

# TROPICULTURA

2010 Vol. 28 N°4

Trimestriel (octobre- novembre- décembre)  
Driemaandelijks (oktober- november- december)  
Se publica po año (octubre- noviembre- diciembre)



*Cirina forda* est la chenille comestible qui présente la plus large distribution en Afrique.  
Sa consommation est signalée du Burkina Faso à l'Afrique du Sud, en passant notamment par le Bas-Congo, le Katanga, la Zambie et le Zimbabwe.  
Photo: M. Léon Lemaire

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

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

Met de steun van  
De Directie-Generaal Ontwikkelingssamenwerking DGOS [www.dgos.be](http://www.dgos.be), de Federale Overheidsdienst Buitenlandse Zaken, Buitenlandse  
Handel en Ontwikkelingssamenwerking [www.diplobel.fgov.be](http://www.diplobel.fgov.be),  
de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen [www.kaowarsom.be](http://www.kaowarsom.be), de "Conseil interuniversitaire de la Communauté française de  
Belgique CIUF", [www.ciuf.be](http://www.ciuf.be),  
de Vlaamse Interuniversitaire Raad VLIR [www.vlir.be](http://www.vlir.be), en van het Brussels Gewest

BUREAU DE DEPOT – AFGIFTEKANTOOR  
BRUXELLES X / BRUSSEL X



## SOMMAIRE / INHOUD / SUMARIO

### ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

Effet de l'ombrage du karité sur le rendement capsulaire du coton dans les agroécosystèmes coton-karité du Nord Bénin Effect van beschaduwten met boterbomen op de kapsel opbrengst van katoen in de agro-systemen van Noord Benin Efecto de la umbria del karité en el rendimiento capsular del algodón en las agroecosistemas algodón-karité de Benin del norte <b>D.S.J.C. Gbemavo, R. Glèlè Kakaï, A. Assogbadjo, A. Katary &amp; C. Gnanglè</b> .....	193
Amélioration du taux de multiplication <i>in vitro</i> de <i>Jatropha curcas</i> L. Verbetering van de <i>in vitro</i> vermenigvuldigingspercentage van <i>Jatropha curcas</i> L. Mejora del índice de la multiplicación <i>in vitro</i> de <i>Jatropha curcas</i> L. <b>S.D. Mezda Mve, G. Mergeai, J.-P. Baudoin &amp; A. Toussaint</b> .....	200
Brucellosis and Tuberculosis in Arsi-Negele District Ethiopia: Prevalence in Ruminants and People's Behaviour towards Zoonoses La brucellose et la tuberculose dans le district d'Arsi Negele en Ethiopie: prévalence chez les ruminants et comportement des personnes envers les zoonoses Brucellose en tuberculose in het Arsi Negele district in Ethiopië: prevalentie bij herkauwers en houding van mensen tegenover zoonoses La brucelosis y la tuberculosis en el distrito de Arsi Negele en Etiopia: prevalencia en los rumiantes y comportamiento de las personas para con las zoonosis <b>K. Amenu, E. Thys, A. Regassa &amp; T. Marcotty</b> .....	205
Consommation de lait et de produits laitiers dans la ville de Rabat (Maroc): effets des facteurs socio-économique Verbruik van melk en melkproducten in de stad van Rabat (Marokko): effect van sociaal-economische factoren Consumo de leche y de productos lecheros en la ciudad de Rabat (Marruecos): efectos de los factores socio-económicos <b>M.T. Sraïri &amp; A. Karbab</b> .....	211
Determination of a Suitable Protocol for Indigenous Oilseed Cucurbits Plant Regeneration Détermination d'un protocole adéquat pour la régénération de la cucurbité oléagineuse indigène Bepaling van een aangepast protocol voor de regeneratie van inheemse oliehoudende komkommer Determinación de un protocolo adecuado para la regeneración de la cucúrbita oleaginosa indígena <b>Yah Gwladys Gnamien, I.A. Zoro Bi, Y. Dje, A. Toussaint &amp; J.-P. Baudoin</b> .....	217
Incitation par les prix, rentabilité et compétitivité de la production du riz au sud Togo Stimulatie door de prijzen, rentabiliteit en concurrentiekracht van rijstproductie in het zuiden van Togo Inciación por los precios, la rentabilidad y la competitividad de la producción del arroz en Togo del Sur <b>K. Yovo</b> .....	226
Compostage et qualité du compost de déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso Compostering en compostkwaliteit van stedelijk vast afval in de stad Bobo-Dioulasso, Burkina Faso Compostaje y calidad del compost de residuos urbanos sólidos de la ciudad de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso <b>E. Compaoré &amp; L.S. Nanéma</b> .....	232
Importance des forêts secondaires pour la collecte des plantes utiles chez les <i>Badjoué</i> de l'Est Cameroun Het belang van secundaire bossen voor de verzameling van nuttige planten bij de <i>Badjoué</i> bevolking van Oost-Kameroen Importancia de las selvas secundarias para la colecta de las plantas útiles en los <i>Badjoué</i> del Este de Camerún. <b>G.M. Nguenang, E. Fongzossie Fedoung &amp; B.A. Nkongmeneck</b> .....	238
Evaluation de la contamination de la chaîne trophique par les éléments traces (Cu, Co, Zn, Pb, Cd, U, V et As) dans le bassin de la Lufira supérieure (Katanga/RD Congo) Evaluatie van de contaminatie van de voedselketen door spoorelementen (Cu, Co, Zn, Pb, Cd, U, V en As) in het bekken van de Opper-Lufira (Katanga / DR Congo) Evaluación de la contaminación de la cadena trófica por los oligoelementos (Cu, Co, Zn, Pb, Cd, U, V y As) en la cuenca del Lufira superior (Katanga/RD Congo) <b>B. Katemo Manda, G. Colinet, L. André, A. Chocha Manda, J.-P. Marquet &amp; J.-C. Micha</b> .....	246
<b>DANS LES UNIVERSITES.../UIT DE UNIVERSITEITEN.../ EN LAS UNIVERSIDADES...</b>	
Epidemiology of Non-Typhoidal <i>Salmonella</i> (NTS) in Humans and Animals in the Gambia and Senegal Epidémiologie des salmonelles non typhoïdiques (NTS) chez l'homme et les animaux en Gambie et au Sénégal Epidemiologie van niet-tyfus <i>Salmonella</i> 's (NTS) in mensen en dieren in Gambia en Senegal Epidemiología de las salmonelas no tifoidicas (NTS) en el hombre y los animales en Gambia y en Senegal <b>M. Dione</b> .....	253
TSOL18 Vaccine Antigen of <i>Taenia solium</i> : Development of Monoclonal Antibodies and Field Testing of the Vaccine in Cameroon TSOL18 vaccin antigène du <i>Taenia solium</i> : développement d'anticorps monoclonaux et essai sur le terrain au Cameroun TSOL18 vaccinantigeen van <i>Taenia solium</i> : ontwikkeling van monoklonale antilichamen en veldproef in Kameroen TSOL 18 vacuna antigena del <i>Taenia solium</i> : desarrollo de anticuerpos monoclonales y ensayo en el terreno en Camerún <b>E. Assana</b> .....	255

## Effet de l'ombrage du karité sur le rendement capsulaire du coton dans les agroécosystèmes coton-karité du Nord Bénin

D.S.J.C. Gbemavo<sup>1\*</sup>, R. Glèlè Kakai<sup>1</sup>, A.E. Assogbadjo<sup>1</sup>, A. Katary<sup>2</sup> & P. Gnanglè<sup>2</sup>

Keywords: Ecophysiology- Agroforestry parks- Cotton- Shea butter tree- Benin

### Résumé

*L'influence de l'ombrage du karité sur la culture du cotonnier a été étudiée dans les agroécosystèmes à base de cotonnier et de karité de quatre villages du nord Bénin. Trois classes de diamètre houppier des arbres de karité (5-8 m; 8- 11 m; 11-14 m) ont été distinguées après la phase d'inventaire et 2 individus par classe ont été choisis pour abriter l'expérimentation. Une placette d'observation circulaire de 7,06 m<sup>2</sup> a été installée sous houppier à ½r et hors houppier à 2r (r= rayon du houppier) dans les quatre directions cardinales (nord, sud, est, ouest) de chaque arbre échantillon. Au total 192 unités expérimentales ont été installées dans les quatre villages. L'analyse des données a révélé une différence très hautement significative des variables (nombre de plants/m<sup>2</sup>; nombre de branches chargées de capsules/plant; nombre de capsules par plant) entre les placettes sous influence et hors influence (P< 0,001). Le nombre moyen de plants/m<sup>2</sup> et le nombre moyen de branches chargées de capsules par plante de cotonnier sont moins élevés sous karité respectivement de 24,07% et de 27,26%. Le nombre de capsules par plante de cotonnier diminue de 28,46% en moyenne sous houppier du karité.*

### Summary

#### **Shea Butter Trees Shadiness Effect on Cotton Capsular Output in Shea Butter Trees-cotton Agroecosystems of Northern Benin**

*Influence of the shea butter trees shadiness on cotton culture was studied in shea butter trees-cotton agroecosystems in four villages of Northern Benin. Three classes of crown diameter of shea butter trees were distinguished after inventory phase and 2 individuals by class of crown diameter were chosen to shelter the experimentation. Circular plot of 7.06 m<sup>2</sup> were installed under shea butter trees crown at ½r and out shea butter trees crown at 2r (r= crown radius) in the four cardinal directions of each tree sample. In total 192 experimental units were installed in the four sites. Results of analysis of variance, fixed model revealed a very high significant difference of the variables considered (number of plant/m<sup>2</sup>; number of branches loaded of capsules/plant; number of capsules per plant) between plots under influence and out of the influence of the crown of shea trees (P< 0.001). The average number of plants/m<sup>2</sup> and the average number of branches laden with cotton bolls per plant were lower under Shea trees (24.07% and 27.26% respectively). The number of cotton bolls per plant decreased by 28.46% on average under the shea tree crown.*

### Introduction

La présence des arbres au milieu des zones de cultures crée des paysages appelés parcs ou "paysages agrosylvicoles" (20). Ces paysages agrosylvicoles sont des systèmes d'utilisation des terres qui associent l'arbre et les cultures dans un arrangement spatial aléatoire (4, 14). C'est précisément le cas au Bénin des espèces bien connues des populations telles que *Parkia biglobosa* et *Vitellaria paradoxa*, qui sont conservées au milieu des champs de cultures vivrière

et industrielle (1). L'avantage de l'intégration de l'arbre dans les systèmes de production par les paysans a été souligné par plusieurs auteurs (6, 11,12). Le parc arboré permet de maintenir la fertilité des terres et la durabilité des systèmes de culture (15). En effet, la biomasse produite par les arbres est décomposée, ce qui permet un recyclage des nutriments pompés par l'arbre des horizons de profondeur vers les horizons de surface. Par contre, les effets de l'arbre sur les

<sup>1</sup>Faculté des sciences agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526, Cotonou, Bénin.

<sup>2</sup>Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, 01 BP 884, Cotonou, Bénin.

<sup>1</sup>Email: [cgbemavo@yahoo.fr](mailto:cgbemavo@yahoo.fr); [gleleromain@yahoo.fr](mailto:gleleromain@yahoo.fr); [assogbagio@yahoo.fr](mailto:assogbagio@yahoo.fr)

<sup>2</sup>Email: [akatary@yahoo.fr](mailto:akatary@yahoo.fr); [gnampaces@yahoo.fr](mailto:gnampaces@yahoo.fr)

\*: Auteur de correspondance

Reçu le 12.04.10 et accepté pour publication le 29.09.10.



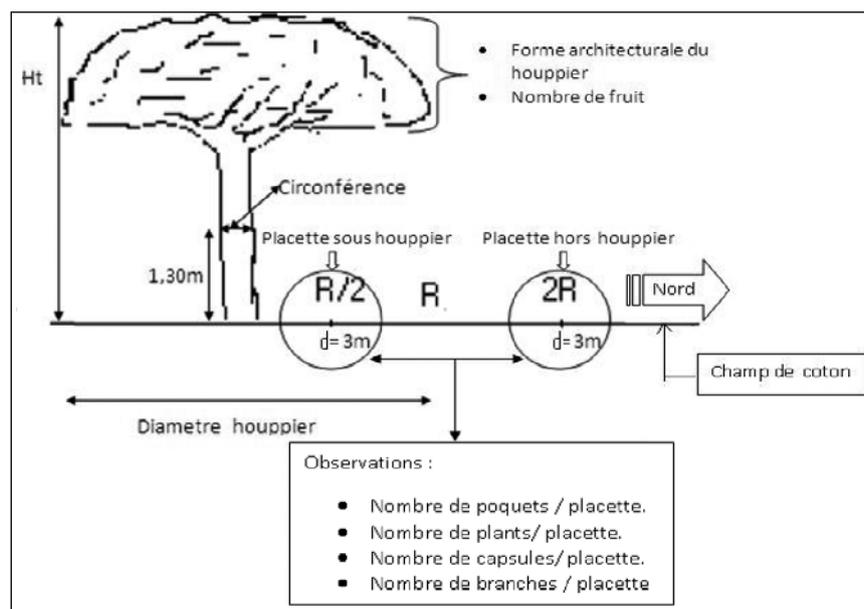


Figure 2: Dispositif d'étude et paramètres mesurés.

