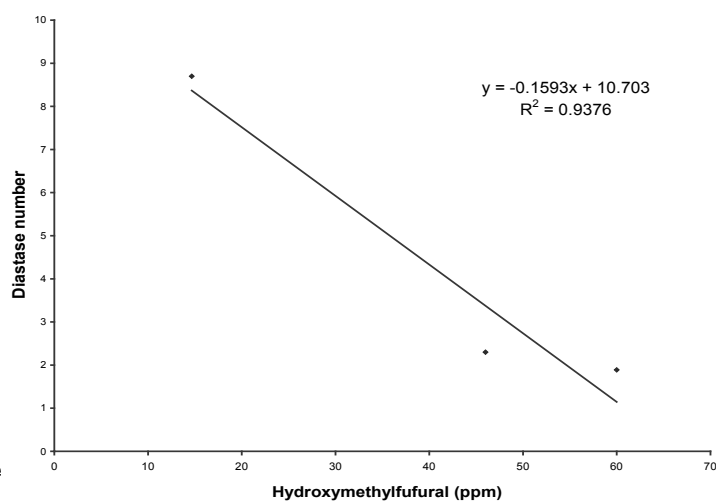


Figure 3: Correlation between diastase number and hydroxymethylfurfural across honey retail groups.

Table 2
Mean moisture, acidity, hydroxymethylfurfural, diastase and water insoluble solid content of honey by honey brand and retail group

	Moisture Content (%)	Free acidity (meq. kg ⁻¹)	HMF (meq. kg ⁻¹)	Diastase number	Water insoluble solids (%)
Brand Identity					
1 (n= 3)	19.4 ± 1.3	44.8 ± 5.1	123.3 ± 55.8	5.12 ± 2.79	0.030 ± 0.01
2 (n= 3)	19.9 ± 0.3	56.2 ± 0.3	75.5 ± 2.8	0.87 ± 0.26	0.100 ± 0.05
3 (n= 3)	17.8 ± 0.2	39.5 ± 2.2	267.5 ± 183.2	2.74 ± 1.08	0.117 ± 0.09
4 (n= 3)	19.6 ± 0.1	42.2 ± 8.0	7.1 ± 2.1	10.21 ± 1.53	0.067 ± 0.01
5 (n= 3)	20.1 ± 1.8	52.4 ± 7.9	42.8 ± 14.8	4.29 ± 2.28	0.083 ± 0.04
LSD _{0.05}	NS	NS	NS	5.74	NS
CV (%)	9.3	20.8	144.1	68.0	74.6
Retail group					
Supermarkets (n= 15)	19.36 ± 0.44	47.0 ± 2.7	103.2 ± 40.5	4.65 ± 1.08	0.08 ± 0.02
Stall markets (n= 15)	18.27 ± 0.30	54.2 ± 2.4	60.1 ± 12.5	1.93 ± 0.49	3.00 ± 0.49
Hawkers (n= 15)	19.33 ± 0.31	46.3 ± 3.3	45.5 ± 5.7	2.30 ± 0.58	3.15 ± 0.27
LSD _{0.05}	NS	NS	NS	2.12	0.89
CV (%)	7.3	22.4	137.8	99.6	56.5
Quality standard					
Uganda ^a	≤ 22	≤ 40	≤ 80	≥ 3	≤ 0.5
European Union ^b	≤ 21	≤ 40	≤ 40	≥ 8	≤ 0.5
FAO ^c	≤ 21	≤ 40	≤ 80	≥ 3	≤ 0.5

HMF= hydroxymethylfurfural; ^aUNBS, 1993; ^bCPIDC (1996); ^cFAO and WHO (1994).

(stall markets), 52.3 ± 2.8 (supermarkets) and 50.7 ± 3.5 meq. kg⁻¹ (hawkers). The variation in HMF and WIS content among retailers was very high (Table 2). Diastase number and implicitly, activity varied significantly ($P < 0.05$) among retail groups. Supermarket honey was more superior ($P < 0.05$) in WIS than stall markets, which also had significantly better honey ($P < 0.05$) than hawkers. Only supermarket honey qualified in both Uganda and Codex Alimentarius DN standards, but none of the retailers met the EU Standards (Table 2). Diastase number and WIS were major bottlenecks to quality for Ugandan honey. Strong correlations were observed between DN vs. HMF across honey retail markets (Figure 3); and between free acidity and total acidity (Figure 4).

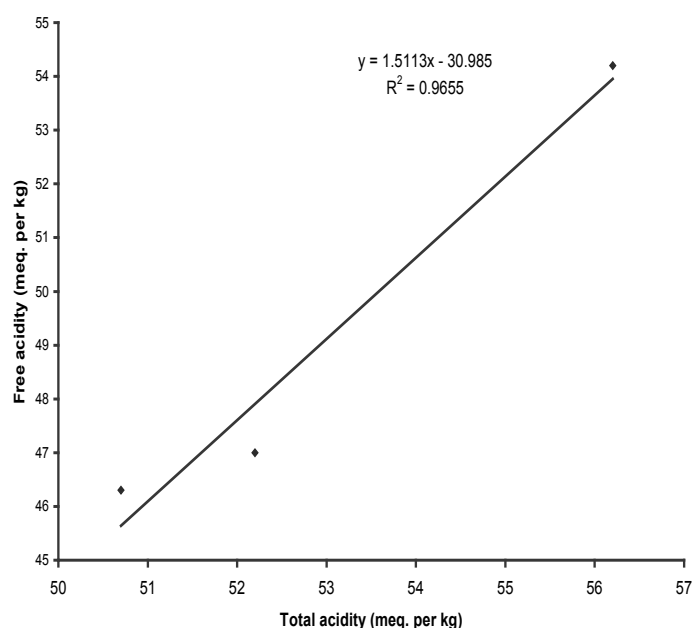


Figure 4: Relationship between total and free acidity in honey across retail groups.

Discussion

Results of this study showed that men predominate in beekeeping in all districts, but this is likely to change with adoption of modern beehives. Traditional hives are usually hanged high up in trees. Cultures in most parts of Uganda dictate that women cannot climb trees, and this keeps them away from engaging in beekeeping. Traditional hives were more common than improved hives in all districts except Luweero, which is closest to Kampala city, and therefore more accessible to modern equipment.

Pressing of combs was prevalent in Luweero and Kitgum districts but was absent in Bushenyi where two thirds of the beekeepers sold unprocessed honey. Of the four honey extraction methods, boiling is the worst at destroying quality. Boiling breaks down enzyme diastase and increases hydroxymethyl furfural content (20). It may also destroy the flavour of the honey. Unfortunately, boiling was widespread and was being used by one third of all respondents in Bushenyi, Katakwi and Kitgum. On the other hand, straining, which gives best results of the four methods was absent in Katakwi and Kitgum. Results show that farmers knew that they use bad honey extraction methods, as > 90% across all districts mentioned it as a major compromise of quality. It therefore implies that lack of knowledge on better methods, and poor extension service should be blamed. Contamination of honey by extraneous materials was widespread in the districts. This mainly arises from bad harvesting methods such as use of fire leads to honey laden with dead bees, soot and other plant debris. Use of unclean containers at harvesting and during honey transporting could also be concomitant factors.

The lack of difference in moisture level among the honey brands is consistent with previous studies, which also concluded that water content in honey rarely changes significantly. Generally, water content beyond the recommended limit promotes yeast proliferation, fermentation and subsequent accumulation of acidity. This process leads to honey thinning due to a drop in honey viscosity and, therefore, loses its typical marketable texture.

Moisture content ranging from 17.8 to 20.1% have been reported for Ugandan honey (9, 16, 25), and agree with results of this study though higher values have also been documented (10), possibly due to the use of raw honey, which is often known to contain higher amounts of moisture than processed honey.

Over half of the honey brands met the Uganda and Codex Alimentarius Hydroxymethylfurfural standards, which is very encouraging as the country strives to connect her trade with sophisticated world markets. However, only one brand passed the EU standard. HMF is a product of simple sugar decay caused by temperatures $>75^{\circ}\text{C}$ and / or prolonged storage of honey and is the main indicator of honey deterioration (11). Honey affected by these factors is identified by HMF levels exceeding 100 mg.kg^{-1} (17), while $>150\text{ mg.kg}^{-1}$ is an indicator of honey adulteration with commercial invert sugar and could explain the high HMF level in Brand 3. The EU recommends HMF levels of 25 mg.kg^{-1} for raw or fresh honeys (20). Hydroxymethylfurfural values above 40 mg.kg^{-1} have been found in some Saudi Arabian honeys (22), similar to over half of brands in this study.

Only 20% of the study brands passed the free acidity test. Acidity is responsible for the taste of honey; however, excessive acidity is undesirable because it leads to a sour-off-taste and running texture (17). High levels of acidity in honey are associated with fermentation resulting in alcohol and subsequently into acetic acid. Acidity is promoted by high yeast cells counts and increase in MC (25). This promotes yeast proliferation, accelerating fermentation and acid production (5). Free acidity values were consistent with $40.93 - 52.78\text{ meq.kg}^{-1}$ (14), but much greater than $6.38 - 7.83\text{ meq.kg}^{-1}$ (9) because the latter used fresh honey, which could not have began to ferment. The relatively high FA values in the present study could be due to excessive yeast count in Uganda honey (16). The linear relationship between TA and FA suggests that one parameter can be predicted from the other. This also implies that the two acid pools are largely in equilibrium in all the brands. Though there are no TA standards this study brings into perspective the potential value of this parameter as an alternative to FA.