(*Gossypium hirsutum* L.) sont les deux espèces étudiées. Le karité est une espèce de la famille des Sapotacées. C'est un arbre des savanes guinéennes et soudanaises, pouvant atteindre 15 m de haut et 0,50 m de diamètre. Le cotonnier (*Gossypium* sp) est un arbuste de la famille des Malvacées. L'espèce cultivée au Bénin est *Gossypium hirsutum* L., qui représente environ 81,5% de la production mondiale de fibres. Elle est originaire d'Amérique centrale.

### 3. Collecte des données sur l'influence du houppier du karité sur les paramètres de rendement de la culture du cotonnier

Afin d'évaluer le niveau d'influence des arbres de karité sur la culture du cotonnier, 3 classes de diamètre du houppier des arbres de karité ont été distinguées après la phase d'inventaire: 5-8 m; 8-11 m; 11-14 m. Par classe de diamètre du houppier, 2 arbres de karité en association avec la culture du cotonnier ont abrité les placettes expérimentales par village d'étude. Au total 6 arbres par village, soit 24 arbres ont été considérés pour l'expérimentation. Les arbres qui sont choisis sont ceux dont le houppier n'interagit pas avec d'autres arbres dans le parc. Sous chaque arbre de karité échantillonné pour l'expérimentation et dans chacune des quatre directions cardinales (nord, sud, est, ouest), une placette circulaire d'observation de 3 m de diamètre à  $\frac{1}{2} r$  ( $r$  étant le rayon houppier de l'arbre) est installée. De même, il a été installé dans chacune des quatre directions cardinales (nord, sud, est, ouest) de l'arbre une placette circulaire d'observation témoin de 3 m de diamètre à  $2r$  (non influencée par le houppier). Au total, 8 unités expérimentales autour de chaque arbre échantillon sont considérées, soit 192 unités expérimentales pour cette étude à raison de 48 par village (Figure 2). Les observations sur le

cotonnier des placettes expérimentales ont concerné: le nombre de poquets par placette, le nombre de plants par placette ( $d$ ), le nombre de capsules par placette ( $n_{cp}$ ), le nombre de branches chargées de capsules par placette ( $n_b$ ).

Les cultures de cotonnier ont été installées et traitées suivant les normes préconisées par la recherche coton et fibre, et les champs ont été suivis par les conseillers en production végétale.

### 4. Traitement statistique des données

Les paramètres de rendement calculés sont soumis à une analyse de variance, modèle fixe à 4 facteurs, (site, classe, position, orientation) afin d'analyser l'effet de chacun de ces facteurs et leurs interactions sur les paramètres de rendement ( $d$ ,  $n_b$ ,  $n_{cp}$ ). Le logiciel statistique Minitab 14 a été utilisé à cet effet.

## Résultats

### 1. Effet de l'ombrage du karité sur la densité de la culture de coton

Les résultats d'analyse de la variance relatifs à l'effet de l'ombrage du karité sur la densité de la culture de cotonnier révèlent qu'il existe une différence hautement significative ( $P < 0,001$ ) de la densité des plants entre sites d'étude, entre la position des placettes (sous houppier karité - hors houppier karité) et entre la classe de diamètre du houppier des karités (Tableau 2). Par ailleurs, seul l'effet de l'interaction du site et de la classe du diamètre du houppier sur la densité des plants est significatif (Tableau 2). Cela implique que l'influence du facteur site sur la densité des plants dépend de la largeur du houppier du karité et vice versa. Toutes les autres interactions des

**Tableau 2**  
**Résultat d'analyse de la variance sur les paramètres du rendement en coton-graine**

Facteurs		Ncap/plant	Nbr/plant	Ncap/br/plt	Densité (plt/m <sup>2</sup> )
Source	ddl	F	F	F	F
Site (S)	3	14,66***	27,21***	5,66***	12,92***
Position (P)	1	34,47***	49,78***	0,93ns	39,8***
Classe (C)	2	0,3ns	0,86ns	0,04ns	8,29***
Orientation (O)	3	0,5ns	1,28ns	2,11ns	0,25ns
S x P	3	5,33**	3,97ns	2,02ns	0,6ns
S x C	6	0,47ns	0,58ns	1,42ns	4,11***
S x O	9	0,98ns	1,71ns	1,44ns	0,79ns
P x C	2	0,43ns	0,67ns	1,62ns	0,44ns
P x O	3	0,28ns	0,23ns	0,23ns	0,97ns
C x O	6	1,32ns	1,74ns	1,01ns	0,93ns
S x P x C	6	0,71ns	0,40ns	1,22ns	0,79ns
P x C x O	6	0,71ns	0,85ns	0,55ns	0,46ns
S x C x O	18	1,31ns	0,84ns	2,36**	0,43ns

\*: différence significative au seuil de 5 %; \*\*: différence significative au seuil de 1 %; \*\*\*: différence significative au seuil de 0,1 %; ns= non significative; Densité (plt/m<sup>2</sup>)= nombre de plants/m<sup>2</sup>; Ncap/plant= nombre de capsules/plant; Nbr/plant= nombre de branches chargé de capsules/plant; Ncap/br/plt = nombre de capsules/branche chargé/plant.

facteurs sur la densité des plants n'ont aucun effet significatif (Tableau 2).

A Sinawongourou et Kassakou, la densité des plantes de cotonnier est plus élevée au niveau des arbres de diamètre houppier moyen (8-11 m) avec respectivement 4,5 et 5,3 plants/m<sup>2</sup>. A Pédé et Kandifo, on note une tendance opposée où les arbres de karité dont le diamètre du houppier est compris entre 8 et 11 m occasionnent des densités faibles de plantes de cotonnier. Dans ces deux villages, les arbres de karité à houppier de faible diamètre occasionnent les plus grandes densités de plantes de cotonnier, soient 5 et 5,1 plants/m<sup>2</sup> respectivement à Kandifo et Pédé. Ces différentes variations expliquent l'effet conjugué du site et de la classe du diamètre du houppier des arbres de karité sur la survie des plantes de cotonnier.

Par ailleurs, le nombre moyen de plants/m<sup>2</sup> au niveau des placettes sous houppier de karité est de 3,719 (soit 37.190 plants/ha), tandis qu'il est en moyenne

de 4,898 plants/m<sup>2</sup> (soit 48.980 plants/ha) au niveau des placettes hors houppier de karité (Tableau 3). Le taux de mortalité relatif des plantes de cotonnier sous houppier par rapport à la zone « hors houppier » est alors de 24,07%, ce qui représente en fait l'effet négatif de l'ombrage du karité sur la survie des plants de cotonnier. On peut donc conclure qu'il existe des facteurs défavorables à la survie des plantes de cotonnier sous les arbres de karité.

## 2. Influence de l'ombrage du karité sur le rendement capsulaire de la culture du coton

Les résultats d'analyse de la variance présentés au tableau 2 indiquent une différence hautement significative ( $P < 0,001$ ) du nombre de capsules par plante de cotonnier entre les sites d'étude et les positions des plants (hors houppier karité-sous houppier karité). Seul l'effet de l'interaction du site et de la position est significatif. Cela implique que l'influence du site sur le nombre de capsules par plant dépend de la position des plants et vice versa. Toutes les autres interactions des facteurs sur le nombre de capsules par plant n'ont pas d'effet significatif sur le rendement capsulaire (Tableau 2).

Le nombre moyen de capsules est plus élevé au niveau des plantes hors houppier des karités (Figure 3). Le nombre moyen de capsules au niveau des plantes hors houppier de karité est plus élevé à Kassakou (14,08 plantes/m<sup>2</sup>) et à Pédé (13,40 plantes/m<sup>2</sup>), tandis qu'il avoisine 11,50 capsules/plante à Kandifo et reste faible à Sinawongourou (8,38 plantes/m<sup>2</sup>). Par ailleurs, le nombre de capsules par hectare diminue d'un site à l'autre au niveau des plants sous houppier de karité

**Tableau 3**  
**Paramètres du cotonnier suivant les positions des placettes: moyenne (m) et erreur standard (se)**

Position	hors influence		sous influence	
	m	se	m	se
Paramètres				
Ncap/plt	11,843a	0,406	8,471b	0,406
Nbr/plt	8,188a	0,223	5,957b	0,223
Ncap/br/plt	1,476a	0,032	1,432b	0,032
densité	4,898a	0,132	3,719b	0,132

Sur la même ligne les chiffres de différentes lettres sont significativement différents (test de Newman-Keuls). Densité (plt/m<sup>2</sup>)= nombre de plants/m<sup>2</sup>; Ncap/plant = nombre de capsules/plant; Nbr/plant nombre de branches chargé de capsules/plant; Ncap/br/plt nombre de capsules/branche chargé/plant;

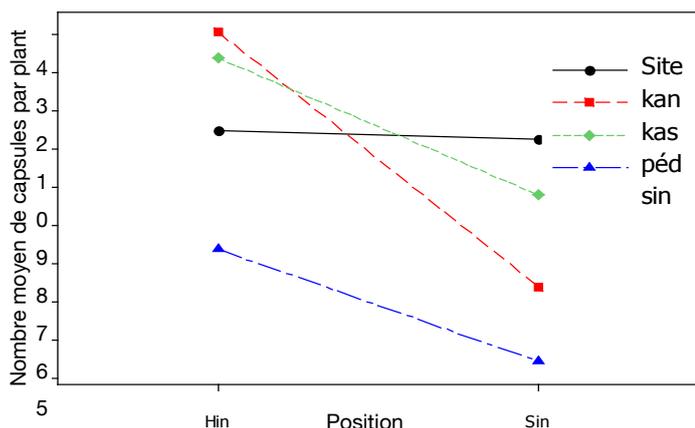


Figure 3: Graphique de l'interaction entre les sites et les positions en fonction du nombre de capsules par plant.

Hin= Hors influence; Sin= Sous influence

kan= Kandifo; kas= Kassakou; sin= Sinawongourou; péd= Pédé

avec la valeur la plus élevée enregistrée à Kandifo (11,265 plants/m<sup>2</sup>) et la plus faible à Sinawongourou (5,43 plantes/m<sup>2</sup>).

Aussi, le nombre moyen de capsules au niveau des plants sous houppier karité est de 8,47 capsules, tandis qu'il est en moyenne de 11,84 capsules au niveau des plantes hors houppier du karité (Tableau 3). L'effet de l'ombrage du karité sur le nombre de capsules par plante de cotonnier sous-jacent est négatif et entraîne ainsi une réduction du nombre de capsules de 28,46%. On peut donc conclure qu'il existe des facteurs défavorables qui affectent le rendement des plantes de cotonnier sous le houppier des arbres de karité.

### 3. Effet de l'ombrage sur la productivité des branches capsulaires du cotonnier

Les résultats du tableau 2 indiquent qu'il existe une différence hautement significative ( $P < 0,001$ ) du nombre de branches chargées de capsules par plant entre sites d'étude et entre la position des plants (hors houppier karité-sous houppier karité). Les différentes interactions des facteurs sur le nombre de branches chargées de capsules par plant n'ont aucun effet significatif (Tableau 2). Le nombre moyen de branches portant des capsules au niveau des plants sous houppier de karité est de 5,95; tandis qu'il est en moyenne de 8,18 au niveau des plants hors houppier de karité (Tableau 3). Le nombre moyen de branches portant de capsules par plant est moins élevé sous houppier de karité de 27,26% par rapport aux branches hors houppier du karité. On peut donc conclure qu'il existe des facteurs défavorables à la formation des branches productrices de capsules chez les plants de cotonnier dans la zone d'influence de l'ombrage des arbres de karité.

### 4. Effet de l'ombrage du karité sur la charge capsulaire des branches du cotonnier

Il existe une différence hautement significative ( $P <$

0,001) du nombre de capsules par branche chargée de capsules par plant entre sites d'étude (Tableau 2). Seul l'effet de l'interaction du site, de la classe du diamètre du houppier et de l'orientation est significatif sur le nombre de capsules par branche chargée de capsules par plante. Cela implique que l'influence du facteur site sur le nombre de capsules par branche chargée de capsules par plant dépend du diamètre du houppier et de l'orientation et vice versa. Toutes les interactions des autres facteurs sur le nombre de capsules par branche chargée de capsules par plant n'ont pas d'effet significatif (Tableau 2).

On note qu'un diamètre moyen du houppier (8-11 m) occasionne des valeurs élevées de charges capsulaires des branches à Kassakou et Pédé alors qu'au niveau de Sinawongourou, les faibles valeurs de diamètre houppier (5-8 m) occasionnent les charges capsulaires les plus élevées. Au niveau de Kandifo, l'effet contraire est noté. Par rapport à l'orientation des plants, on note globalement que les valeurs les plus élevées de charges capsulaires des branches sont observées à l'est et à l'ouest sauf à Kandifo où les plants installés dans la direction nord présentent des charges capsulaires plus élevées. De plus, l'effet de la largeur de la couronne des arbres de karité est influencé par l'orientation des plantes de cotonnier mais l'effet de l'interaction est assez erratique et ne permet pas de dégager une tendance claire.

## Discussion

### Effet de l'ombrage sur la densité et le rendement capsulaire du cotonnier

La densité des plantes de cotonnier, le rendement capsulaire des plants de cotonnier et le nombre de branches chargées de capsules par plant sont significativement plus élevés en dehors du houppier du karité que sous le houppier. La charge capsulaire par branche par plant ne varie pas d'un milieu à l'autre (sous karité et hors karité), ce qui permet de conclure que la baisse de rendement capsulaire observée au niveau des plantes de cotonnier sous houppier de karité comparativement à ceux hors houppier de karité est due à la différence du nombre de branches chargées de capsules par plant.

La nature du sol, la disponibilité en eau et l'incidence des rayons solaires sont les trois facteurs principaux qui peuvent expliquer la variation de la densité des plants et du rendement capsulaire entre plantes de cotonnier sous houppier de karité et hors houppier de karité. En effet, on note une nette amélioration de l'humidité et de la fertilité du sol sous les houppiers du karité (20). En ce qui concerne l'eau, une partie des pluies est interceptée par le houppier des arbres. La quantité d'eau qui atteint le sol situé sous houppier peut s'avérer insuffisante du fait qu'ensemble, l'arbre et la culture sous-jacente, absorbent plus d'eau que la composante culturale unique (5). Toutefois il

faudra nuancer car les arbres ont aussi la capacité d'empêcher la chute brutale de l'eau durant les pluies réduisant ainsi l'érosion du sol. Mais il faut noter que le couvert participe aussi à l'économie de l'utilisation de l'eau du sol (2). Les températures sont modérées sous karité sous l'effet de l'ombrage de leur houppier (20). La diminution de la densité et du rendement sous houppier de karité des plantes de cotonnier est donc fortement corrélée à la diminution régulière de l'intensité lumineuse et de l'eau constatée sous le houppier des karités à cause de leur ombrage.

La densité moyenne des plants de cotonnier est moins élevée sous karité de 24,14% dans la présente étude. Ce pourcentage est légèrement supérieur à celui rapporté par Libert et Eyog-Matig (9) qui ont trouvé une diminution de 20% du nombre de plantes de cotonnier sous *Faidherbia albida*. Cette différence du taux de l'effet du houppier pourrait s'expliquer par le fait que le houppier du karité est plus développé que celui du *Faidherbia albida*.

La présente étude a révélé que le rendement capsulaire des plants diminue de 28,46% en moyenne sous houppier de karité. Nos résultats corroborent ceux de plusieurs auteurs en ce qui concerne l'influence de l'arbre en général et du karité en particulier sur les rendements agricoles. En effet, Zouboudré *et al.* (20) remarquent que malgré l'importance de l'humidité et la fertilité du sol sous les houppiers, la production du maïs est restée bien inférieure à celle relevée hors houppier. Louppe et Ouattara (10) en Côte d'Ivoire ont trouvé que l'arbre à karité induit de faibles pertes de rendements du cotonnier (inférieures à trois kg par arbre). Des observations semblables ont été faites sur une culture de sorgho associée au néré et au karité où les rendements avaient fléchi dans les parcelles sous houppier (11, 12). Sarr (13) a trouvé au Sénégal que le néré entraîne une baisse du rendement en gousses de l'arachide. Zhou *et al.* (18) concluent dans leurs travaux que le rendement des cultures est fortement réduit par les arbres dans les associations blé-paulownia en Chine.

Les résultats de l'analyse du rendement en coton graine dans les parcs à *Faidherbia albida* sont plus nuancés: 9 arbres sur 15 ont montré un effet en faveur de la culture sous l'arbre et 6 en défaveur (9). Ce résultat conclut à un effet global positif du *Faidherbia* sur le rendement du cotonnier. Les auteurs ont tenté

d'expliquer cela par le fait que *Faidherbia albida* aurait un effet variable en fonction de la fertilité de la station; il favorise les cotonniers en mauvaises conditions et les concurrence lorsque les conditions sont meilleures. Louppe et Ouattara (10) en Côte d'Ivoire ont trouvé que l'arbre à karité induit de très légers gains pour le maïs et l'arachide sur les parcelles les plus fertiles. Ces auteurs se rejoignent sur la fertilité des stations qui peut faire varier l'influence exercée par les arbres. Globalement les effets de l'arbre sur les rendements agricoles semblent être contradictoires. On comprend donc que l'existence de relations symbiotiques entre deux espèces données soit possible.

L'intérêt de l'association arbre-culture réside donc dans le maintien de la fertilité des terres et dans la durabilité des systèmes de culture (15); d'autant plus, que beaucoup d'auteurs ont trouvé que les arbres de karité sont des fertilisants des parcs de part leur biomasse foliaire. En effet les études de Kater *et al.* (7) et de Tomlinson *et al.* (16) rapportent que les arbres des champs ont des effets positifs sur la fertilité des sols, notamment sur les teneurs en matière organique et en azote, leurs zones d'influence représentant des îlots de fertilité en zone semi-aride. De même, les travaux de Bayala *et al.* (3) à Saponé au Burkina-Faso ont montré que le mulch des feuilles de karité a induit chez le mil une augmentation de 120% de son rendement grain et 43% de son rendement en matière sèche totale.

## Conclusion

L'évaluation de l'influence de l'ombrage du karité sur la culture du cotonnier constitue un préalable fondamental à la conception d'un plan de gestion et de conservation des agrosystèmes cotonnier-karité. A travers cette étude nous sommes arrivés à quantifier de façon statistique le niveau de cette influence. Globalement, le nombre moyen de plants/m<sup>2</sup> et le nombre moyen de branches chargées de capsules par plante de cotonnier sont moins élevés sous karité respectivement de 24,07% et de 27,26%. Le nombre de capsules par plante de cotonnier diminue de 28,46% en moyenne sous houppier du karité. L'orientation des plants de cotonnier par rapport aux arbres de karité n'agit pas sur leur rendement.

## Références bibliographiques

1. Agbahungba G. & Depommier D., 1989, Aspects du parc à karité- néré (*Vitellaria paradoxa* Gaertn. f. *Parkia biglobosa* Jacq. Benth) dans le sud du Borgou (Benin). Bois et Forêts des Tropiques, 222, 41-54.
2. Akpo L.E., 1998, Effet de l'arbre sur la végétation herbacée dans quelques phytocénoses au Sénégal. Variation selon un gradient climatique - Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Naturelles FST- UCAD, pp.133.
3. Bayala J., Teklehaimanot Z. & Ouedraogo J.S., 2002, Millet production under pruned tree crowns in a parkland system in Burkina Faso. Agrofor. Syst; 54, 203-214.
4. Boffa J.M., 2000, Les parcs agroforestiers en Afrique subsaharienne. Cahier FAO Conservation, 34, 258 p.
5. Boffa J.M., 1995, Productivity and management of agroforestry parklands in the Sudan Zone of Burkina Faso, West Africa. Ph.D. Thesis. Purdue Univ USA, pp. 99.
6. Jonsson K., Ong C.K. & Odongos J.C.W., 1999, Influence of scattered néré and karité on microclimate, soil fertility and millet yield in Burkina Faso. Exp. Agric. 35, 39-53.
7. Kater L.J.M., Kante S. & Budelman A., 1992, Karité (*Vitellaria paradoxa*) and néré (*Parkia biglobosa*) associated with crops in South Mali. Agrofor. Syst. 18, 89-106.
8. Kessler J.J., 1992, The influence of karité (*Vitellaria paradoxa*) and néré (*Parkia biglobosa*) trees on sorghum production in Burkina Faso. Agrofor. Syst. 17, 97-118.
9. Libert C. & Eyog-Matig O., 1996, *Faidherbia albida* et production

- cotonnière. *in*: Les Parcs à Faidherbia» (*Acacia albida* Parklands), Cahiers scientifiques du Cirad-Forêt, 12, 103-122.
10. Louppe D. & Ouattara N.K., 1997, Influence du karité sur les productions agricoles du Nord de la Côte d'Ivoire. *In*: CIRAD-Forêt. 11<sup>ème</sup> Congrès forestier mondial. Synthèse «après-congrès». Montpellier: CIRAD, (10 p.) Antalya, Turquie. Congrès forestier mondial, 11, 10-13.
  11. Maiga A., 1987, L'arbre dans les systèmes agroforestiers traditionnels dans la province du Bazèga. Influence du karité, du néré et de *Acacia albida* sur le sorgho et le mil. Rapport de stage. Ouagadougou: IRBET/CNRST, pp.86.
  12. Nyberg G. & Högberg P., 1995, Effects of young agroforestry trees on soils in farm situations in Western Kenya. *Agrofor. Syst.* 32, 145-152.
  13. Sarr D., 2001, Importance du néré (*Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth.) dans le système de culture à arachide (*Arachis hypogaea* L.) dans le terroir de la Néma en zone soudano-sahélienne (Sine-Saloum, Sénégal) – *DEA biologie végétale UCAD*, pp. 37.
  14. Sinclair F.L., 1999, A general classification of agroforestry practice. *Agrofor. Syst.* 46, 161-180.
  15. Traoré K.B., 2003, Le parc à karité: sa contribution à la durabilité de l'agrosystème. Cas d'une toposéquence à Konobougou (Mali-Sud). Thèse de doctorat : Sciences du sol Montpellier. CIRAD, pp. 216 p.
  16. Tomlinson H., Teklehaimanot Z., Traoré A. & Olapade E., 1995, Soil amelioration and root symbioses of *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth. in West Africa. *Agroforestry Systems*, 30, 145-159.
  17. Young A., 1986, Effects of trees on soils. *In*: Prinsley R.T., Swift M.J. (eds). *Amelioration of soil by trees*. London: Commonwealth Science Concil, 10-15.
  18. Zhu Z., Cail M., Wang S. & Jiang Y., 1991, Agroforestry systems in China. Chinese Academy of Forestry and Intern. Singapour: Canada Development Research Center, pp. 216 p.
  19. Zagbaï H.S., Berti F. & Lebailly P., 2006, Impact de la dynamique cotonnière sur le développement rural: étude de cas de la région de Korhogo, au Nord et au Centre de la Côte d'Ivoire. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 10,4, 325-334.
  20. Zomboudré G., Zombré G., Ouedraogo M., Guinko S. & Macauley H.R., 2005, Réponse physiologique et productivité des cultures dans un système agroforestier traditionnel: cas du maïs (*Zea mays* L.) associé au karité (*Vitallaria paradoxa* Gaertn.) dans la zone est du Burkina Faso. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 9,1,75-85.

Ch. Gbemavo, Béninois, Ingénieur Agronome forestier, DEA en Agroforesterie, Doctorant en Science Agronomique/FSA Cel: 229 97474665

R. Glele Kakaï, Béninois, Docteur-Ingénieur Agronome forestier, Enseignant de Biométrie et modélisation forestière (CAMES), Faculté des Sciences Agronomique (FSA), Abomey-Calavi.

A. Assogbadjo, Béninois, Docteur-Ingénieur Agronome forestier, Enseignant-chercheur des Sciences Biologiques Appliquées. Faculté des Sciences Agronomique (FSA) Abomey-Calavi.

A. Katary, Béninois, Docteur-Ingénieur Agronome production végétale, Chercheur à l'INRAB, Coordonateur PAFICOT-BENIN.

C. Gnangle, Béninois, Ingénieur Agronome économiste, DEA en Agroforesterie, Chercheur à l'INRAB, Coordonateur INOV-KARITE.

# Amélioration du taux de multiplication *in vitro* de *Jatropha curcas* L.

S.D. Medza Mve<sup>1\*</sup>, G. Mergeai<sup>1</sup>, J.-P. Baudoin<sup>1</sup> & A. Toussaint<sup>1</sup>

Keywords: *Jatropha curcas* L.- Rate multiplication- Accessions- *in vitro* culture- Nodal explants- Cameroon- Senegal- Belgium

## Résumé

Dans le but d'améliorer le taux de multiplication *in vitro* (nombre de tiges/explant/subculture) de *Jatropha curcas* L., des noeuds axillaires prélevés sur de jeunes plantes de deux accessions de cette espèce, originaires du Cameroun et du Sénégal, sont cultivés pendant trois semaines sur un milieu MS supplémenté de 8,87  $\mu\text{M}$  de BAP; 4,92  $\mu\text{M}$  d'AIB, ainsi que de 30 g/l de saccharose à pH 5,7  $\pm$  0,1; et solidifié avec 0,7% d'agar. Les tiges obtenues à partir de chaque explant initial sont ensuite transférées sur des milieux de prolifération (MP) constitués du milieu MS complété de 2,21 à 8,9  $\mu\text{M}$  de BA ou de 2,21 à 8,9  $\mu\text{M}$  de kinétine en combinaison avec 2,46  $\mu\text{M}$  d'AIB. Chaque combinaison est complétée avec 33,12  $\mu\text{M}$  de sulfate d'adénine; 82,92  $\mu\text{M}$  de glutamine et 30 g/l de saccharose. Les meilleurs taux de multiplication sont obtenus pour le milieu MP contenant 6,65  $\mu\text{M}$  de BA et 2,46  $\mu\text{M}$  d'AIB: 42,72  $\pm$  3,22 et 38,15  $\pm$  4,7 tiges/explants, respectivement pour l'accession camerounaise et sénégalaise après 6 semaines de culture. Les taux de multiplication moyen sont respectivement pour ces deux accessions de 8,27  $\pm$  1,27 et 7,89  $\pm$  1,13 tiges par explant au cours des 7 subcultures suivantes (3 semaines/subculture). Ce milieu est également celui qui permet globalement la meilleure croissance en hauteur des tiges. Les tiges feuillées obtenues peuvent être enracinées sur un milieu contenant la moitié des éléments minéraux majeurs de MS additionné de 5,7  $\mu\text{M}$  d'AIB; 1,5% de saccharose et solidifié avec 0,7% d'agar, puis acclimatées avec un taux de survie de 97%. Ces résultats permettent d'envisager la création d'unités de multiplication industrielle de plants à la fois homogènes et performants issus de clones élites de *J. curcas*.