The poor performance of the brands in diastase number is sufficient cause for concern for Uganda's supermarket sector and should constitute one of the focal points for checking the quality of honey. Diastase number (DN) is an indicator of diastase activity (DA) in honey. Generally, all honeys contain small quantities of diastase enzyme, sensitive to high temperatures ($>75^{\circ}\text{C}$), which destroys it and long-term storage that lowers its concentration. It is hard to distinguish the contribution of each of the factors without a historical account of honey. Diastase is responsible for the hydrolysis of starch (25), and is produced during honey making. Results of this study compare closely with $2.28 - 10.64$ (14) also from processed Ugandan honey. However, there was disparity with studies in which raw and heated honey was used (9, 10, 12). Diastase numbers for raw honey were generally much greater than for processed honey. This is expected because processing, particularly heating, destroys the diastase enzyme (11).

Natural honey is known to contain moulds, inorganic and organic matter foreign to its composition such as insects, insect debris and brood or grains of sand (8), which are water insoluble hence "water insoluble solids (WIS)". The low amount could be due to supermarkets, being retailers for the affluent clientele requiring the honey suppliers to properly filter the honey. WIS levels was $0.0 - 0.82\%$ for processed (supermarket) honey, and $0 - 0.08\%$ for natural honey were found in Spanish honey (12), showing that Ugandan honey is superior in this attribute. The high negative correlation between DN and HMF (Figure 2) is logical because high

HMF and low diastase are symptomatic of excessively heated honey or honey kept for lengthy periods (20). These findings underscore HMF as a useful indirect confirmatory tool for establishing the status of honey quality with respect to heating and storage.

The significant linear correlation between MC and FA across the honey brands suggests that dilution of honey enhances its acidification. This is explained by previous viewpoints that water content beyond 18% promotes yeast multiplication and its associated fermentation, and subsequent acid accumulation (5). Although the MC data obtained in the present study is within the local and international standard limits, it poses a potential threat to honey quality among the brands studied (Table 1). Uganda's honey was reported with high yeast counts of $>1400\text{ cfu.g}^{-1}$ right from its fresh state (16). The impact of this initial yeast content on honey quality could be the high values of FA obtained.

Variability of honey quality among retail groups

Honey from all groups passed the moisture content test implying that there was no adulteration with water. Furthermore, it probably reflects on the limited loading of atmospheric moisture into Ugandan honey, despite honey's hygroscopicity. The high free acidity values could be a major handicap to the acceptance of Uganda's honey. The most affected category is the stall markets, whose honey acidity level was 36% over the minimum for the three standards, attributable to the high counts of yeast in Ugandan honeys (16). Hence, in order for Uganda to target lucrative markets, serious consideration must be directed at rectifying this problem through exercising hygiene, to prevent entrance of yeast cells during processing. The other option is by honey pasteurisation at temperatures that do not affect diastase activity. Acidity results of this study concurred with some previous ones (12, 14) but departed from others (9).

Retail market effect on HMF content (Table 2) was not significant despite the clearly large mean value for supermarkets. This variability was due to lack of enforced quality control. The high HMF value lends to possibilities of heat treatment and / or adulteration. Other markets had HMF values that met Ugandan and Codex Alimentarius standards.

The significantly low DN for the Hawker and Stall market groups (Table 2) and their inferiority to the quality standards implies that these groups might be tampering with honey. This constraint needs better attention most especially if these categories are going to become suppliers to retailers engaged in sophisticated markets. Water insoluble solids content in supermarket honey was significantly ($P < 0.05$) lower than other groups probably because the suppliers strain out these materials in response to clientele interests. Negative correlation between DN and HMF (Figure 3) was due to HMF being a circumstantial product of processes that are destructive to diastase enzyme.

Generally, the poor quality of the honey can be attributed to the constraints identified in the survey section of this study. If honey is harvested using crude methods and or from traditional hives, then diastase enzyme is destroyed, acidity, HMF and WIS increase and ultimately quality is compromised.

Conclusion

This study shows the challenges in quality for Ugandan honey, and proposes a road map that the industry stakeholders may take to bring products from the hive to the consumers with as little change as possible. The honey marketed in Kampala did not meet the three quality standards. We therefore recommend that quality regulatory bodies such as the national bureau of standards should ensure compliance of Uganda's honey with local and international

quality standards. An integrated sensitisation programme on quality assurance and its accruing benefits at all stages of honey production, processing and general handling should be conducted. Honey quality testing laboratories should be set up to enable honey dealers quickly establish their honey quality. They could be incorporated into honey collection centres, or district veterinary laboratories.

This study established the different factors that directly and indirectly influence honey quality. Inadequacy in skills can be overcome through strengthening extension especially through use of the field school technique with active apiary demonstrations. The lack of appropriate equipment calls for a proactive government policy that supports private sector led beekeeping initiatives. Beekeepers need to establish perennial forage sources such as fruit tree and multi-purpose tree woodlots, especially in western and northern Uganda where drought was a big problem. There is also a need for development of alternative dry season feeding for bees.

Transport and general poor infrastructure affect marketing of hive products and may have a strong bearing on the product prices. Creation of collecting centres and marketing of products under beekeeper groups would ameliorate this problem and also improve access to markets. These groups could also be used to access credit from micro-finance institutions, which prefer dealing with individuals in formal groups. Vermin was a felt constraint in Kitgum district only, and could be controlled by ensuring good bee colony and apiary management practices, and proper hive siting which would curtail the wild animals.

Acknowledgements

We gratefully acknowledge the contribution of R. Mugumya, D. Musooli, M. Odong, and D. Aliche who collected the survey data.

Literature

1. Association of Analytical Chemists (AOAC), 1999, Official methods of analysis of the AOAC. International Sixteenth Ed., 5th Revision, Vol. 1. AOAC International, Gaithersburg, Maryland, USA.
2. Bees for Development, 2000, The role of beekeeping in rural development. Research and Development publication, 28 p.
3. Centre for the Promotion of Imports from Developing Countries (CPIDC), 1996, Honey and beeswax: a compact survey of the Netherlands Market and of the European Union Market in General. Joy Pakenham – Walsh. Rotterdam, Netherlands. 88 p.
4. Commonwealth Secretariat, 2001, Uganda: strategy for development of the apiculture sector. Draft Report. EIDD, EMDD. London, 60 p.
5. Considine D.M.P.E. & Considine G.D., 1982, Foods and Food Production Encyclopaedia. Van Nostrand Reinhold Company. New York, USA. 2305 p.
6. Food and Agriculture Organisation (FAO), 1986, Manuals of food quality control. Food analysis: quality, adulteration and tests of identity. Food and Agriculture Organisation of the United Nations. Rome, Italy.
7. Food and Agriculture Organisation (FAO), 2001, Agro-ecological Distributions for Africa, Asia and North and Central America, Consultants' report. Food and Agriculture Organisation of the United Nations. Rome, Italy.
8. Food and Agriculture Organisation (FAO) & World Health Organisation (WHO), 1994, Codex Alimentarius: sugars, cocoa products, and chocolate and miscellaneous products. 2nd Ed. Vol. 11. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Codex Alimentarius Commission. FAO/WHO, Rome, Italy, p. 485.
9. Kaaya A.N., Namutebi A. & Ongol M.P., 1998, Effects of blending and heat treatment on the quality parameters of honey. MUARIK Bulletin, 1, 141-145.
10. Kaizukya H.M.S., 2000, Assessing the physicochemical quality and sensory evaluation of honey produces in Arua and Nakasongola. BSc. (Food Science & Technology). Special Project Report, Makerere University, Kampala, Uganda. 44 p.
11. Krell R., 1996, Value added products from bee keeping. FAO Agricultural Services Bulletin, 124. Food and Agriculture Organisation of the United Nations. Rome, Italy. 371 p.
12. Lopez B., Latorre M.J., Fernandez M.I., Garcia M.A., Garcia S. & Herrero C., 1996, Chemometric classification of honeys according to their type based on quality control data. Food Chemistry, 55, 3, 281-287.
13. Merin U., Bernstein S. & Rosenthal I., 1998, A parameter for quality of honey. Food Chemistry, 62, 2, 241-242.
14. Mwanja S., 2001, Comparison of quality parameters of locally processed and imported honey. BSc. (Food Science & Technology). Special Project Report, Makerere University, Kampala, Uganda.
15. Neter J., Kutner M.H., Nachtsheim C.J. & Wasserman W., 1996, Applied Linear Statistical Models. 4th Ed. IRWIN. Times Mirror Higher Education Group, Inc. Chicago, USA. p. 1408.
16. Ongol M.P., 1997, Effects of blending and heat treatment on the quality parameters of honey. BSc. (Food Science & Technology). Special Project Report, Makerere University, Kampala, Uganda.
17. Rodgers P.E.W., 1979, Honey quality control. pp. 314-325. In: Crane E. (ed). Honey: A comprehensive survey. Heinemann, London, UK. 608 p.
18. Root A.I., 1980, ABC and XYZ of bee culture: an encyclopaedia pertaining to scientific and practical culture of bees. The A.I. Root Co. Medina, Ohio, USA.
19. Statistical Analysis System Institute Inc., 2003, SAS OnlineDoc version 9.1.3. English edition, SAS Institute, Inc., Cary, North Carolina, USA.
20. Ruoff K. & Bogdanov S., 2004, Authenticity of honey and other bee products. Apiacta, 38, 317-327.
21. SPSS, 1999, Statistical Package for Social Scientists. Version 11.0. SPSS Inc., 233 South Wacker Drive, 11th Floor, Chicago, IL, 60606-6307.
22. Tarboush A.H.M., Kahtani A.A.H. & Sirrage E.M.S., 1993, Floral type identification and quality evaluation of some honey types. Food Chemistry, 46, 1, 13-17.
23. Uganda Export Promotion Board (UEPB), 2004, Export Bulletin, October – December. Edition 5. pp. 5-6.
24. Uganda National Bureau of Standards (UNBS), 1993, Uganda Standards: standard specification for honey. 1st Ed. Uganda National Bureau of Standards. p. 18.
25. White J.W., 1982, Honey. Pp. 491-525. In: Dadant & Sons (eds). The hive and the honey bee. Dadant & Sons, Hamilton, Illinois, USA. 1324 p.