## Summary

### Improvement of the Rate of *in vitro* Multiplication of *Jatropha curcas* L.

In order to improve the *in vitro* multiplication rate (number of shoots/explant/subculture) of *Jatropha curcas* L. axillary nodes taken from young plants of two accessions of this species (originating from Cameroon and Senegal) have been cultivated for three weeks on a MS medium supplemented with 8.87  $\mu\text{M}$  BAP, 4.92  $\mu\text{M}$  IBA, and 30 g/l sucrose at pH 5.7  $\pm$  0.1, and solidified with 0.7% agar. The shoots obtained from each original explant were then transferred to proliferation media (PM) consisting of MS medium supplemented with 2.21 to 8.9  $\mu\text{M}$  BA or 2.21 to 8.9  $\mu\text{M}$  kinetin in combination with 2.46  $\mu\text{M}$  IBA. Each combination was completed with 33.12  $\mu\text{M}$  adenine sulfate, 82.92  $\mu\text{M}$  of glutamine and 30 g / L sucrose. The best multiplication rate was obtained for the PM medium containing 6.65  $\mu\text{M}$  BA and 2.46  $\mu\text{M}$  IBA. On this medium 42.72  $\pm$  3.22 and 38.15  $\pm$  4.7 shoots/explant were obtained respectively for the accessions from Cameroon and Senegal after 6 weeks of culture, and the mean multiplication rates were 8.27  $\pm$  1.27 (accession from Cameroon) and 7.89  $\pm$  1.13 (accession from Senegal) shoots per explant during the 7 following subcultures (3 weeks/subculture). This medium was also the one that allowed the best overall growth in shoot height. Leafy shoots obtained have been rooted in a medium containing half of the major mineral components of MS supplemented with 5.7  $\mu\text{M}$  IBA, 1.5% sucrose and solidified with 0.7% agar, then acclimated with a survival rate of 97%. These results allow considering the establishment of industrial units of plantlet multiplication from elite clones of *Jatropha curcas*.

## Introduction

Les politiques en faveur du développement durable et la récente crise énergétique mondiale, créent une opportunité de valorisation des huiles végétales comme biocarburant à travers le monde (3). Parmi les cultures potentielles, *Jatropha curcas* suscite l'intérêt de divers organismes de développement dans les régions tropicales et subtropicales en raison de sa capacité d'adaptation même dans les zones

semi-arides (1). Il est considéré comme une source potentielle non-comestible de biocarburants (16). Sa multiplication par semis ainsi que la transplantation au champ de plantes sauvages spontanées présentent l'inconvénient de générer des plantes hétérogènes dont la teneur en huile des graines varie de 4 à 40%. Le bouturage de tiges fournit des clones aux performances homogènes mais dont les plantes

<sup>1</sup>Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité de Phytotechnie Tropicale et Horticulture, 2, Passage des Déportés, BE-5030 Gembloux, Belgique.

\* Auteur: Email: [medzamve@yahoo.fr](mailto:medzamve@yahoo.fr) Téléphone 0032493761809 / 003281622410

Reçu le 29.09.10 et accepté pour publication le 04.10.10.

présentent un système racinaire superficiel qui les rend sensibles à la verse et à la sécheresse, ce qui limite leur possibilité d'établissement sur les sols pauvres. De plus, leur durée de vie est réduite à 10-15 ans (2, 9). La culture *in vitro* est l'une des voies potentielles pour la production rapide et à grande échelle du matériel végétal de plantation. Cette méthode présente l'avantage de pouvoir produire des plantes homogènes, du point de vue morphologique et agronomique notamment en ce qui concerne les rendements (4). Plusieurs auteurs ont travaillé sur la régénération de *J. curcas* à partir des explants nodaux. Les taux de multiplication obtenus sont restés relativement faibles, donc économiquement non rentables. La présente étude se focalise sur l'amélioration du taux de multiplication *in vitro* de *J. curcas* par régénération à partir des explants nodaux. Elle vise à développer un protocole de production massive d'un matériel de plantation homogène et performant utilisable à l'échelle industrielle.

## Matériel et méthodes

### Matériel végétal et stérilisation

Deux lots de graines récoltées dans les campagnes de Minkang au Sud Cameroun et Diobass au Sénégal constituent le matériel de départ. Ces deux lots sont semés en cellules conditionnées à l'Unité de Phytotechnie Tropicale et Horticulture de Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège). Les conditions de culture sont les suivantes: 16 h de lumière par jour,  $27 \pm 2$  °C de température,  $80 \mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  d'intensité lumineuse et 50% d'humidité relative. Après deux mois, les plantules possèdent au moins quatre nœuds. Les essais d'amélioration du taux de multiplication *in vitro* sont réalisés à partir de nœuds prélevés sur ces jeunes plantes. Les explants nodaux utilisés sont collectés à partir du troisième nœud en partant de la base. Le bourgeon apical est éliminé. Ces explants sont lavés dans une solution de Dettol 5%, trempés dans l'alcool à 70% pendant 30 s, et ensuite immergés dans une solution d'hypochlorite de calcium à 10% pendant 30 mn. Enfin, trois rinçages successifs sont effectués avec de l'eau distillée stérile, dont le dernier en agitation pendant une minute sous une hotte à flux laminaire stérile, pour éliminer les traces de substances désinfectantes.

### Phase de culture

Le milieu de mise en culture des explants (MC) est le milieu de Murashige et Skoog (MS) (8) contenant  $8,87 \mu\text{M}$  de BAP;  $4,92 \mu\text{M}$  d'AIB; et de 30 g/l de saccharose (milieu MC). Après avoir ajusté le pH à  $5,7 \pm 0,1$ ; ce milieu est solidifié avec 0,7% d'agar (Select Agar). Les nœuds stérilisés sont déposés sur du papier stérile et réduits, grâce à des instruments stériles, à une longueur de 0,8-1 cm; puis placés dans les pots de 50 ml contenant chacun 20 ml de milieu.

### Phase de multiplication et allongement

Après trois semaines, les tiges obtenues sont séparées de l'explant initial et transférées sur les milieux de prolifération (MP) constitués du milieu MS complété de 2,21 à  $8,9 \mu\text{M}$  de BA ou de 2,21 à  $8,9 \mu\text{M}$  de kinétine en combinaison avec  $2,46 \mu\text{M}$  d'AIB. Chaque combinaison est complétée avec  $33,12 \mu\text{M}$  de sulfate d'adénine;  $82,92 \mu\text{M}$  de glutamine et 30 g/l de saccharose. Les nouvelles tiges régénérées sont repiquées sur le même milieu MP frais, toutes les trois semaines, sauf la première culture sur MP qui se déroule durant six semaines.

### Phase d'enracinement et d'acclimatation

Pour l'enracinement, les tiges feuillées issues du milieu de prolifération sont placées sur un milieu dépourvu de régulateur de croissance pendant deux semaines. Elles sont ensuite transférées sur le milieu MS contenant la moitié des éléments majeurs (MS/2), complété de  $5,7 \mu\text{M}$  d'AIB, 15 g/l de saccharose et solidifié avec 0,7% d'agar. Les plantules sont d'abord placées pendant quatre jours dans l'obscurité totale, puis soumises à une photopériode de 16 h durant 4 semaines.

Les tiges enracinées sont lavées à l'eau distillée, pour éliminer les résidus de milieu. Elles sont repiquées dans des pots contenant du terreau commercial et placées dans des cellules conditionnées avec 50-60% d'humidité relative, 16 h de photopériode,  $80 \mu\text{mol}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  d'intensité lumineuse et  $27 \pm 2$  °C de température. Les pots sont recouverts d'un film plastique transparent pendant deux semaines. Les plantules sont ensuite laissées à l'air libre dans les cellules durant deux semaines supplémentaires avant d'être transférées en serre.

### Stérilisation des milieux de culture et conditions de culture

Les milieux de mise en culture, de prolifération et d'enracinement sont autoclavés pendant 15 mn à 121 °C sous une pression de 1,02 bar. Les pots cultivés sont maintenus en chambre de culture sous  $27 \pm 2$  °C de température, 50-60% d'humidité relative, une photopériode de 16 h et une intensité lumineuse de  $30 \mu\text{mol}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ .

### Analyse statistique

Les essais sont menés en blocs aléatoires complets. Les données sont ensuite soumises à une analyse de la variance de façon à détecter les différences significatives entre les moyennes (logiciel Minitab 15 Statistical) et soumises au Test de Newmann et Keuls.

## Résultats

Les deux accessions de *J. curcas*, présentent 100% de débourrement des explants nodaux mis en culture sur MC au bout d'une semaine. Durant cette période, les nœuds prélevés sur des parties bien lignifiées des



Figure 1: Multiplication *in vitro* de *Jatropha curcas*.

- (1a) Isolement et mise en culture de 3 semaines d'un bourgeon axillaire en croissance sur milieu MS avec 8,87 µM BA et 4,92 µM AIB [MC];  
 (1b) développement des bourgeons axillaires sur un explant âgé de 3 semaines cultivé sur le milieu de multiplication MP3;  
 (1c) tige feuillée âgée de 3 semaines prête à l'enracinement sur milieu de multiplication MP6;  
 (1d) tige enracinée sur MS/2 contenant 1,5 g/l de saccharose, 5,7 µM d'AIB;  
 (1e) plantules enracinées acclimatées après 6 semaines.

plantes-mères, exsudent abondamment des phénols au niveau de leur surface de coupe. L'oxydation des phénols entraîne le noircissement du milieu de culture et le brunissement des explants.

Les tiges feuillées issues de MC (Figure 1a) sont isolées de l'explant initial après trois semaines et transférées sur les milieux de prolifération (Figure 1b) pour donner naissance à de nouvelles tiges par bourgeonnement axillaire (Figure 1c).

Le nombre de tiges produites par explant sur MP varie fortement en fonction de la balance hormonale (Tableau 1). Les combinaisons BA-AIB sont les plus performantes sur l'induction du bourgeonnement axillaire et la multiplication des tiges. Le milieu MP3 (6,65 µM de BA et 2,46 µM d'AIB) est optimal pour *J. curcas*. Il permet la régénération de  $42,7 \pm 3,2$  et  $38,2 \pm 4,7$  tiges/explants, respectivement pour l'accession camerounaise et sénégalaise après 6 semaines.

Quant à l'association kinétine-AIB, le maximum de tiges formées par explant durant cette même période est seulement de  $8,4 \pm 0,9$  (accession camerounaise) et  $7,7 \pm 1,1$  (accession sénégalaise), sur MP7 (6,65 µM de kinétine et 2,46 µM d'AIB).

Le taux de multiplication, qui représente le nombre de tiges par explant et par subculture après trois semaines, est significativement différent entre les

combinaisons de régulateurs de croissance (P-valeur=0,000). Le tableau 2 reprend l'ensemble des résultats obtenus sur les trois meilleurs milieux après 7 subcultures. Les taux de multiplication moyens les plus élevés sont obtenus sur le milieu MP3 contenant 6,65 µM de BA. Ces taux sont respectivement de  $8,27 \pm 0,36$  tiges/explant/subculture pour l'accession camerounaise et  $7,92 \pm 0,39$  tiges/explant/subculture pour l'accession sénégalaise. Ce taux n'est que de  $2,71 \pm 0,18$  tiges/explant/subculture (accession camerounaise) et  $2,73 \pm 0,21$  tiges/explant/subculture (accession sénégalaise) sur le milieu MP7 qui contient la même concentration de kinétine.