D.R. Kugonza, Ugandan, M.Sc. Agriculture (Animal Science), Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Makerere University, P.O.B 7062, Kampala, Uganda.

Dorothy Nabakabya, Ugandan, B. Biomed. Lab. Tech., Principal technician, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Makerere University, P.O.B 7062, Kampala, Uganda.

Study of Various Extracts of *Ayapana triplinervis* for their Potential in Controlling Three Insect Pests of Horticultural Crops

Sunita Facknath * & B. Lalljee

Keywords: *Ayapana triplinervis*- *Plutella xylostella*- *Crociodolomia*- *Myzus persicae*- cabbage Mauritius

Summary

Chemical groups of *Ayapana triplinervis*, extracted successively with hexane, petroleum ether, methanol, chloroform: methanol (1:1), and chloroform: methanol (4:1) were studied for their effects on *Plutella xylostella*, *Crociodolomia binotalis* and *Myzus persicae*, three serious pests of horticultural crops in Mauritius. The most bioactive extracts were further fractionated into groups using Thin Layer Chromatography, and seven of those exhibiting strongest activity were tested on each of the three test insects. Results showed that the alkaloids and tannins exhibited greatest feeding deterrence in *P. xylostella* and *C. binotalis*, followed by phenols and flavonoids. In the case of *M. persicae*, *A. triplinervis* extracts disrupted growth and development of the nymphs, had significant pest control properties, and were good candidates for further study on their potential as botanical pesticides, in the context of an organic farming/sustainable agriculture system, as an environmentally-friendly alternative to synthetic insecticides.

Résumé

Étude de divers extraits de *Ayapana triplinervis* pour leur pouvoir de contrôle de trois ravageurs de cultures horticoles

Les groupes chimiques de *Ayapana triplinervis*, extraits successivement au moyen de l'hexane, de l'éther de pétrole, du méthanol, de la chloroforme: méthanol (1:1) et de la chloroforme: méthanol (4:1) ont été étudiés pour leurs effets sur le *Plutella xylostella*, les *Crociodolomia binotalis* et les *Myzus persicae*, trois insectes nuisibles aux cultures horticoles à l'île Maurice. Les extraits bioactifs ont été fractionnés davantage en divers groupes en utilisant la chromatographie et sept d'entre eux montrant l'activité la plus forte ont été examinés sur chacun des trois insectes. Les résultats ont montré que les alcaloïdes et les tannins sont les groupes chimiques ayant la plus grande dissuasion d'alimentation dans les larves de *P. xylostella* et de *C. binotalis*, suivis des phénols et des flavonoïdes. Dans le cas des *M. persicae*, les extraits de *A. triplinervis* ont perturbé la croissance et le développement des nymphes, et sont des bons candidats pour les études plus poussées dans le contexte d'agriculture biologique et durable.

Introduction

The knowledge that plants exhibit pesticidal properties is not new; it has been known and used since immemorial time for protecting grains and other foodstuffs (8, 19). Plants are a very rich source of bioactive organic chemicals and more than 400,000 secondary metabolites may be present in the plant kingdom (34). Extracts from tobacco, rotenone, and pyrethroids have been studied exhaustively for their pesticidal activities. Alkaloids, sesquiterpenes, flavonoids, limonoids, phenols, coumarins, and stilbenes of plant origin are known to possess toxic, antifeedant, and growth regulating effects against a wide range of insect pests (14, 20, 24, 26, 33). Use of allelochemicals in the form of pesticidal treatments (1, 7, 16, 23) within an integrated pest, disease and weed management programme (19), or as part of cropping systems for sustainable agriculture (2, 6, 27, 30), has several advantages – some of them are cheap, effective, environmentally friendly, less hazardous to human and animal health, non-toxic to non-target species, and less likely to result in resistance in the target organism (13). Synthetic modification of phytochemicals has resulted in more effective and improved bioactive compounds (32). Synthetic pyrethroids such as cypermethrin, cyhalothrin and deltamethrin based on the natural pyrethrum structural models, have become quite popular and occupy a large share of the pesticide market, mainly because of their broad-spectrum activity and low mammalian toxicity. Some of the local plants in Mauritius have been shown to have potential in agricultural pest control (10, 12). Other allelopathic effects of plant extracts include the role of neem (*Azadirachta indica*) cake as a soil bactericide and for improving efficiency of fertiliser use (22).

In this study, *Ayapana triplinervis* (also known as *Eupatorium ayapana*), which plays a traditional role in Mauritian pharmacognosy, was subjected to a comprehensive extraction system with solvents of different polarity to obtain a series of fractions which were then individually tested against *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae), *Crociodolomia binotalis* (Lepidoptera: Pyralidae), the major lepidopteran pests of crucifers for their larvicidal, antifeedant, and growth regulating effects, and against *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) for their insecticidal and growth regulating properties.

Materials and methods

Plant and insect materials

Ayapana triplinervis is a perennial, slightly erect shrub-like, medicinal plant with reddish twigs, sessile and ovoid leaves, having a length of 5-8 cm and a width of 0.8-1.7 cm. 500 g of fresh young leaves of *A. triplinervis* obtained from the University farm were gently washed with distilled water, dried at 50 °C and ground to pass a 1.5 mm mesh sieve. 150 g of the powder was then successively extracted with 500 ml each of hexane, petroleum ether (60-80 °C), methanol, chloroform: methanol (1:1), and chloroform: methanol (4:1) in a Soxhlet extractor.

The various extracts obtained were rotoevaporated under vacuum, and kept as a 10% w/v solution at 4 °C for further analyses.

Extracts were tested for alkaloids, terpenes, sterols, phenols, tannins, flavonoids and anthraquinone heterosides (Table 1).

Faculty of Agriculture, University of Mauritius, Reduit, Mauritius.

Tel/Fax: (230) 466 6076, e-mail: sunif@uom.ac.mu

Received on 02.02.04 and accepted for publication on 31.08.07.

Table 1
Results of chemical tests on extracts of *Ayapana triplinervis*

Test for	Reagents	Extracts				
		Hexane	Petroleum ether	Methanol	Chloroform : methanol (1:1)	Chloroform : methanol (4:1)
Alkaloids	Draggendorf	+	+	-	++	+++
Sterols	Acetic anhydride	+	++	-	+	+
Terpenes	Acetic anhydride	+	++		+	+
Phenols	Iron III chloride	+	++	+	++	+
Tannins	Iron III chloride	+	+	+	+++	+++
Flavonoids	Shinoda reaction	+	-	-	+	++
Anthraquinone heterosides	Iron III chloride	+	+			+

+ indicates a weak reaction; ++ indicates a strong reaction; +++ indicates a very strong reaction.

Plutella xylostella, *Crociodolomia binotalis* and *Myzus persicae* were reared separately under laboratory conditions at 25 ± 2 °C, in wooden cages (75 x 50 x 50 cm) covered with fine nylon mesh. The lepidopteran larvae were fed with clean untreated leaves of cabbage (*Brassica oleraceae capitata*). A cotton swab soaked in 10% honey solution was provided as food for the adults, and untreated cabbage leaves were provided for oviposition. Third-instar larvae from these cultures were used for the bioassays. In the case of *M. persicae*, the nymphs and adults were fed and bred on potted cabbage seedlings. Third-instar nymphs were used for the bioassays.

Bioassays

The extracts were bioassayed by a no-choice disc assay method, using young cabbage (*Brassica oleraceae capitata*) leaves. 2.5 cm discs from untreated cabbage leaves were dipped for 30 seconds in one of the plant extracts (10% w/v), air-dried and weighed. Five such treated leaf discs were placed in a petridish lined with moistened filter. Five larvae of either *Crociodolomia binotalis* or *Plutella xylostella*, or seventy five nymphs of *Myzus persicae*, starved for 2 h in order to equilibrate their level of hunger, were introduced into each petridish. Antifeedant activity on the lepidopteran larvae was measured by estimating the amount of leaf area eaten in 48h, and the percentage mortality noted. In case of *M. persicae*, the number of deformed and/or dead nymphs, as well as the number of deformed and/or dead adults was noted.

Each treatment was replicated five times, with a replicated control (leaf discs dipped in solvent alone).

The most bioactive extract (chloroform: methanol 1: 1 in the case of *P. xylostella* and chloroform: methanol 4: 1 in the case of *C. binotalis*) was subjected to Thin Layer Chromatography (TLC) on a 250 µm thick silica gel plate using a hexane:

acetone: chloroform (4: 3: 3) solvent system. The individual spots were sprayed with various chemical reagents (Table 1). Those giving a positive reaction were scraped off the plate, dissolved in 20 ml chloroform: methanol (1: 1), concentrated by rotoevaporation to 10 ml and bioassayed as above, using *Plutella xylostella*, *Crociodolomia binotalis* and *Myzus persicae* as test species. Controls consisted of chloroform: methanol (1: 1) with a drop of the same reagent that was sprayed on the TLC plate.

Results and discussion

Extraction and rotoevaporation gave yields of 3% with hexane, 0.8% with petroleum ether, 0.33% with methanol, 0.53% with chloroform: methanol (1: 1) and 0.2% with chloroform: methanol (4: 1).

Results of the chemical tests on the various extracts of *A. triplinervis* are shown in table 1, while tables 2 to 7 show the antifeedant, insecticidal and growth regulating effects of these extracts.

The petroleum ether fraction showed higher amounts of sterols, terpenes and free phenols, whereas the chloroform-methanol fractions had higher concentrations of alkaloids, tannins, phenols and flavonoids (Table 1). The hexane fraction exhibited weak reactions for all the tests, while only phenols and tannins in low amounts were present in the methanol fraction.

Plutella xylostella and *Crociodolomia binotalis*

All the fractions exhibited significant antifeedant properties (Tables 2 and 4). The percentage reduction in feeding by *P. xylostella* larvae was highest in the chloroform: methanol (1: 1) fraction (69.2%), being more than twice that of the methanol extract (30.9%) (Table 2), while percent reduction

Table 2
Antifeedant effect of *Ayapana triplinervis* extracts on *Plutella xylostella* larvae

Extracts	Treated leaves		Untreated leaves		Reduction in feeding (%)
	Amount eaten (mg/larva)	No. of dead larvae (n= 25)	Amount eaten (mg/larva)	No. of dead larvae (n= 25)	
Hexane	8.7 \pm 1.5* b#	7	20.3 \pm 1.2 ab	1	57.1 **
Petroleum ether	13.0 \pm 2.0 a	6	21.7 \pm 0.8 a	2	40.0 **
Methanol	14.3 \pm 1.7 a	6	20.7 \pm 1.2 ab	3	30.9 **
Chl: Meth 1:1	6.0 \pm 2.3 b	6	19.5 \pm 1.8 b	4	69.2 **
Chl: Meth 4:1	6.9 \pm 1.7 b	7	19.9 \pm 0.9 ab	3	65.3 **

* Mean \pm s.d.

Figures followed by the same letter down a column are not significantly different at p= 0.05 with DMRT

** Significantly different at p= 0.05 with t-test

Table 3
Antifeedant effect of chemical groups in C: M 1: 1 fraction of *Ayapana triplinervis* on *Plutella xylostella* larvae

Rf values	Group	Amount eaten (mg/larva)	No. of larvae dead (n= 25)	Reduction in feeding (%)
	Control	22.2 ± 1.3* a#	2	
0.11-0.14	Sterols	13.4 ± 1.6 b	2	39.6 ab
0.17-0.20	Phenols I	13.8 ± 0.7 b	5	37.8 a
0.90-0.92	Phenols II	9.8 ± 1.3 de	7	55.9 d
0.37-0.39	Tannins I	10.5 ± 1.4 cde	6	52.7 cd
0.77-0.87	Tannins II	12.3 ± 1.3 bc	5	44.6 b
0.54-0.65	Alkaloids I	8.9 ± 1.2 e	4	59.9 d
0.70-0.72	Alkaloids II	11.1 ± 0.9 cd	3	50.0 c

* Mean ± s.d.

Figures followed by the same letter down a column are not significantly different at p= 0.05 with DMRT

in feeding by *C. binotalis* larvae was highest in the chloroform: methanol (4: 1) fraction (61.6%), being about 10 times more potent than the methanol extract (6.6%) (Table 4).

The high activity exhibited by the chloroform: methanol fraction suggests that the bioactive groups responsible for the antifeedant activity of *A. triplinervis* could be alkaloids and/or tannins, and to a lesser extent phenols and/or flavonoids in varying combinations. Also, the extracts were observed to have differential antifeedant effects on the different test species.

The methanol extract did not show significant feeding deterrence in the test insects. The fact that the fraction tested was very weak for the different bioactive groups indicates extraction of very few or little of the compounds responsible for the bioactivity against the two test species. Further fractionation of the chloroform: methanol extract yielded 14 different compounds, of which 7 tested positive for one or more of the chemical groups listed in table 1.

Bioassays of these 7 fractions confirmed their excellent antifeedant properties (Tables 3 and 5), with biological activity ranging from 37.8% to 59.9%, and 39.9% to 65.4% feeding reduction in *P. xylostella* and *C. binotalis* larvae, respectively. TLC showed that two different groups of alkaloids, with different Rf values, were present in the fraction. Furthermore, their antifeedant effect was also noted to be significantly different on *Plutella* larvae, with one group having a strong feeding deterrence of 59.9%, and the other 50%. In the case of *C. binotalis*, the 2 alkaloid groups, exhibited maximum feeding reduction (64.7 and 65.4%). Alkaloids, along with terpenoids and flavonoids, are well known phytochemicals having biocidal activity (3, 9, 25) and have potential in crop protection. Tomatine, an alkaloid found in tomato plants, considerably reduced the rate of increase in larval growth of the larvae (17).

The order of the antifeedant property of the different solvent extracts in the case of *P. xylostella* was chloroform: methanol (1: 1) > chloroform: methanol (4: 1) > hexane > petroleum ether > methanol.

Table 4
Antifeedant effect of *Ayapana triplinervis* extracts on *Crociodolomia binotalis* larvae

Extracts	Treated Leaves		Untreated Leaves		Reduction in feeding (%)
	Amount eaten (mg/larva)	No. of dead larvae (n= 25)	Amount eaten (mg/larva)	No. of dead larvae (n= 25)	
Hexane	22.1 ± 2.1* c#	2	31.5 ± 2.7 a	1	29.8 **
Petroleum ether	25.9 ± 1.3 b	4	32.6 ± 2.6 a	2	20.6 **
Methanol	29.8 ± 2.9 a	2	31.9 ± 2.4 a	2	6.6
Chl:Meth 1:1	20.4 ± 1.7 c	6	33.7 ± 2.6 a	3	39.5 **
Chl:Meth 4:1	13.2 ± 1.4 d	4	34.4 ± 2.4 a	1	61.6 **

* Mean ± s.d.

Figures followed by the same letter down a column are not significantly different at p= 0.05 with DMRT

** Significantly different at p= 0.05 with t-test

Table 5
Antifeedant effect of chemical groups in C: M 4: 1 fraction of *Ayapana triplinervis* on *Crociodolomia binotalis* larvae

Rf values	Group	Amount eaten (mg/larva)	No. of larvae dead (n= 25)	Reduction in feeding (%)
	Control	42.8 ± 1.4* a#	1	
0.11-0.14	Sterols	19.9 ± 2.9 c	3	53.5 b
0.17-0.20	Phenols I	24.5 ± 2.4 b	6	42.8 a
0.90-0.92	Phenols II	26.0 ± 2.1 b	5	39.3 a
0.37-0.39	Tannins I	23.7 ± 1.7 b	7	44.6 a
0.77-0.87	Tannins II	18.0 ± 3.6 cd	6	57.9 b
0.54-0.65	Alkaloids I	14.8 ± 2.3 d	5	65.4 c
0.70-0.72	Alkaloids II	15.1 ± 1.9 d	5	64.7 c

* Mean ± s.d.

Figures followed by the same letter down a column are not significantly different at p= 0.05 with DMRT

The order of the antifeedant property of the different solvent extracts in the case of *C. binotalis* was slightly different, being chloroform: methanol (4: 1) > chloroform: methanol (1: 1) > hexane > petroleum ether > methanol.

None of the fractions extracted in this study produced significant mortality nor growth disruption in the lepidopteran species, the effect was mainly one of reduction in feeding. However, other studies (28) have demonstrated insecticidal effect of *Ayapana triplinervis* extracts on *Sitophilus* spp. and *Tribolium* spp., which suggests that the active fractions from *A. triplinervis* show different activities on different insects

Myzus persicae

The various extracts produced growth regulating and insecticidal effects on *M. persicae* nymphs, with a significant reduction in the proportion of nymphs developing normally to adulthood (Tables 6 and 7).

As in the case of *C. binotalis*, the chloroform: methanol (4: 1) fraction exhibited highest bioactivity (85.7% growth disruption) as compared to 44% by the methanol extract (Table 6). Further studies on the chloroform: methanol (4: 1) fraction (Table 7) showed that one from each of the phenol and alkaloid groups, and both tannin groups, reduced development by more than 80%. The growth disruption resulting from the extracts and fractions were manifested also in the form of deformities in the nymphal stages or in the adults. Severe deformities such as abnormal bodies, twisted legs and antennae, abnormal pigmentation caused

death of the nymphs. While the relatively milder deformities (smaller bodies, thinner legs, disproportionate caudal filaments) allowed the nymphs to survive to adulthood. However, the nymphal abnormalities were observed to have been accentuated in the adults, and resulted in adult death in some cases.

Terpenoids from other plants, such as the azadirachtins from neem (*Azadirachta indica*) inhibited feeding in *Schistocerca gregaria* following either topical or systemic application to food substrates (4), as well as in the striped cucumber beetle (*Acalymma vittatum*) (29). The antifeedant, growth regulating as well as toxic effects of neem have been widely reported against a large variety of insects (11, 15, 31). Limonene and other monoterpenes have also been shown to exhibit potential for control of insect and other pests (18). Plant essential oils and their volatiles reduced feeding damage and decreased adult survival in *Thrips tabaci* in leaf disc bioassays (21).

The sterol group also exhibited significant antifeedant effect on *P. xylostella* and *C. binotalis* and growth disturbance in *M. persicae*. The feeding reducing effect of steroids in *Mamestra brassicae* and *Pieris brassicae* larvae has been reported by some workers (5).