L'interaction est hautement significative (P-valeur=0,000) entre les milieux de prolifération et les accessions de *Jatropha curcas* mises en culture pour la longueur des tiges. Les milieux contenant la BA permettent le meilleur allongement des tiges. L'accession sénégalaise croît plus vigoureusement, avec une taille moyenne de  $1,56 \pm 0,11$  cm contre  $1,11 \pm 0,09$  cm par subculture pour l'accession camerounaise, sur MS supplémenté avec 8,9 µM de BA. Avec la même concentration de kinétine on obtient des tiges longues de  $1,22 \pm 0,08$  cm pour l'accession sénégalaise et  $1,16 \pm 0,07$  cm pour la camerounaise. On observe également pour tous les milieux comparés la formation d'un cal de couleur verdâtre à la base

Tableau 1

Nombre de tiges obtenues à partir d'un nœud non lignifié de *J. curcas*, après six semaines de culture sur le milieu de prolifération (MP) en fonction des différentes combinaisons de cytokines avec 2,46 µM d'AIB sur MS complété avec 33,12 µM de sulfate d'adénine; 82,92 µM de glutamine et 30 g/l de saccharose

	BA (µM)	AIB (µM)	KIN (µM)	Nombre de tiges/explant et par accession		Longueur de tige par accession (en cm)	
				camerounaise	sénégalaise	camerounaise	sénégalaise
MP1	2,21	2,46		$2,05 \pm 0,26a$	$1,89 \pm 0,28a$	$0,91 \pm 0,10a$	$1,50 \pm 0,15e$
MP2	4,43	2,46		$4,56 \pm 0,68a$	$3,94 \pm 0,46a$	$1,28 \pm 0,12c$	$1,26 \pm 0,12cde$
MP3	6,65	2,46		$42,72 \pm 3,22c$	$38,15 \pm 4,7d$	$1,33 \pm 0,12ce$	$1,26 \pm 0,12cd$
MP4	8,90	2,46		$18,51 \pm 2,45b$	$15,95 \pm 1,25b$	$1,11 \pm 0,09b$	$1,56 \pm 0,11e$
MP5		2,46	2,21	$1,69 \pm 0,44a$	$1,28 \pm 0,26a$	$0,53 \pm 0,02a$	$0,57 \pm 0,03a$
MP6		2,46	4,43	$5,84 \pm 0,52a$	$5,33 \pm 0,46a$	$0,66 \pm 0,06 a$	$0,74 \pm 0,06a$
MP7		2,46	6,65	$7,74 \pm 1,08 a$	$8,35 \pm 0,89 a$	$0,56 \pm 0,05 a$	$1,27 \pm 0,07cde$
MP8		2,46	8,90	$4,00 \pm 0,65a$	$3,38 \pm 0,54a$	$1,22 \pm 0,08c$	$1,16 \pm 0,07bd$

Données représentées par la moyenne  $\pm$  SE sur trois répétitions avec 15 explants par répétition. Les moyennes des colonnes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes, Test de Duncan ( $\alpha=0,05$ ).

**Tableau 2**  
**Évolution du taux de multiplication sur les trois meilleurs milieux de prolifération, des accessions de *J. curcas* d'origine camerounaise et sénégalaise, au cours des 7 premières subcultures réalisées toutes les trois semaines**

Milieu	Accession	S1	S2	S3	S4	S5	S5	S6	S7	Moy
MP3	Accession camerounaise	7,7	8,2	8,9	9	8,1	8,6	8,3	8	8,4
	Accession sénégalaise	7,6	7,6	8,6	8,1	8,1	7,9	7,4	7,7	7,9
MP4	Accession camerounaise	4,3	4	4	5	6,2	5,2	4,9	5,1	4,8
	Accession sénégalaise	3,9	4,1	4,8	4,4	4,6	4,3	4,9	5	4,5
MP7	Accession camerounaise	2,4	2,7	3	2,7	3	2,7	2,6	2,6	2,7

Données représentées par la moyenne du taux de multiplication (nombre tige/explant/subculture/3semaines) sur trois répétitions avec 15 explants par répétition.

S: Subculture Moy: taux de multiplication moyen des sept premières subcultures.

des tiges feuillées. Cette production de cal est plus abondante sur les milieux contenant la BA que sur ceux contenant la kinétine.

L'ensemble des tiges feuillées transférées sur le milieu d'enracinement produit des racines après 3 à 4 semaines (Figure 1d). Les plantules enracinées ont pu être acclimatées avec un pourcentage de survie de 97% (Figure 1e).

## Discussion

Le débourrement de l'ensemble des nœuds mis en culture s'est réalisé après 5 jours. Sujatha et Mukta (15) ont également obtenu un bourgeonnement axillaire, cinq jours après la mise en culture d'une variété de *Jatropha intergerrima* Jacq. originaire de l'Uthar Pradesh (Inde). Les travaux réalisés par Purkayastha (11) sur la multiplication *in vitro* de *J. curcas* à partir des apex ont montré que la régénération à partir de ce type d'explants était induite après 7 jours.

Les phénols produits au niveau des surfaces de coupe sont oxydés par la polyphénol oxydase (PPO), une enzyme nucléaire contenant du cuivre et largement distribuée dans les espèces végétales (7, 10). Ces composés phénoliques oxydés et transformés en quinones hautement toxiques, qui entraînent le brunissement des explants, peuvent être à l'origine des nécroses, voire de l'intoxication du matériel végétal mis en culture. Ils inhibent l'activité enzymatique et affectent négativement l'organogénèse des explants (5, 10). Dans notre étude, l'ensemble des bourgeons obtenus s'est développé en tiges feuillées après trois semaines, sans présenter de nécroses, ni de brunissement des feuilles. L'absence d'auto-intoxication des explants par les polyphénols oxydases serait certainement liée au fait que le prélèvement des nœuds soit effectué sur des pieds-mères très jeunes, qui ne synthétisent que peu de composés phénoliques.

Le nombre de tiges régénérées au bout de 6 semaines est nettement supérieur comparativement à celui obtenu par d'autres auteurs. Datta *et al.* (1) ont régénéré  $30,8 \pm 5,5$  tiges/explants après 6 semaines sur leur milieu optimal, MS additionné à  $2,3 \mu\text{M}$  de

kinétine ;  $0,5 \mu\text{M}$  d'AIB et  $27,8 \mu\text{M}$  de sulfate d'adénine. Les travaux menés par Sujatha *et al.* (15), ont permis d'obtenir de  $10,0 \pm 4,2$  à  $12,3 \pm 1,7$  tiges par explant sur la même période, avec des nœuds initialement cultivés sur MS contenant  $4,5 \mu\text{M}$  de TDZ et repiqués sur MS supplémenté de  $4,9 \mu\text{M}$  d'IBA et  $8,9 \mu\text{M}$  de BA. En considérant les données de l'accession camerounaise et comparativement aux travaux des deux équipes citées ci-dessus, nous obtenons une augmentation de 38,7% et 32,7% du nombre de tiges formées après 6 semaines par rapport aux résultats respectifs de la première et de la deuxième équipe.

La présence de la BA semble favoriser la multiplication des tiges chez *J. curcas*, ce qui confirme les résultats de Ripley et Preece (13). Ces derniers ont démontré que, parmi les cytokines, la BA joue un rôle important dans l'initiation du bourgeonnement adventif et la prolifération de plusieurs plantes de la famille des Euphorbiacées. Les concentrations élevées de cytokines dans le milieu de prolifération entraînent une baisse du nombre de tiges formées. Par régénération à partir des explants foliaires, Khurana-Kaul *et al.* (6) ont observé une décroissance du nombre de tiges formées sur MS à partir de  $13,33 \mu\text{M}$  de BAP et  $13,63 \mu\text{M}$  de TDZ.

Bien que le taux de multiplication ne soit pas significativement différent entre les deux accessions mises en culture dans chaque milieu pris individuellement, la capacité des explants à régénérer des plantes entières serait liée à leur teneur *in vivo* en cytokinines et auxines endogènes. La variabilité de réponses aux différentes cytokinines serait due aux différences chimiques et structurelles qui existent chez les génotypes testés (5, 15). L'augmentation du taux de multiplication moyen à plus de 8 tiges/explant/subculture de trois semaines résulterait de l'action combinée des phytohormones et des suppléments présents dans le milieu à savoir le sulfate d'adénine et la glutamine. Le sulfate d'adénine joue un rôle important dans l'organogénèse. En synergie avec la BA, il stimule la croissance des cellules et favorise la formation des tiges (12). La glutamine, quant à elle, contribue à l'augmentation du nombre de tiges tout en

contrôlant la formation et la chute des feuilles (12, 14). La taille des tiges semble augmenter proportionnellement avec la croissance de la concentration de cytokinine dans le milieu contenant la BA. Singh *et al.* (14) ont souligné le rôle important joué par la BA en combinaison avec les auxines dans l'élongation de *J. curcas*. La production abondante de cals dans les milieux contenant la BA corrobore les résultats obtenus par Sujatha *et al.* (15) qui ont montré que la présence de BA dans un milieu de culture entraîne la formation de cals chez *J. curcas*. Datta *et al.* (1) ont aussi rapporté la formation de cals à la base des tiges feuillées obtenues à partir des explants d'hypocotyle, de pétioles et de feuilles de *J. curcas* sur MS supplémenté avec la BA et l'AIB. Cette production de cals, qui doit être évitée dans le cadre

d'une multiplication de type conforme, n'a toutefois pas donné lieu à la régénération de tiges.

## Conclusion

L'étude a permis d'améliorer sensiblement le coefficient de prolifération *in vitro* de *J. curcas*. Le meilleur taux, qui s'élève à  $8,3 \pm 0,4$  tiges/explant au cours des 7 premières subcultures de 3 semaines, a été obtenu sur MS contenant  $6,65 \mu\text{M}$  de BA et  $2,46 \mu\text{M}$  d'AIB, supplémenté de  $33,12 \mu\text{M}$  de sulfate d'adénine;  $82,92 \mu\text{M}$  de glutamine, 3% de saccharose et solidifié avec de l'agar à 0,7%. Les plantules obtenues ont pu être enracinées et acclimatées. Les plantes produites sont morphologiquement homogènes et ne présentent pas d'anomalies visuelles.

## Références bibliographiques

- Datta M.M., Priyanka M., Biswajit G. & Timir Baran J., 2007, *In vitro* clonal propagation of biodiesel plant (*Jatropha curcas* L.). *Current Science*, **93**, 10, 1438-1442.
- Heller J., 1996, *Physic Nut. Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. IPGRI, Rome, 66 p.
- Jayasingh M., 2004, The use of biodiesel by the Indian railways pp. 31-33. In: N.G. Hegde, J.N. Daniel & S. Dhar (editors), *Jatropha and other perennial oilseed crops*, BAIF Development Research Foundation, Pune.
- Jha T.B., Mukherjee P. & Datta M.M., 2007, Somatic embryogenesis in *Jatropha curcas* Linn., an important biofuel plant. *Plant Biotechnology Reports*, **1**, 3, 135-140.
- Kim J.Y., Seo S.Y., Kim S.K., Sung S.K., Song K.J., An G. & Kim W.T., 2001, Two polyphenol oxydase are differentially expressed during vegetative and reproductive development and in response to wounding in the Fuji apple. *Plant Sci.* **161**, 1145-1152.
- Khurana-Kaul V., Kachhwaha S. & Othari S.L., 2010, Direct shoot regeneration from leaf explants of *Jatropha curcas* in response to Thidiazuron and high copper contents in the medium. *Biologia Plantarum*, **54**, 2, 369-372.
- Lobreaux S., Thoiron S. & Briat J.F., 1995, Induction of ferritin synthesis in maize leaves by an iron-mediated oxidative stress. *Plant J.* **8**, 443-448.
- Murashige T. & Skoog F., 1962, A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiol. Plant*, **15**, 173-497.
- Nyamai D.O., Omuodo L.O., Esilaba A.O., Aucha J.A., Obonyo C., Otieno G., Kathuku A.N., Olang H. & Adhiambo C., 2007, *Jatropha curcas* - the untapped potential in Eastern and Central Africa: production and utilization manual. World Agroforestry Centre: Nairobi, 58 p.
- Ozyigit I.I., Kahraman M.V. & Ercan O., 2007, Relation between explants age, total phenols and regeneration response of tissue cultured cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Afr. J. Biotechnol.* **6**, 1, 3-8.
- Purkayastha J., Pugla T., Paul A., Solleti S.K., Mazumdar P., Basu A., Mohommad A., Ahmed Z. & Sahoo L., 2010, Efficient *in vitro* plant regeneration from shoot apices and gene transfer by particle bombardment in *Jatropha curcas*. *Biologia Plantarum*, **54**, 1, 13-20.
- Raha S. & Roy S.C., 2001, *In vitro* plant regeneration in *Holarrhena antidysenterica* Wall., through high frequency axillary shoot proliferation. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant.* **37**, 232-236.
- Ripley K.P. & Preece J.E., 1986, Micropropagation of *Euphorbia lathyris* L. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* **5**, 213-218.
- Singh R.A., Reddy M.P., Chikara J. & Singh S., 2010, A simple regeneration protocol from stem explants of *Jatropha curcas* - A biodiesel plant. *Industrial Crops and Products*, **31**, 209-213.
- Sujatha M., Makkar H.P.S. & Becker K., 2005, Shoot bud proliferation from axillary nodes and leaf sections of non-toxic *Jatropha curcas* L. *Plant Growth Regulation*, **47**, 83-90.
- Sujatha M. & Mukta N., 1996, Morphogenesis and plant regeneration from tissue culture of *Jatropha curcas*. *Plant Cell, Tissue Organ Cult.* **44**, 135-141.