The two different groups of phenols (Rf values 0.17-0.21 and 0.90-0.92) did not show any difference in their biological activity against *C. binotalis*, having more or less comparable influence on feeding, but was significantly different against *P. xylostella* and *M. persicae*. The two different tannin groups

Table 6
Growth disrupting effect of *Ayapana triplinervis* extracts on *Myzus persicae* nymphs (n= 75 per replicate)

Extracts	Treated			Untreated			Reduction in nymphs reaching adulthood (%)
	Nymphs reaching adulthood	Deformed nymphs	Deformed adults	Nymphs reaching adulthood	Deformed nymphs	Deformed adults	
Hexane	10.6 ± 2.7* b#	26.4	4.2	56.2 ± 7.0 ab	1.2	2.2	81.14 **
Petroleum ether	30.0 ± 5.2 a	15.6	7.0	64.0 ± 5.7 a	1.2	0.8	53.13 **
Methanol	30.8 ± 5.4 a	17.2	6.0	55.0 ± 5.3 b	2.2	0.6	44.0 **
Chl: Meth 1: 1	8.0 ± 2.1 b	28.0	2.4	52.4 ± 4.7 b	2.0	1.2	84.73 **
Chl: Meth 4: 1	7.2 ± 2.4 b	14.0	3.0	50.4 ± 5.7 b	0.6	1.0	85.71 **

* Mean ± s.d.

Figures followed by the same letter down a column are not significantly different at p= 0.05 with DMRT;

** Significantly different at p= 0.05 with t-test

Table 7
Growth disrupting effect of chemical groups in C: M 4: 1 fraction of *Ayapana triplinervis* on *Myzus persicae* (n= 75 per replicate)

Rf values	Group	Nymphs reaching adulthood	Deformed nymphs	Deformed adults	Reduction in nymphs reaching adulthood (%)
	Control	68.0 ± 2.9* a#	0.8	0.6	
0.11-0.14	Sterols	34.8 ± 6.0 a	2.6	5.4	48.8 a
0.17-0.20	Phenols I	24.0 ± 5.2 b	3.8	4.8	64.7 b
0.90-0.92	Phenols II	6.8 ± 2.4 d	2.8	1.0	90.0 c
0.37-0.39	Tannins I	10.6 ± 3.4 d	2.8	2.2	84.4 c
0.77-0.87	Tannins II	8.0 ± 2.7 d	5.0	3.8	88.2 c
0.54-0.65	Alkaloids I	11.6 ± 3.6 d	4.6	5.2	82.9 d
0.70-0.72	Alkaloids II	17.0 ± 5.0 c	2.6	3.0	75.0 c

* Mean ± s.d.

Figures followed by the same letter down a column are not significantly different at p= 0.05 with DMRT

also showed a similar pattern.

The effects of *A. triplinervis* extracts appear to be different on the three test species studied, affecting mainly feeding in the holometabolous insects, and growth and development in the hemimetabolous insect. This difference may be partly due to inherent differences in the mode of action of the bioactive compounds in different insect groups, and partly due to the method of application (treated food in case of *P. xylostella* and *C. binotalis*, and contact and/or residual effect in case of *M. persicae*).

Another important finding of this study is the fact that when the extracts of *A. triplinervis* were further fractionated, there was a decrease in activity of the individual fractions in comparison to the complete extract in the case of *P. xylostella* and an increase in activity in the case of *C. binotalis*. For example, the complete chloroform: methanol (1:1) extract gave a maximum of 69.2% feeding reduction (Table 2), but the individual compounds (Table 3) produced feeding reduction ranging from 37.8 to 59.9 %. This indicates that some compounds within a fraction may have either a synergistic or simply an additive effect on each other, while others may act in an antagonistic manner.

Conclusion

Many phytochemicals are being studied with a view to developing alternatives to the highly toxic and persistent pesticides being used today. The present study reveals that there is a potential for obtaining antifeedant compounds from *Ayapana triplinervis*, either as botanical pesticides by themselves, or as models for the synthesis of pesticidal analogues. The biologically active compounds showing the highest activity need to be valued under field conditions for persistence, and may be formulated with other natural compounds from other sources to increase the spectrum of activity. At a later stage conventional toxicology testing of these extracts can also be undertaken.

A. triplinervis is another of the vast array of tropical plants which can contribute significantly to the presently ongoing study of bioactive phytochemicals as alternatives to the highly toxic and persistent synthetic pesticides. The apparent difference in its mechanism of action (antifeedant, growth regulating) and/or differences resulting from application techniques can be used to make this potential pesticide specific to selected pest groups.

Literature

- Abudulai M., Shepard B.M. & Salifu A.B., 2003, Field evaluation of a neem (*Azadirachta indica* A. Juss)-based formulation Neemix against *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae) in cowpea. *Int. J. Pest Management*, 49, 2, 109-113.
- Ball-Coelho B., Bruin A.J., Roy R.C. & Riga E., 2003, Forage pearl millet and marigold as rotation crops for biological control of root-lesion nematodes in potato. *Agron. J.* 95, 282-292.
- Biswas P.A., Bhattacharya P.C., Bose N., Mukherjee & Adityachaudhary N., 1981, Further studies on the sensitivity of plant pathogenic microorganisms towards some naturally occurring chalcones and flavones. *Experientia* 37, 397-398.
- Butterworth J.H. & Morgan E.D., 1971, Investigation of the locust feeding inhibition of the seeds of the neem tree, *Azadirachta indica*. *J. Insect Physio.* 17, 969-977.
- Chapman R.F., 1974, The chemical inhibition of feeding by phytophagous insects: a review. *Bull. Entomol. Res.* 64, 339-363.
- Chung I.M., Kim K.H., Ahn J.K., Chun S.C., Kim C.S., Kim J.T. & Kim S.H., 2002, Screening of allelochemicals on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) and identification of potentially allelopathic compounds from rice (*Oryza sativa*) variety hull extracts. *Crop Protection*, 21, 10, 913-920.
- Daferera D.J., Ziogas B.N. & Polissiou G., 2003, The effectiveness of plant essential oils on the growth of *Botrytis cinerea*, *Fusarium* sp., and *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. *Crop Protection*, 22, 1, 39-44.
- Dales M.J., 1996, A review of plant material used for controlling insect pests of stored products. *Bulletin-Natural Resources Institute*, 65, 1-84.
- Dorsaz A., Marston A., Evans H., Msenithi J.D. & Hostettman K., 1985, Uncinatone, a new antifungal hydroquinone diterpenoid from *Clerodendron uncinatum* Schinz. *Helv. Chim. Acta*, 68, 1605-1618.
- Facknath S., 1994, Green pesticides for the control of some important pests in Mauritius. *Pesticide Outlook*, 5, 2, 24-27.
- Facknath S., 1996, Application of neem extract and intercropping for the control of some cabbage pests in Mauritius pp. 165-175, in: R.P. Singh & R.C. Saxena (Editors), *Azadirachta indica* A. Juss, Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., 322 p.
- Facknath S. & Lalljee B., 1998, Research on Allelopathy in Mauritius, pp. 271-293, in: S.S. Narwal (Editor), *Allelopathy Update. Vol I: International Status*, Science Publishers Inc., USA. 333 p.
- Facknath S. & Lalljee B., 2000, Allelopathic strategies for eco-friendly crop protection, pp. 33-46, in: S.S. Narwal, R.E. Hoagland, R.H. Dilday, M.J. Reigosa (Editors), *Allelopathy in Ecological Agriculture and Forestry*, Kluwer Academic Publishers. 267 p.
- Hassanali A. & Lwande W., 1989, Antipest secondary metabolites from African plants, pp. 78-94, in: L.T. Arnason, B.J.R. Philogene & P. Morand (Editors), *Insecticides of Plant Origin*, ACS Symposium Series 387. Amer. Chem. Soc. Washington, DC. 213 p.
- Hellpap C., 1996, The use of neem by farmers in the Dominican Republic, pp. 39-46, in: R.P. Singh, M.S. Chari, A.K. Raheja, W. Kraus (Editors), *Neem and the Environment*, Proc. World Neem Conf., Bangalore, India, March 1993, Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd, 1225 p.
- Hollingsworth R.G. & Armstrong J.W., 2003, Effectiveness of products containing metaldehyde, copper or extracts of yucca or neem for control of *Zonitoides arboreus* (Say), a snail pest of orchid roots in Hawaii. *Int. J. Pest Management*, 49, 2, 115-122.
- Hsiao T.H. & Fraenkel G., 1968, The role of secondary plant substances in the food specificity of the Colorado potato beetle. *Ann. Ent. Soc. Amer.* 61, 485-493.
- Ibrahim M.A., Kainulainen P., Aflatuni A., Tiilikkala K. & Holopainen J.K., 2001, Insecticidal, repellent, antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils with special reference to limonene and its suitability for control of insect pests. *Agric. Food Sci. Finland*, 10, 3, 243-259.
- Isman M., 2000, Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*, 19, 8-10, 603-608.
- Klocke H.A., Balandrin M.F., Barnby M.A. & Yamasaki R.B., 1989, Limonoids, phenolics, and furanocoumarins as insect antifeedants, repellents, and growth inhibitory compounds, pp. 136-149, in: L.T. Arnason, B.J.R. Philogene and P. Morand (Editors), *Insecticides of Plant Origin*, ACS Symposium Series, 387, Amer. Chem. Soc. Washington, DC. 213 p.
- Koschier E.H., Sedy K.A. & Novak J., 2002, Influence of plant volatiles on feeding damage caused by the onion thrips *Thrips tabaci*. *Crop Protection*, 21, 5, 419-425.
- Lalljee B., 1996, Effect of neemcake on nitrification inhibition in an oxisol of Mauritius, pp. 291-301, in: R.P. Singh & R.C. Saxena (Editors), *Azadirachta indica* A. Juss, Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., 322 p.
- Lyons D.B., Helson B.V., Thompson D.G., Jones G.C., McFarlane J.W., Robinson A.G. & Mickle R.E., 2003, Efficacy of ultra-low volume aerial application of an azadirachtin-based insecticide for control of the pine false webworm, *Acantholyda erythrocephala* (L.) (Hymenoptera: Pamphillidae), in Ontario, Canada. *Int. J. Pest Management*, 49, 1, 1-8.
- Meyer W., Jungnickel H., Jandke M., Dettner K. & Spiteller G., 1998, On the cytotoxicity of oxidized phytosterols isolated from photoautotrophic cell cultures of *Chenopodium rubrum* tested on meal-worms *Tenebrio molitor*. *Phytochemistry*, 47, 5, 789-797.
- Mitra S.R., Biswas P. & Das A.K., 1987, Studies on the sensitivity of plant pathogenic microorganisms towards some naturally occurring kaurenoic diterpenes. *Z. Pflkrankh. Pflschut.* 94, 527-531.