S.D. Medza Mve, Gabonais, Doctorant, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité de Phytotechnie Tropicale et Horticulture, 2, Passage des Déportés, BE-5030 Gembloux, Belgique. Email: [medzamve@yahoo.fr](mailto:medzamve@yahoo.fr) Téléphone 0032493761809 / 003281622410

G. Mergeai, Belge, Professeur, ULg, GxABT, Unité de Phytotechnie Tropicale et Horticulture, 2, Passage des Déportés, BE-5030 Gembloux, Belgique.

J.-P. Baudoin, Belge, Professeur, ULg, GXABT, Unité de Phytotechnie Tropicale et Horticulture, 2, Passage des Déportés, BE-5030 Gembloux, Belgique.

A. Toussaint, Belge, Professeur, ULg, GxABT, Unité de Phytotechnie Tropicale et Horticulture, 2, Passage des Déportés, BE-5030 Gembloux, Belgique.

# Brucellosis and Tuberculosis in Arsi-Negele District, Ethiopia: Prevalence in Ruminants and People's Behaviour towards Zoonoses

K. Amenu<sup>1</sup>, E. Thys<sup>2</sup>, A. Regassa<sup>1</sup> & T. Marcotty<sup>2,3</sup>

Keywords: Zoonoses- Awareness- Livestock- Tuberculosis- Brucellosis- Ethiopia

## Summary

A study was carried out in Arsi-Negele District of Southern Ethiopia to estimate the prevalence of brucellosis and bovine tuberculosis in livestock and to identify risk behaviours that would facilitate the transmission of zoonoses to humans. The study involved testing some 400 cattle, 200 sheep and 170 goats for tuberculosis and brucellosis and interviewing 98 livestock keepers. Single comparative intradermal tuberculin test and Rose Bengal plate test were used for the diagnosis of tuberculosis and brucellosis, respectively. Tuberculosis was recorded in 27 cattle, 1 goat and 1 sheep. In cattle, the estimated individual-level and herd-level tuberculosis prevalence was 5.9% and 35%, respectively. The individual-level and herd-level brucellosis prevalence in cattle was 2.6% and 12%, respectively. The questionnaire survey showed that most respondents had no accurate knowledge about the transmission of zoonoses. It was also found that some of their behaviours would potentially facilitate the transmission of zoonotic pathogens to human, such as raw animal product consumption and backyard slaughtering. Even though the prevalence of the two diseases was relatively low, surveillance and prevention may be warranted taking into account possible animal genetic improvement programs, unrestricted animal movement in the area and low awareness of the community about zoonoses, which might result in an increased transmission to humans.

## Résumé

**La brucellose et la tuberculose dans le district d'Arsi Negele en Ethiopie: prévalence chez les ruminants et comportement des personnes envers les zoonoses**

Une étude a été réalisée dans le district d'Arsi Negele en Ethiopie pour estimer la prévalence de la brucellose et de la tuberculose bovine chez le bétail et identifier les comportements à risque susceptibles de faciliter la transmission des zoonoses à l'homme. Quatre cents bovins, 200 moutons et 170 chèvres ont été testés et 98 éleveurs interviewés. Le test comparatif intradermique simple pour la tuberculose a été positif chez 27 bovins, une chèvre et un mouton. Chez les bovins, la prévalence de la tuberculose au niveau individuel et du troupeau était respectivement de 5,9% et de 35%. Pour la brucellose (test au Rose Bengal) ces valeurs étaient respectivement de 2,6% et 12%. La plupart des répondants n'avaient aucune connaissance précise de la transmission des zoonoses. Certains de leurs comportements, tels que la consommation de produits animaux crus et l'abattage des animaux dans l'arrière-cour, seraient propres à faciliter la transmission d'agents pathogènes zoonotiques à l'homme. Même si la prévalence des deux maladies était relativement faible, la surveillance et la prévention peut se justifier compte tenu d'éventuels programmes d'amélioration génétique, des mouvements incontrôlés des animaux dans la région et de la faible sensibilisation de la communauté aux zoonoses, qui pourraient aboutir à une transmission accrue à l'homme.

## Introduction

Bovine tuberculosis is an infectious disease caused by *Mycobacterium bovis* and characterized by progressive development of specific granulomatous lesions or tubercles in lung tissue, lymph nodes or other organs. Cattle are considered to be the primary hosts but the pathogen has a wide host range affecting many domestic and wild species, including man (13). Bovine tuberculosis has a negative impact on livestock production in developing countries through reduced production efficiency, carcass or organ

condemnation and restriction of international trade (14). It has implications not only for the economy of the livestock farming communities but also for human health (9). In the absence of efficient control systems, an unknown but probably significant proportion of human tuberculosis cases are attributable to *M. bovis* (5).

Brucellosis is another infectious bacterial disease caused by members of the genus *Brucella*. Brucelloses caused by *Brucella melitensis* and *Brucella abortus*

<sup>1</sup>Department of Veterinary Medicine, Hawassa University, P.O. Box 5, Hawassa, Ethiopia.

<sup>2</sup>Department of Animal Health, Institute of Tropical Medicine, Nationalestraat 155, B-2000, Antwerp, Belgium.

<sup>3</sup>Department of Tropical Veterinary Diseases, Veterinary Faculty, University of Pretoria, South-Africa.

\* Corresponding author: Tel: +251-46-220-0230; Fax: +251-46-220-6517 e-mail: [k.amenu@yahoo.com](mailto:k.amenu@yahoo.com)

Received on 06.05.10 and accepted for publication on 05.10.10.

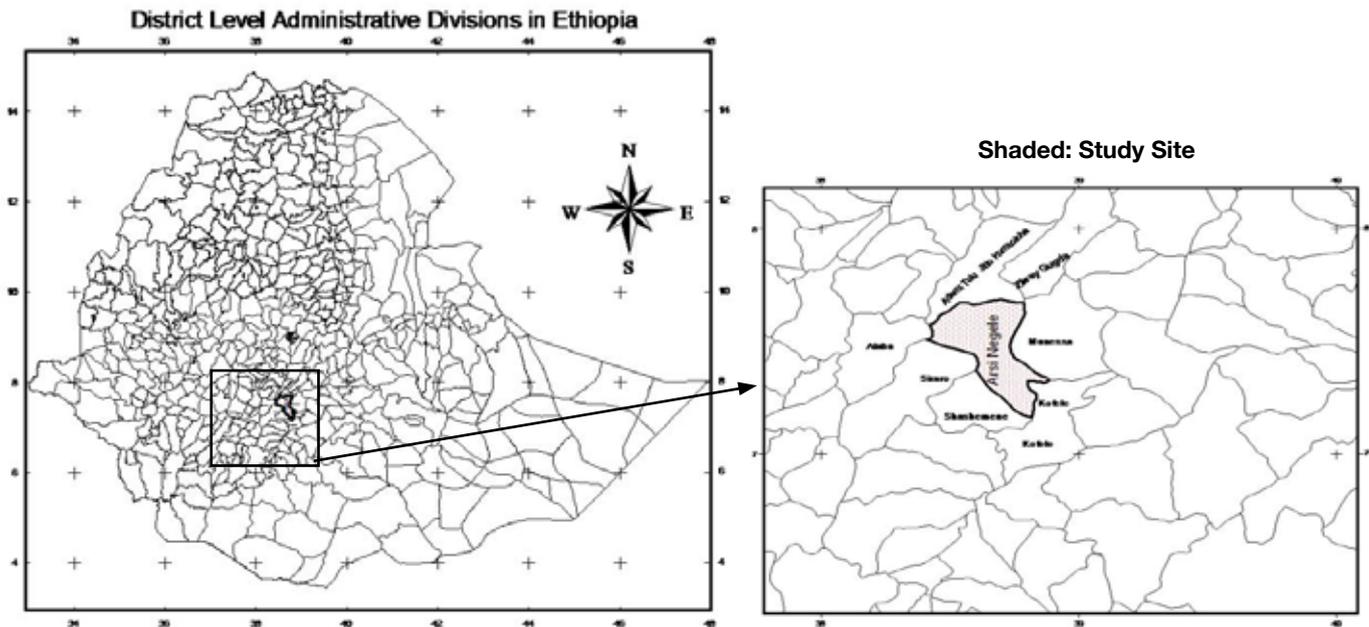


Figure 1: Map of the study area.

belong to the world's major zoonoses (15), causing great economic losses in the ruminant production systems and representing a serious health issue for the farming community. In livestock, they cause abortion, late first calving age, long calving interval time, low herd fertility and comparatively low milk production (3). Carpal hygroma is also a common clinical manifestation in cattle (15). Brucellosis is a true zoonosis in that all human cases are acquired from animals and, more specifically, from domestic ruminants as far as *B. abortus* and *B. melitensis* are concerned.

In rural parts of Ethiopia, people are mainly dependent on animals and their relationship with them is very close. Moreover, people often consume raw animal products (2). This may predispose them to zoonotic diseases such as *Mycobacterium bovis* and *Brucella* infections.

Under Ethiopian context, livestock of different species usually share pastures and dwellings. This may play a role in maintenance and transmission of endemic diseases such as tuberculosis and brucellosis.

The control of brucellosis and bovine tuberculosis in rural sub-Saharan Africa should be based on the burden of the diseases on animal production and on the actual zoonotic risk caused by these diseases (8). The zoonotic risk should ideally be measured in humans. Yet, random selection of human samples and access to biological material is often restricted by ethical and practical considerations. Alternatively, the risk of zoonotic transmission of bovine tuberculosis and brucellosis to people could be evaluated through comprehensive assessments of the pathogen occurrence in livestock and risk behaviours performed by the communities (5). Therefore, the present study was conducted to estimate, in the study area, the prevalence of tuberculosis and brucellosis in cattle,

goats and sheep and to evaluate the occurrence of the main risk behaviours related to the transmission of zoonotic diseases.

## Material and methods

### Study area and animal husbandry system

The study was carried out in Arsi-Negele District, Oromia Regional State (Figure 1), end of 2007. The eponymic district capital is located at 7°21'N latitude and 38°42'E longitude. Agricultural production system is of mixed crop and livestock production. Dairy farming using improved breeds is a common practice in urban and peri-urban areas. In rural areas, mainly local breeds are found, grazing on communal land. The area was selected on the basis of livestock production potential and the presence of different livestock species and breeds. The selected area represents typical crop-livestock production system of the Rift Valley area of Ethiopia. The minimum and maximum annual temperatures are 10° and 25 °C, respectively. Generally, the climate of the area is divided into subhumid (32%), semi-arid (42%) and arid (26%) zones with an average annual rainfall ranging from 500 mm to 1150 mm.

### Sampling scheme and diagnosis

Arsi-Negele district includes one town and 43 villages. The selection of animals was based on a stratified sampling method. Urban and rural environments were considered as strata. The town and six villages were selected and 98 households were randomly selected among them. In each household, all ruminants more than 6 months old were recruited. A total of 425 cattle, 170 goats and 203 sheep were tested for tuberculosis. Assuming a prevalence of 10% in cattle, 384 animals would be required to estimate the prevalence with a precision of 3% ( $\alpha = 5\%$ ). The prevalence in

small ruminants was expected to be low. At least 149 animals must be tested to detect at least one positive if the prevalence is 2% ( $\alpha=5\%$ ) (17). Information pertaining to individual animals such as age, sex and breed was recorded. Body condition scoring was made based guideline described by Nicholson and Butterworth (11) and latter aggregated into three groups (good, medium and poor). The single comparative intradermal tuberculin (SCIT) test was used for the diagnosis of tuberculosis (12). In cattle, two sites 12 cm apart on the mid-neck were used for purified protein derivative (PPD) injection. Aliquots of 0.1 ml of 20,000 IU/ml bovine purified protein derivative (PPD) (Bovituber; Rhône Mérieux, France) and 0.1 ml of 25,000 IU/ml avian PPD (Avituber; Rhône, Mérieux) was injected into the dermis of the sites. In small ruminants, the PPD was injected on the left and right neck due to space limitation. For brucellosis, the same animals were sampled, with the exception of 17 cattle in which blood collection failed. Rose Bengal Plate (RBP) test (Institute Pourquir, rue de la Galera 34097 Montpellier, France) was used, to detect *Brucella* spp. specific antibodies (12).

### Questionnaire

Verbal consent was obtained from the respondents and the objective of the survey explained to them before start of the interview. The interviews were conducted by two of the authors (KA & AR) in local languages (Oromo or Amharic). The questionnaire focused on demographic characteristic of the interviewee, animal feeding and housing practices, knowledge about zoonotic diseases, habit of animal product consumption and handling, and dead-animal/aborted foeti disposal practices. In total, 98 persons (46 from urban or peri-urban and 52 from rural areas), from which their animals tested for brucellosis and tuberculosis, were interviewed.