26. Oneng-Ofori D., Reichmuth C.H., Bekele J. & Hassanali A., 1997, Biological activity of 1,8-cineole, a major component of essential oil of *Ocimum kenyense* (Ayobangira) against stored product beetles. J. App. Ent. 121, 4, 237-243.
27. Rajapakse R., 2000, The management of major insect pests *Batocera cucurbitaceae* and *Aulacophora* spp. In: Cucurbits under 3 intensive systems: integrated, chemical and organic agriculture in Southern Sri Lanka, pp. 981-985 in: Proc. Int Conf. Brighton, U.K. 13016 Nov, 2000.
28. Ramkhalawon D., 1994, Study of selected plant species for their pesticidal potential in some stored product pests. Research dissertation, University of Mauritius, 115 p.
29. Reed D.K., Warthen J.D.Jr., Uebel E.C. & Reed G.L., 1982, Effects of two triterpenoids from neem on feeding by cucumber beetles (Coleoptera: Chrysomelidae). J. Eco. Entomol. 75, 6, 1109-1113.
30. Reynolds L.B., Potter J.W., Ball-Coelho B.R., 2000, Crop rotation with *Tagetes* sp. is an alternative to chemical fumigation for control of root-lesion nematodes. Agron. J. 92, 957-966.
31. Schmutterer H. & Zebitz C.P.W., 1984, Effect of methanolic extracts from seeds of single neem trees of African and Asian origin on *Epilachna varivestis* and *Aedes aegypti*, pp. 83-90, in: H. Schmutterer & K.R.S. Ascher (Editors), Natural Pesticides from the Neem Tree and Other Tropical Plants, GTZ, 587 p.
32. Singh S., Nayyar K., Dhillon R.S., Bhathal S.S. & Singh D., 1995, Biological activity of some alantolide derivatives against mustard aphid, *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach), in: S. Walia and B.S. Parmar (Editors), Pesticides, Crop Protection and Environment, Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd.
33. Srimannarayana G., 1993, Chemical investigation of indigenous insecticidal plants including neem and evaluation of insecticidal/antifeedant activity of the constituents, pp. 62-73, in: M.S. Chari and G. Ramaprasad (Editors), Botanical Pesticides in Integrated Pest Management, Indian Soc. Tobacco Sc., India, 477 p.
34. Swain T., 1977, Secondary plant compounds as protective agents. Ann. Rev. Plant Physio. 28, 479-501.

Sunita Facknath, Mauritian, PhD, Senior Lecturer, Faculty of Agriculture, University of Mauritius.

B. Lalljee, Mauritian, PhD, Senior Lecturer, Faculty of Agriculture, University of Mauritius.

AVIS

Nous rappelons à tous nos lecteurs, particulièrement à ceux résidant dans les pays en voie de développement, que TROPICULTURA est destiné à tous ceux qui oeuvrent 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.

NOTES TECHNIQUES

TECHNISCHE NOTAS

TECHNICAL NOTES

NOTAS TÉCNICAS

Possible Contributions of *Jatropha curcas* L. to Rural Poverty Alleviation in Senegal: Vision and Facts

S. Saverys¹, A. Toussaint², M. Gueye³, Laurence Defrise¹, K. Van Rattinthe¹, J.-P. Baudoin², Marieke Terren^{1,2}, P. Jacquet de Haveskercke¹ & G. Mergeai^{2,3}

Keywords: *Jatropha curcas*- Sustainable rural development - Production practises- Senegal

Vision on *J. curcas* possible role in rural poverty alleviation in Senegal

Recent investigations carried out all over the world have demonstrated that *J. curcas* could contribute drastically to the improvement of the living conditions of rural populations in the least developed countries of our planet (1, 2, 3). *J. curcas* is a multiple function hardy shrub which can be used for medicinal purpose, to prevent and/or control erosion, to reclaim land, to produce pesticides, to contain or exclude farm animals when grown as living fence and be planted as a commercial crop. The seed contains a high rate of non-edible oil that can be used for soap making, in the cosmetic industry, as a diesel/kerosene substitute or extender and as a feedstock for agrofuel production. This latter use may be of importance when examining practical substitutes for fossil fuels to assure energy autonomy of tropical non oil producing countries and to counter greenhouse gas accumulation. Also, like all trees, *J. curcas* fixes atmospheric carbon, stores it in wood and assists in the build up of soil carbon.

As a source of bio-fuel, *J. curcas* can have positive impacts in rural areas where poor people have limited options to meet their energy needs. Using *Jatropha* oil as primary household energy can help to decrease deforestation and increase energy efficiency. If combined with appropriate technologies, it can also allow sustainable, low-cost, off-grid electricity generation, with the added benefits of reducing women's domestic chores and increasing opportunity for rural industry and employment. Energy markets are much larger than the food markets. The emerging markets for biofuels offer an unparalleled opportunity to benefit the poor on a large scale through agriculture. In this view, *J. curcas* production can be especially beneficial to poor producers living in remote areas that are far from the consumption centres, where inputs are more expensive and prices lower, making food production, non competitive. In these areas, the challenge of providing poor rural people with meaningful income generating opportunities remains largely unaddressed. The niche products that are often proposed as alternatives to the usual agricultural commodities (apiculture, medicinal and aromatic plants, etc.) have usually limited demand, long marketing chains and low producer prices.

If adequate mechanisms are developed to ensure that a fair share of the value generated by *Jatropha* business goes to the farmers, the development of *J. curcas* production chains can stimulate rural economic growth through additional capital inflows, create demand for goods and services that provide employment, reduce rural-urban migration and create linkages and synergies between development actors.

Economies of scale are necessary for farmers to take advantage of *J. curcas* opportunity. Small scale farmers face obstacles in accessing supply chains, transporting harvests to processing plants or selling through middlemen. The creation of cooperatives or producer companies can bundle the interest of the poor, accumulate and attract capital and partnerships for the necessary investments, organize feedstock supplies in large quantities and, in turn, create a countervailing power to the larger firms operating in the energy market.

However, for several reasons, both technical and economic, the full potential of *Jatropha* is far from being realized. The growing and management is insufficiently documented and there is little experience in marketing its products.

To overcome the constraints that limit the full exploitation of *J. curcas* potentialities in rural poverty alleviation, Durabilis foundation, ADG, and GAU have decided to join their forces to carry out concerted action research activities at all stages of the *Jatropha* chain.

These actions concern the quantification of the real yield potential of *J. curcas* in the different agro-ecological regions of Senegal, the selection and the multiplication of high yielding ecotypes adapted to the local growing conditions, the development of improved production practices suited to pure stand cultivation and intercropping systems involving *J. curcas*, the quantification of cost and returns for all the steps of the *Jatropha* chain value, the development of sustainable organisational models of local production chains that can be appropriated by small-scale *Jatropha* growers in order to allow them to benefit fully of the potential of the crop, and the research of profitable outlets and marketing arrangements for *Jatropha* products.

Best practices identified so far for *Jatropha* production in Senegal

We present here the most interesting factual data we gathered in Senegal since 2006 regarding the determination of the best practices for *Jatropha* cultivation. These data are issued from the work we achieved so far on the field and from the confrontation of our results to the information available in the literature (summarized in Achten *et al.* (1)). The data presented here were collected from the following investigation sites: the Durabilis experimental site of Dagana (Lat. 16°35'N, Long. 15°27'W., 250 mm year⁻¹, 2 months rainy season, production under irrigation in a sandy soil (diery type)), and the rural community of Dialakoto (Lat. 13°21'N, Long. 13°23'W, 900 mm year⁻¹, 5 months rainy season, production in rainfed conditions

¹Durabilis Foundation, Verlorenbroodstraat 122, box 8, B-9820 Merelbeke, Belgium.

²Gembloux Agricultural University, Passage des Déportés, 2, B-5030 Gembloux, Belgium.

³Aide au Développement Gembloux (NGO), Passage des Déportés, 2, B-5030 Gembloux, Belgium.

Received and accepted on 07.10.08.

in different types of soil) where ADG carries out a pilot project aiming at assessing the constraints to the adoption of the *J. curcas* cultivation in the traditional farming systems of the region.

Site requirements

J. curcas prefers well-drained sandy or gravelly soils with good aeration. It doesn't withstand heavy clay soils and all soils with risk of even ephemeral water logging. Soil depth should be at least 45 cm. Investigations are in progress to assess the yield potential of the crop in the different agro-ecological zones of Senegal. According to the preliminary results obtained on the field and the data mentioned in the literature, a minimum annual rainfall of 500 mm seems to be necessary to obtain a profitable seed yield in rainfed agriculture conditions.

Propagation and plantation establishment

Direct seeding can give good results when it is carried out with good quality seeds at the beginning of the rainy season in a place where the rains last longer than 4 months. The sowing of three seeds per hole is recommended with an early refilling of the missing holes. In case of direct seeding, regular weeding operations are compulsory to avoid the complete disappearance of *J. curcas* plantlets due to the heavy concurrence of the weeds during the growing season. Intercropping *J. curcas* with annual crops (peanut, pearl millet, okra) helps achieving this goal.

An efficient solution to succeed the establishment of a *J. curcas* plantation at a low cost is to pre-cultivate seedling during two months (till the plantlets reach the fifth true leave stage) in seed beds under nursery conditions and to extract and transplant bare root seedlings in the field. The best results for nursery bed preparation were obtained by mixing in equal volumes sand and local soil found under trees.

Tending practices

As flowering occurs at the terminal portion of the branches, adequate pruning practices are useful to increase the number of inflorescences per tree and to enhance good fruit setting and seed yield. The pinching of the terminal bud of the main stem at transplantation time or when the plant reaches a height of about 45 cm in case of direct seeding induces secondary branches. The pruning of secondary and tertiary branches induces more ramifications. The optimal number of branches at the end of the second year in local growing conditions has not yet been determined. In India this number varies between 25 and 36 according to the authors

Investigations are in progress to determine the best time for pruning for plants grown under irrigation. In rainfed agriculture, the best time for pruning is at the end of the dry period after the trees have shed their leaves. These canopy management practices result in a lower and wider tree shape, induce earlier seed production and facilitate manual harvesting.

Harvest

According to the preliminary observations made in the Dialakoto area, *Jatropha* mature fruits produced by the local ecotypes don't shed before the end of the dry season that follows their production. This should permit to carry out the harvesting of the crop after the end of the rains. Complementary investigations are however still necessary to assess the possible influence of a delayed harvest on the seed quality and on its oil content. In rainfed agriculture being able to postpone the harvest of *J. curcas* till the beginning of the dry season (during the best time for pruning) would avoid concurrence for labour requirements between *Jatropha* and the other crops that would be cultivated with it. This should facilitate greatly the introduction of the new crop in the local farming systems and the development of new intercropping systems involving *J. curcas*.

When water is available all year long in the soil, as in the Senegal River area when the crop is cultivated under continuous irrigation, *Jatropha* fruits are constantly ripening and have to be harvested regularly. A preliminary test carried out in Dagana to induce a controlled ripening of the crop by stopping the irrigation for a while was not successful.

The possibility to use local peanut thresher to decorticate *Jatropha* mature fruits should decrease drastically the labour requirements to obtain clean seeds and make the crop more profitable for the farmers.

Conclusion

J. curcas is still a wild plant with a wide variation in growth, production and quality characteristics. A lot of investigations remain to be carried out in order to improve the performances of the crop in a way that is economically, environmentally, and socially sustainable. We are however very confident that the integrated approach of investigation followed by Durabilis foundation, ADG and GAU will permit to overcome the constraints that limit the full exploitation of *J. curcas* potentialities in rural poverty alleviation in Senegal.

References

1. Achten W.M.J., Verchot L., Franken Y.J., Mathijs E., Singh V.P., Aerts R. & Muys B., 2000, *Jatropha* bio-diesel production and use. Biomass and Bioenergy, doi:10.1016/j.biombioe.2008.03.003.
 2. Jongschaap R.E.E., Corré W.J., Bindraban P.S., Brandenburg W.A. Claims and Facts on *Jatropha curcas* L. Wageningen: Plant Research International. Wageningen, The Netherlands, 42 p.
 3. Openshaw K., 2008, A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. Biomass and Bioenergy, 19: 1-15.
-

LES ACTIONS DE LA DGCD

DE ACTIVITEITEN VAN DE DGOS

DGDC'S ACTIVITIES

LAS ACTIVIDADES DEL DGCD

PROJET PIC**Projet PIC «Études chimiques, nutritionnelles et technologiques sur des antioxydants naturels issus de végétaux amazoniens»***

La recherche appliquée dans le cadre d'un projet PIC relève le défi de sélectionner, dans les forêts secondaires d'Amazonie, des plantes intéressantes pour la préparation d'extraits riches en antioxydants de nature polyphénolique. Leur caractérisation et leur valorisation devrait contribuer à la sédentarisation des petits producteurs et offrir de nouveaux produits riches en antioxydants à la population brésilienne et au marché international.

La déforestation en Amazonie: un paradoxe

L'Amazonie couvre plus de sept millions de km² dont 71,6% se trouvent au Brésil. L'économie de cette région se base sur l'extraction de minerais, de produits végétaux et sur l'élevage extensif. Malgré les multiples évidences de l'importance des forêts tropicales sur les équilibres climatiques et la découverte de nouvelles substances actives, la déforestation en Amazonie engendre un défrichage annuel de 19 000 km² (62% du territoire belge) et ce taux a tendance à augmenter depuis 2001.

La construction d'un développement durable en Amazonie passe par la valorisation rationnelle de ses ressources naturelles, principalement celles originaires de l'extrativisme et de l'agriculture familiale.

Le défi est de taille car, malgré les apparences, la majeure partie (80%) des terres amazoniennes sont pauvres en nutriments et parce qu'environ 30% de la surface totale de la forêt tropicale amazonienne est recouverte par des forêts secondaires, de biodiversité bien moindre, mais qu'il serait beaucoup plus aisé d'exploiter.

Les antioxydants: un marché en pleine expansion

Avec le vieillissement de nos sociétés, certaines maladies comme le cancer et les maladies cardio-vasculaires se sont fortement répandues et appellent des mesures préventives. Il est actuellement bien établi que les radicaux libres sont des substances potentiellement nocives qui peuvent jouer un rôle prépondérant sur le vieillissement cellulaire, le développement de cancers et l'athérosclérose. Les antioxydants sont des substances capables de neutraliser ces radicaux libres et leur utilisation se développe de plus en plus pour prévenir ces maladies. Les composés alimentaires présentant des propriétés antioxydantes comme les vitamines C et E, le β -carotène et les polyphénols connaissent un intérêt croissant. Les composés phénoliques forment un ensemble de molécules très largement répandues dans le règne végétal. Beaucoup de produits de notre alimentation quotidienne en contiennent : le chocolat, le thé vert, le vin rouge et plusieurs fruits comme la grenade, la pomme, les myrtilles, les mûres, etc. Le marché des antioxydants croît de 35% par an et apporte une haute valeur ajoutée aux matières premières qui en contiennent de grandes quantités.

Douze années de partenariat avec l'UFPA

Depuis 1994, l'Unité de Biochimie de la Nutrition de l'Université catholique de Louvain (UCL) entretient des contacts étroits avec le Département d'Ingénierie chimique et alimentaire de l'Université fédérale du Pará (UFPA, Belém, Amazonie brésilienne). Par le biais d'un projet européen, l'équipe belgo-brésilienne a notamment étudié la valorisation des fruits d'açaï (*Euterpe oleracea*). Très riches en antioxydants, ceux-ci n'étaient consommés que localement à l'époque mais sont exportés, en 2006, à raison de 58 000 tonnes vers les autres régions du Brésil et de 9 000 tonnes vers d'autres pays (principalement les États-Unis). Dans ce cas, une étude de la valeur nutritionnelle du jus de ces fruits et des améliorations significatives des technologies de conservation ont permis son entrée massive sur le marché.

Dans ce contexte, l'équipe s'est donné un nouveau défi au niveau de la recherche appliquée : sélectionner, dans les forêts secondaires amazoniennes, des plantes particulièrement intéressantes pour la préparation d'extraits riches en antioxydants de nature polyphénolique. La caractérisation et la valorisation de ces plantes, jusqu'alors sans valeur financière, pourrait contribuer à la sédentarisation des petits producteurs sur leur terre et offrirait de nouveaux produits riches en antioxydants à la population brésilienne et au marché international.

Ce travail a compté, outre les deux partenaires déjà mentionnés, la participation des Facultés universitaires Notre-Dame de la Paix (FUNDP, Namur), de la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux (FSAGx), du Centre wallon de Recherches agronomiques (CRA-W) et de l'Université de Gand. Le financement a été octroyé dans le cadre d'un Projet interuniversitaire ciblé (PIC) de coopération scientifique, intitulé « Études chimiques, nutritionnelles et technologiques sur des antioxydants naturels issus de végétaux amazoniens » (mai 2002-octobre 2006). Le projet s'est articulé autour de pôles d'action complémentaires :

Le pôle d'actions de recherche

L'objectif de ce pôle d'actions consistait à « mettre au point des procédés d'exploitation d'antioxydants, extraits de végétaux produits en Amazonie, soutenables écologiquement et socio-économiquement et adaptés à une production micro-industrielle ». Pour ce faire, des fonds d'investissement de ce projet ont été utilisés pour l'achat de trois équipements indispensables au déroulement des actions : un fluorimètre, un lyophilisateur et un chromatographe liquide HPLC.

Une banque de données reprenant 350 plantes a été constituée par l'équipe locale. Ensuite, une étude plus approfondie a été réalisée sur 38 plantes afin d'évaluer leur potentiel antioxydant et leur teneur en polyphénols. À partir des résultats, les quatre sources suivantes ont été retenues : le jus des fruits d'açaï, les feuilles de *Byrsonima crassifolia*, d'*Inga edulis* et de *Davilla kunthii*.