### Data analysis

Infection prevalence data were analysed in a complex survey data model in Stata 10 (16) using area (rural or urban) as strata, villages and households as primary

and secondary sampling units, respectively. The data was given a weight corresponding to the inverted products of the sampling fractions at each stage. The proportions of positive SCIT and RBP tests were analysed in multivariate logistic regression models, using the area type (rural or urban), breed, sex, age class and the body condition (for SCIT only) of the animals as discrete explanatory variables. Doubtful SCIT test results were considered negative for the statistical analysis. Three age classes ( $\leq 5$ , 5-10, >10) and 3 body condition score classes (good, medium, poor) were considered. The herd prevalences were analysed in similar models. Positive herds were those herds with at least one positive animal. Here, only the area type was tested as explanatory variable.

## Results

### Results of tuberculosis and brucellosis test

Positive skin reaction to bovine PPD was recorded in 27 cattle, 1 goat and 1 sheep (Table 1).

The sheep had a skin thickness of 14 mm three days following bovine PPD inoculation while the skin thickness before injection was 2 mm and the avian PPD only caused a skin thickness of 4 mm. The animal was a 1 year old female living in an urban area. For the 2.5 year old male positive goat, bovine PPD caused an increased thickness from 3 to 8 mm whereas avian PPD only caused an increase from 3 to 4 mm. In cattle, most skin swellings were mild, with the largest increase of 13 mm after injecting bovine PPD. A large number of inconclusive tests were recorded. The statistical analysis of positive bovine PPD reactions in cattle gave an estimated prevalence of 6.7% (95% CI: 4.4 – 10.1%) in town and 5.8% (95% CI: 3.6% - 9.4%) in rural areas, without statistically significant differences between them. No significant difference was found in bovine PPD reactivity of cattle of different age, sex, breed and body condition). The overall individual cattle level tuberculosis prevalence in Arsi-Negele was estimated to be 5.9% (95% CI: 3.7- 9.3%) whereas the herd prevalence was 35% (95% CI: 20 – 55%).

**Table 1**  
Tuberculin reactivity of cattle, sheep and goats in Arsi-Negele District, Ethiopia

Species	Number tested	Number of positive results		Number of doubtful results*	
		<i>Mycobacterium bovis</i> **	Environmental Mycobacteria***	<i>Mycobacterium bovis</i> **	Environmental Mycobacteria***
Cattle	425	27	21	33	12
Goat	170	1	1	2	3
Sheep	203	1	1	1	1
Total	798	29	23	36	16

\* Not inclusive of positive results

\*\*Results are positive or doubtful if the skin thickness difference is at least 4 or 2 mm, respectively, more pronounced with bovine PPD than with Avian PPD [(B2-B1)-(A2-A1)  $\geq$  4 or 2 mm]

\*\*\* Results are positive or doubtful if the skin thickness difference caused by avian PPD is at least 4 or 2 mm, respectively, while the result is negative for *Mycobacterium bovis* [(A2-A1)  $\geq$  4 or 2 mm] & [(B2-B1)-(A2-A1) < 2 mm]

**Table 2**  
**Socio-demographic characteristics of respondents involved in the survey on zoonotic disease awareness in Arsi-Negele District, Ethiopia**

Variables	Category	Frequency	Percent
Gender	female	40	40.8
	male	58	59.2
Age group (years)	≤18	3	3.1
	19-30	38	38.8
	31-45	33	33.7
	≥46	24	24.5
Occupation	farmer	42	42.9
	housewife	35	35.7
	mechanic	1	1.0
	merchant	8	8.2
	retired	3	3.0
	student	9	9.2
Ethnicity	Amhara	17	17.4
	Gurage	3	3.1
	Kembata	11	11.2
	Oromo	66	67.3
	Tigre	1	1.0
Religion	Christian	55	56.1
	Muslim	43	43.9
Educational level	no formal education	38	38.8
	primary school	47	47.9
	secondary school	13	13.3

RBP test positivity was detected in 9 cattle, 1 sheep and 1 goat. All positive animals were between 4 and 13 years old. The positive sheep was a 2 year old female living in town whereas the positive goat was a two year old male living in rural area. The estimated *Brucella* spp. seroprevalence in cattle was 2.6% (95% CI: 0.8 – 7.4%). No effect of areas, breed or age could be detected. Sex had a statistically borderline effect ( $p=0.03$ ) with males being more infected than females.

The estimated herd prevalence was 12% (95% CI: 4 – 32%), without statistical differences between rural and urban areas.

### Results of questionnaire survey

Table 2 depicts the socio-demographic characteristics of the respondents. Many respondents (80/98=81.6%) agreed with the idea that some diseases can be transmitted from animals to humans.

A relatively high proportion of the respondents acquired the knowledge about zoonotic diseases from elders (34.7%) and from their personal observation (32.7%). A large proportion of respondents (96.3%) indicated meat as a vehicle for disease transmission to humans. Only a few people responded that zoonotic pathogens could be acquired through direct contact and inhalation (Table 3).

About one-third of the respondents cook meat and boil milk to minimize disease transmission. About three-quarters of the interviewed household members in the study population reported practicing at least one activity considered at risk for transmission of zoonotic diseases. These activities were mainly related to handling animals and their products (milking, slaughtering, skinning and chopping meat) and consumption of raw animal products (Table 4). Participants were asked about their practice of slaughtering sick animal at verge of death and consuming its meat. Most respondents (83.7%) claim not to consume meat from sick animals, mainly for fear of disease transmission (72.5%).

Nine persons reported death of family members associated with disease which they thought to be zoonotic. Upon further investigation, six persons mentioned anthrax, two rabies and one *maagaa-*

**Table 3**  
**Awareness about zoonoses transmission among the respondents who know that diseases are transmissible from animals to humans (n= 80)**

Variable	Source of information	n	%
Source of knowledge*	health professionals	12	12.2
	elders	34	34.7
	mass media (radio/television)	3	3.1
	veterinarians	6	6.1
	formal education	15	15.3
	own personal observation	32	32.7
Received health education about zoonoses		10	11.1
Aware of transmission through meat consumption		77	96.3
Aware of transmission while slaughtering (contact)		57	71.3
Aware of transmission through milk consumption		41	51.3
Aware of transmission via inhalation from sick animals		12	15
Aware of transmission with direct contact with sick animals		5	6.3

\*The percentage does not sum to 100% because all responses are not shown.

**Table 4**  
**Animal products handling and consumption habits (n= 98)**

Variable	Category	n	%
Meat consumption habit	cooked	41	41.8
	as available (raw or cooked)	57	58.2
Reason of cooking	fear of disease transmission	33	33.7
	custom (culture)	32	32.6
	to increase palatability	24	24.5
	dislike (psychological)	5	5.1
	no reason	4	4.1
Source of meat for home consumption*	butchery	15	15.3
	slaughtered at home	58	59.2
	backyard slaughtering ( <i>qircha</i> )**	93	94.9
Slaughter of cattle for home consumption		23	23.5
Slaughter of sheep/goat for home consumption		77	78.6
Slaughtering and skinning of cattle by him/herself		21	21.4
Slaughtering and skinning of sheep by him/herself		55	56.1
Slaughtering and skinning of goats by him/herself		60	61.2
Milk consumption habit*	boiled	42	42.9
	fresh raw	56	57.1
	sour without heat treatment	91	92.9
Reason for boiling milk*	fear of disease transmission	27	64.3
	custom (culture)	15	35.7
	dislike (psychological)	7	16.7
	to increase palatability	2	4.8
	no reason	2	4.8

\*The percentage does not sum to 100% because of multiple response of the informants.

\*\**Qircha*<sup>3</sup> is a backyard slaughtering practiced by a group of people who share the meat.

*faradaa* (literally meaning 'ascaris of horse').

Specific factors associated with transmission of tuberculosis and brucellosis were assessed. Out of 98 respondents, 16 reported that they had observed a sick and emaciated animal for long time in their herds. Twelve of them had noticed an animal with chronic cough and only one identified long lasting cough as a cause of death. History of abortion during the last one year in cattle herd was reported by 18 persons. Seven of them leave the aborted materials where they find them and eleven of them give them to dogs.

## Discussion

Brucellosis serology in this study revealed low infection prevalence in livestock in Arsi-Negele, compared to some of the previous reports in extensive livestock husbandry systems in sub-Saharan Africa (7, 10). Given the low *Brucella* spp. seroprevalence in goats, it is unlikely that *Brucella melitensis* is present at all in the area: the positive result should be regarded as either a false positive or as a *Brucella abortus* infection. The prevalence of tuberculosis in cattle is also low compared to other areas in Ethiopia (1, 2). The tuberculosis prevalence is extremely low in small ruminants, which confirms that small ruminants are unlikely to play any role in the epidemiology of zoonotic tuberculosis.

In cattle, the SCIT test results indicate that bovine tuberculosis is present and well distributed in the area. However, an important proportion of the cattle seem to be free of *Mycobacterium bovis*, despite the absence of control measures. In addition, the infected animals do not seem to suffer much from the infection since their body condition is not affected. Therefore, infected animals are unlikely to excrete much pathogen, compared to clinical tuberculosis cases, bringing the transmission by the aerial, digestive and milk routes to a low level. The reasons why infections are low in cattle of the study area could be related to the breed (local and cross breeds are more resistant than performing breeds) (1) or to the obstacles of transmission among animals (9). In Arsi-Negele District, animals are usually kept in free range, in a mostly dry or warm environment, unfavourable to the survival of the mycobacteria (4). Close contact only occurs at night, when animals are brought together but, even then, animals stay outside, in well ventilated conditions. Finally, herds are small, which results in relatively little contacts between animals (4).

Despite the RBP test might lack sensitivity (6), the results should be indicative enough to evaluate the occurrence of *B. abortus* in cattle. Positive animals were not clustered, except for 3 animals which

belonged to the same herd. In the absence of vaccination, the epidemiological situation reflects a very low circulation of *Brucella* spp. in the study area. Lack of transmission could be explained again by the type of livestock and by the livestock husbandry that is practiced in the area. The fact that aborted material is usually left in the field is not associated to high brucellosis prevalence in cattle. A tentative explanation is that the environment is likely inappropriate for the survival of *Brucella* spp., given the hot and relatively arid conditions of the area.

The questionnaire survey has provided information regarding the knowledge and practices of livestock keepers about zoonotic diseases in Southern Ethiopia. Though the communities seemed to be aware of the risk of anthrax transmission to humans, a high number of respondents had no detailed and accurate knowledge about zoonotic tuberculosis and brucellosis. This low awareness is a limiting factor if control strategies are to be implemented. Experience is their main source of knowledge. This may indicate paucity in health education rendered to the community. The most important practices potentially supporting transmission of zoonotic diseases in the study area were backyard slaughtering of animals

and consumption of raw animal products. Aborted fetuses, though rarely destroyed, are unlikely to play any role on human brucellosis since they are seldom handled by people.

Even though the prevalence of zoonotic tuberculosis and brucellosis was relatively low, surveillance and prevention may be warranted taking into account possible animal genetic improvement programs, unrestricted animal movement in the area and low awareness of the community about zoonoses, which might result in an increased transmission to humans.

### Acknowledgments

The Belgian Directorate-General for Development Cooperation (DGCD) is acknowledged for funding this study in the framework of the project: Development of a framework for the improved control of zoonoses in developing countries – 97402 (Institute of Tropical Medicine, Antwerp). The Office of Associate Vice President for Research, Extension and Publication (AVP-REP) of Hawassa University is thanked for facilitating the implementation of the research project and providing vehicle. The Aklilu Lemma Institute of Pathobiology, Addis Ababa University, is acknowledged for technical support.