Le développement d'extraits concentrés en polyphénols à partir de ces matières premières a occupé plus de la moitié de la durée du projet. En effet, de nombreuses étapes sont nécessaires pour l'obtention d'un extrait en poudre contenant, au moins, 20% de polyphénols. Les étapes suivantes ont dû être optimisées une à une et pour chaque matière première: le séchage des feuilles, le broyage, l'extraction par des solvants organiques, la concentration, la purification, le séchage final, le conditionnement et l'optimisation des conditions de stockage. Chacune de ces étapes a été étudiée en utilisant des technologies relativement simples et facilement transposables dans des micro ou petites entreprises locales; de plus, des tests pilotes ont été réalisés pour adapter les résultats des recherches obtenues en laboratoire aux réalités de terrain.

L'identification partielle des principaux antioxydants présents dans trois des quatre extraits a été réalisée dans le cadre d'un partenariat impliquant notamment le CRA-W en Belgique et le département de chimie de l'université locale au Brésil. Parallèlement, des techniques de quantification rapide des polyphénols totaux et de leurs fractions ont été transposées de la Belgique vers le partenaire local, celui-ci devenant le premier au Brésil à développer une aussi large gamme d'analyses sur ce type de biomolécules.

Des tests de fonctionnalité ont été développés *in vitro* sur des constituants sanguins et des cellules en culture, mais aussi *in vivo* sur rats (extraits de feuilles) et sur êtres humains (jus d'açaï) avec le concours de trois partenaires belges et du partenaire universitaire local. Les études *in vitro* sur les trois extraits de feuilles ont montré que les extraits d'*Inga edulis* contenaient de hautes teneurs en polyphénols mais, surtout, présentaient un caractère antioxydant puissant dans tous les tests effectués, ce qui indique la présence de composés particulièrement efficaces, lesquels pourraient être ultérieurement utilisés à des fins nutritionnelles, médicinales ou autres.

Dans le cas de l'açaï, des résultats particulièrement intéressants ont également été obtenus puisque nous avons pu montrer que l'ingestion quotidienne de 300 ml de jus d'açaï a un impact positif très significatif sur la réduction de l'oxydabilité des lipoprotéines LDL et a tendance à augmenter la capacité antioxydante du plasma, ce qui va clairement dans le sens d'un effet protecteur envers les maladies cardio-vasculaires.

Le pôle d'actions d'appui à la formation

Une priorité du projet a été de renforcer l'équipe locale en ingénierie alimentaire au sein de l'Université fédérale du Pará par le biais de la formation, de la recherche et de collaborations avec des laboratoires belges. Les actions menées à terme ont été la réalisation de :

- deux doctorats (sandwich) en sciences agronomiques et ingénierie biologique et d'un diplôme d'études complémentaires en biologie cellulaire par des étudiants brésiliens au sein de l'UCL et des FUNDP, respectivement;
- huit cours et séminaires de 15 à 30 heures dispensés chez le partenaire local sur des thèmes de pointe en sciences et technologie des aliments pour renforcer la formation des étudiants et des professeurs désirant se recycler;
- sept stages de courte durée au sein des laboratoires belges, par des étudiants de troisième cycle et des professeurs de l'UFPA.

Des actions visant le long terme

Un objectif prioritaire du projet PIC était de consolider l'équipe de recherche locale pour le long terme et de garantir une contribution effective des résultats de la recherche à la construction d'un développement durable. Les actions entreprises dans ce sens ont été les suivantes :

- Sept publications associant des partenaires belges et brésiliens ont déjà été acceptées par des revues internationales et 25 travaux ont été présentés dans des congrès nationaux et internationaux. Grâce à l'augmentation du nombre de publications du partenaire local, celui-ci va pouvoir lancer un Doctorat en Sciences et Technologie des Aliments au début de l'année 2008;
- Une page Internet en langue portugaise reprenant le programme de 3^e cycle du partenaire local, les analyses spécifiques qu'il développe, les principaux résultats obtenus dans le cadre du projet, etc. est tenue à jour et permet au groupe de sortir de son isolement géographique;
- Un livre rassemblant l'ensemble des connaissances acquises sur l'açaï est en cours de rédaction et aura un tirage en langues portugaise et anglaise;
- Un séminaire annuel de synthèse s'est tenu chez le partenaire local, avec des représentants du secteur industriel et des ONG pour sélectionner les matières premières en consensus avec les petits agriculteurs (en 2003), accompagner le projet, et garantir le transfert des données technologiques vers les utilisateurs micro-industriels. Actuellement, une coopérative et une micro-entreprise se sont lancées dans la production de concentrés d'antioxydants et ont l'ambition d'entrer sur le marché international en 2007;
- Des contacts réguliers entre chercheurs locaux et acteurs économiques de terrain ont permis l'encadrement du secteur productif dans l'implantation de ses activités agro-industrielles.

Le projet PIC sur les antioxydants naturels issus de végétaux amazoniens a ainsi largement contribué à la construction d'un partenariat entre scientifiques et acteurs économiques dont la pérennité facilitera la mise en place d'un développement local durable basé notamment sur la valorisation soutenable des produits extraits de la diversité amazonienne.

Pour en savoir plus:

www.acai.br (en portugais)

Hervé Rogez

Professeur à l'Universidade federal do Pará, Belém, Brésil
frutas@amazon.com.br

Yvan Larondelle

Professeur à l'UCL,
larondelle@bnut.ucl.ac.be

* Cette étude a été publiée dans l'Echosud⁽¹³⁾, Bulletin trimestriel de la Commission Universitaire pour le Développement (CUD), décembre 2006, projet PIC, pp. 6-7.

ORGANISATIE

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

De v.z.w. Agri-Overseas is een vereniging die gesticht werd met als doel beroepsbanden op te bouwen tussen alle krachten die voor overzeese plattelandsontwikkeling ijveren. Zij publiceert het wetenschappelijk en informatief tijdschrift "Tropicultura" dat gewijd is aan de plattelandsontwikkeling in ontwikkelingslanden. Dit tijdschrift wordt driemaandelijks uitgegeven met de financiële steun van de Directie-Generaal Ontwikkelingssamenwerking (D.G.O.S.), Belgische Ministerie van Buitenlandse Zaken, Buitenlandse Handel en Ontwikkelings- samenwerking en met de steun van de Regio Brussel. Ze geniet de wetenschappelijke bescherming van de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen.

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

Raad van Beheer

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

Redactiecomité

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

Redactiesekretariaat

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

Bedeling

Tropicultura wordt gratis verdeeld op schriftelijk verzoek bij het Sekretariaat.

DRAAGWIJDTE VAN HET TIJDSCHRIFT

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

INSTRUCTIES VOOR DE AUTEURS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

TROPICULTURA

2008 Vol. 26 N° 2

Four issues a year (April - May - June)

CONTENTS

ORIGINAL ARTICLES

Evaluation of Soil Fertility of <i>Detarium microcarpum</i> Guill. & Perr. (in French) A.M. Kouyaté, P. Van Damme, Sarah Goyens, S. De Neve & G. Hofman	65
The Economic Importance of Onion Cultivated on Ridges on Flat Ground with Furrow Irrigation (in French) M. M'Biandoun & T. Essang	70
Serological Diagnosis of Sudano-Sahelian Isolates of Rice Yellow Mottle Virus (RYMV) (in French) O. Traoré, E.V.S. Traoré, M.Y.D. Gumedzoé & G. Konaté	74
Effect of <i>Plectranthus glandulosus</i> and <i>Ocimum gratissimum</i> Essential Oils on Growth of <i>Aspergillus flavus</i> and Aflatoxin B ₁ Production (in English) N.L. Tadsadjieu, F.-X. Etoa, C.M.F. Mbofung & M.B. Ngassoum	78
Inventory of Devastating and Vectorial Insects of The Rice Yellow Mottle Virus in the Irrigated Perimeter of Maga (Far-North of Cameroon) (in French) I. Sadou, N. Woin, T.R. Ghogomu & K.M. Djonmaila	84
Use of Rendered Animal Protein Meals as Fish Meal Replacer in the Diets of the African Catfish, <i>Clarias gariepinus</i> (Burchell, 1822) Juveniles (in English) Y. Akegbejo-Samsons & A.E. Fasakin	89
Effects of Shallow Plowing Tools on the Soil Structural State and the Potatoes Crop Yield (in French) S. Chehaibi, C. Hannachi, J.G. Pieters & R.A. Verschoore	93
Use of <i>Cassia obtusifolia</i> L. as Feed Resource for Ram Fattening in the Sahelian Region of Burkina Faso (in French) A. Kiema, A.J. Nianogo, J. Somda & T. Ouedraogo	98
Reproductive Cycle and Fecondity of <i>Distichodus rostratus</i> (Characiformes, Distichodontidae) in a West African Basin (Bandama River, Ivory Coast) (in French) S. Berté, E.P. Kouamélan, N.I. Ouattara, T. Koné, B.G. Goore, V. N'Douba & N.J. Kouassi	104
An Analysis of the Attitude of Farmers of Three Districts of Tamil Nadu, India towards Sheep Farming (in English) D. Puthira Prathap, A.S. Rajendiran & D. Gour	108
Honey Quality as Affected by Handling, Processing and Marketing Channels in Uganda (in English) D.R. Kugonza & Dorothy Nabakabya	113
Study of Various Extracts of <i>Ayapana triplinervis</i> for their Potential in Controlling Three Insect Pests of Horticultural Crops (in English) Sunita Facknath & B. Lalljee	119
TECHNICAL NOTES	
Possible Contributions of <i>Jatropha curcas</i> L. to Rural Poverty Alleviation in Senegal: Vision and Facts (in English) S. Saverys, A. Toussaint, M. Gueye, Laurence Defrise, K. Van Rattinthe, J.-P. Baudoin, Marieke Terren, P. Jacquet de Haveskercke & G. Mergeai	125
DGDC 'S ACTIVITIES	127

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