### Literature

1. Ameni G., Aseffa A., Engers H., Young D., Gordon S., Hewinson G. & Vordermeier, M., 2007, High prevalence and increased severity of pathology of bovine tuberculosis in Holsteins compared to zebu breeds under field cattle husbandry in central Ethiopia. *Clin. Vaccine Immunol.* 14, 1356-1361.
2. Ameni G. & Erkihun A., 2007, Bovine tuberculosis on small-scale dairy farms in Adama Town, central Ethiopia, and farmer awareness of the disease. *Rev. Sci. Tech.* 26, 711-719.
3. Asfaw Y., Molla B., Zessin K.H. & Tegegne A., 1998, A cross-sectional study on bovine brucellosis and test performance in intra and peri-urban dairy production system in and around Addis Ababa. *Bull. Anim. Hlth. Prod. Afr.* 46, 217-224.
4. Cleaveland S., Shaw D.J., Mfinanga S.G., Shirima G., Kazwala R.R., Eblate E. & Sharp M. 2007, *Mycobacterium bovis* in rural Tanzania: risk factors for infection in human and cattle populations. *Tuberculosis*, 87, 30-43.
5. Etter E., Donado P., Jori F., Caron A., Goutard F. & Roger F., 2006, Risk analysis and bovine tuberculosis, a re-emerging zoonosis. *Ann NY Acad Sci.* 1081, 61-73.
6. Gall D. & Nielsen K., 2004, Serological diagnosis of bovine brucellosis: A review of test performance and cost comparison. *Rev. Sci. Tech.* 23, 989-1002.
7. Kubuafor D.K., Awumbila B. & Akanmori B.D., 2000, Seroprevalence of brucellosis in cattle and humans in the Akwapim-South district of Ghana: public health implications. *Acta Trop.* 76, 45-48.
8. Marcotty T., Matthys F., Godfroid J. *et al.*, 2009, Zoonotic tuberculosis and brucellosis in Africa: neglected zoonoses or minor public-health issues? The outcomes of a multi-disciplinary workshop. *Ann. Trop. Med. Parasit.* 103, 401-411.
9. Morris R.S., Pfeiffer D.U. & Jackson R., 1994, The epidemiology of *Mycobacterium bovis* infections. *Vet. Microbiol.* 40, 153-177.
10. Muma J.B., Samui K.L., Siamudaala V.M., Oloya J., Matope G., Omer M.K., Munyeme M., Mubita C. & Skjerve E., 2006, Prevalence of antibodies to *Brucella* spp. and individual risk factors of infection in traditional cattle, goats and sheep reared in livestock-wildlife interface areas of Zambia. *Trop. Anim. Health Prod.* 38, 195-206.
11. Nicholson M.J & Butterworth M.H., 1986, A guide to body condition scoring of zebu cattle. International Livestock Center for Africa (ILCA), Addis Ababa, Ethiopia.
12. OIE, 2004, Manual of diagnostic tests and vaccines for terrestrial animals (mammals, birds and bees). Office International des Epizooties (OIE).
13. O'Reilly L.M. & Daborn C.J., 1995, The epidemiology of *Mycobacterium bovis* infections in animals and man: a review. *Tubercle Lung Dis.* 76, 1-46.
14. Radostits O.M., Gay C.C., Blood D.C. & Hinchclif K.W., 2000, Veterinary medicine: a text book of the disease of cattle, sheep, pigs, goats and horses. W.B Saunders, London.
15. Seifert H.S.H., 1996, Tropical Animal Health. Kluwer Academic Publishers.
16. StataCorp., 2008, Stata Statistical Software: Release 10. Texas: Stata Corporation.
17. Thrusfield M., 1995. Veterinary Epidemiology, 2<sup>nd</sup> ed. Black Well Science Ltd, London.

K.K. Amenu, Ethiopian, DVM, MSc, Assistant Professor, Department of Veterinary Medicine, Hawassa University, Hawassa, Ethiopia.

E. Thys, Belgian, DVM, PhD, Senior researcher, MSc coordinator, Department of Animal Health, Institute of Tropical Medicine, Antwerp, Belgium.

A. Regassa, Ethiopian, DVM, MSc, Associate Professor, Department of Veterinary Medicine, Hawassa University, Hawassa, Ethiopia.

T. Marcotty, Belgian, DVM, PhD, Senior researcher, Department of Animal Health, Institute of Tropical Medicine, Antwerp, Belgium.

# Consommation de lait et de produits laitiers dans la ville de Rabat (Maroc): effets des facteurs socio-économiques

M.T. Sraïri<sup>1</sup>\* & A. Karbab<sup>1</sup>

Keywords: Behaviour- Consumption- Income- Milk and derivatives- Social and professional class- Morocco

## Résumé

La présente étude a visé à caractériser la consommation de lait et de produits laitiers et les facteurs qui l'affectent, dans la ville de Rabat au Maroc. Des enquêtes ont été effectuées auprès de 100 ménages choisis aléatoirement dans 6 quartiers résidentiels différents. Les résultats montrent que la consommation individuelle des produits laitiers est très variable. Elle est en moyenne de  $81 \pm 32$  équivalents kg de lait par individu et par an, répartis comme suit: 36 (lait de boisson pasteurisé ou UHT), 17 (yaourt), 11 (lait cru non pasteurisé); 8,9 (fromages), 8 (beurre) et 0,1 (leben - lait caillé). Les méthodes d'analyse statistique multidimensionnelle ont permis d'identifier 5 classes différentes de catégories socioprofessionnelles et 6 groupes de comportements de consommation de produits laitiers, qui se recoupent logiquement. Ces résultats suggèrent que la consommation des produits lactés paraît fortement dépendante du revenu du chef de ménage et de son niveau d'instruction. En parallèle, des enquêtes d'opinion démontrent que la majorité des chefs de ménage enquêtés souhaitent augmenter leur niveau de consommation en produits lactés mais qu'ils sont découragés par leurs prix élevés.

## Summary

### Milk and Dairy Products Consumption in the City of Rabat (Morocco): Effects of Social and Professional Factors

This study aimed to characterize milk and dairy products consumption and its determining factors in different social and professional categories in the city of Rabat, Morocco. Surveys have been realised with 100 households in 6 different districts of the city. Households were randomly chosen, with an average of 6 to 7 per district. Results revealed highly variable levels of milk and dairy products consumption. In average, it reached 81 kg of milk equivalents dispatched as follows: 36 (pasteurised milk), 17 (yoghurt), 11 (unpasteurised crude milk), 8.9 (cheese), 8 (butter) and 0.1 (leben - curd milk). Multivariate statistical analyses have allowed identifying 5 different classes of households, according to their social characteristics and income levels and 6 groups of milk and dairy products consumption behaviours. These results suggest that milk and dairy products levels of consumption appear to be correlated to the income of the households. Simultaneous surveys demonstrated that a wide majority of households would like to increase their milk and dairy derivatives levels of consumption, but they are limited by the high prices of these products.

## Introduction

La consommation et ses évolutions futures constituent des facteurs clés dans les changements attendus au niveau des chaînes d'approvisionnement laitier dans le monde. En effet, si les niveaux individuels de consommation sont quasiment saturés dans les pays du Nord, en revanche dans les pays en développement des évolutions majeures sont attendues (5). Ceci risque de se traduire par des impératifs d'augmentation de la production de lait et de ses dérivés. Il est ainsi prévu que, les changements d'habitudes alimentaires vers des régimes plus riches en produits animaux dans les pays du Sud, conjugués à l'accroissement démographique, vont imposer une véritable «Révolution de l'élevage» à l'horizon 2020 (4). En effet, l'augmentation escomptée des revenus dans ces régions, induit des mutations importantes de la demande alimentaire, et celles-ci se manifestent en particulier pour les produits d'origine animale (11).

Ainsi, des tendances nettes d'explosion des besoins en produits laitiers ont été enregistrées ces dernières années en Asie, région à l'origine peu consommatrice de ce genre de denrées (1), notamment en Inde et en Chine (6).

En Afrique, des évolutions similaires sont escomptées, et la demande globale du continent en lait devrait augmenter de plus de 100% à l'horizon de 2020 (5), entraînant une hausse palpable des importations. L'essentiel de cette demande devrait se concentrer dans les zones urbaines où de meilleurs revenus induisent davantage de laitages (yaourts, fromages et beurre) dans les régimes alimentaires. Pareilles tendances ont été retrouvées dans de nombreux pays du continent africain et s'accompagnent de la constitution d'une infrastructure de transformation industrielle, en comparaison à une situation

<sup>1</sup>Département des Productions et Biotechnologies Animales, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, B.P. 6 202, Rabat, 10 101, Maroc.

\*Email: [mt.srairi@iav.ac.ma](mailto:mt.srairi@iav.ac.ma) Téléphone: + 212 5 37 77 17 58 Télécopie: + 212 5 37 81 35

Reçu le 28.10.99 et accepté pour publication le 08.10.10.

initialement basée sur des chaînes courtes artisanales (3). Par ailleurs, l'émergence de l'industrie laitière comme acteur principal d'approvisionnement des villes entraîne de nombreux paysans à négliger leur autoconsommation pour une livraison quasi-totale de leur production (2). Ainsi, les villes sont surtout devenues approvisionnées par l'industrie qui collecte la matière première dans des bassins de production le plus souvent éloignés des centres urbains (12). La question de la structuration de la demande en produits lactés dans les villes africaines demeure néanmoins peu étudiée, en raison des nombreux paramètres qui l'affectent: niveaux de revenus, habitudes alimentaires, considérations de genre, offre en lait, etc. (9). L'objectif de ce travail a consisté à analyser la consommation des produits laitiers et sa structure au sein d'une communauté urbaine, illustrée par la ville de Rabat (capitale du Royaume du Maroc- 1,7 millions d'habitants, population jeune, 27% des habitants ont moins de 15 ans). Il s'agit de déterminer les principaux facteurs qui influencent les niveaux et les types de produits laitiers consommés.

## Matériel et méthodes

La ville de Rabat se caractérise par ses rôles administratifs et politiques majeurs, puisqu'elle abrite l'ensemble des départements ministériels du Royaume. Elle compte environ 1,7 millions d'habitants répartis dans différentes zones résidentielles: quartiers huppés où les lieux de résidence sont surtout individuels- villas- ou sous forme d'immeubles de haut standing (Souissi, Hay Riad, Agdal, ...), zones d'habitats économiques (Océan, Hay Nahda, ...) où les appartements de standing moyen dominant, et quartiers défavorisés (Kamra, Takaddoum, ...) avec toutefois des constructions collectives en dur.

Un protocole de recherche visant la constitution d'un échantillon de ménages représentatif des couches socioprofessionnelles existantes dans cette agglomération a été élaboré. Pour cela, les statistiques officielles de la Wilaya de Rabat-Salé (14) ont été consultées en vue de délimiter spatialement les quartiers d'étude. Les ménages ont été enquêtés en vue de préciser les consommations quantitative et qualitative de lait et de produits laitiers. L'unité principale d'étude est donc le ménage. L'objectif est de décrire les comportements des consommateurs formant un ménage à travers leurs habitudes d'achat, de consommation et de fréquentation des lieux d'approvisionnement, dans leur diversité (grandes et moyennes surfaces, épiceries et *mahlabas* – laiteries traditionnelles).

Un questionnaire basé sur trois types d'éléments a été soumis aux chefs de ménage retenus:

1. informations générales sur le ménage (quartier d'habitation, nombre de personnes, âge, niveau d'instruction, profession et revenu du chef de

ménage);

2. consommation de lait et de produits laitiers (types, fréquence de consommation, quantité achetée, lieu d'achat, période de consommation);
3. critères retenus lors de la consommation et raisons de non consommation.

Les enquêtes ont été conduites par une seule personne et ont ciblé 100 ménages résidant dans 6 quartiers différents de la ville. La répartition de ces quartiers visait un maillage de toute l'agglomération, avec 2 quartiers retenus par catégorie : huppée, moyenne et défavorisée. Les enquêtes ont été effectuées lors du printemps de l'année 2009 (d'avril à juin).

Les 6 produits laitiers considérés dans ce travail sont les plus couramment consommés au Maroc. Il s'agit du lait de boisson (pasteurisé ou UHT - prix moyen de 6,40 DH/kg, soit 0,56 Euros/kg), du lait cru (n'ayant pas subi de traitement thermique - prix moyen de 5 DH/kg, soit 0,44 Euros/kg), des yaourts (acheté au prix moyen de 18,5 DH/kg soit 1,61 Euros/kg), des fromages (prix moyen de 80 DH/kg soit 6,96 Euros), du beurre (prix moyen de 40 DH/kg soit 3,48 Euros/kg) et du leben (lait caillé dont le prix moyen est de 4,0 DH/kg soit 0,35 Euros/kg).

Les données issues des enquêtes ont été saisies sur un tableur (Excel®) en vue de déterminer les statistiques de base (fréquences, moyennes, écart-types et variances) correspondant aux caractéristiques socioprofessionnelles des ménages enquêtés ainsi que leurs comportements de consommation de produits laitiers. Pour mieux cerner la structuration de la consommation en produits lactés différents, les résultats quantitatifs ont été convertis en « équivalent kg de lait » en multipliant les quantités de consommation journalière déclarées pour chaque type de produit par le nombre de jours de consommation de chacun par an et par les coefficients suivants : lait de boisson, «1»; lait cru, «1»; leben, «1»; yaourt, «1»; fromage, «2»; et beurre, «22» (10).

Ultérieurement, des méthodes statistiques multidimensionnelles (Analyse Factorielle des Correspondances Multiples, AFCM et Classification Hiérarchique Ascendante, CHA) ont été appliquées aux données tabulées issues des enquêtes en vue de construire deux typologies des ménages: la première était dédiée à leurs caractéristiques socioéconomiques et la deuxième était spécifiquement consacrée aux variables de consommation de produits laitiers. Le croisement des deux typologies a finalement été pratiqué en vue de cerner les facteurs influençant la consommation lactée.

## Résultats

Un ménage enquêté compte au maximum 8 personnes, alors que le minimum de personnes par ménage est de 1 (mono ménage). Les ménages qui

comptent le plus d'individus (au-delà de 6 personnes) se retrouvent surtout dans les quartiers défavorisés et moyens où ils représentent plus de 44% des effectifs enquêtés. En revanche, dans les quartiers huppés, le nombre moyen d'individus par ménage n'est que de 3,8 (moins de deux enfants). En moyenne, le ménage enquêté se compose de 4,7 personnes. Le niveau de scolarisation du chef de ménage variait des études supérieures (42%) à primaires (18%), avec 29% ayant arrêté leurs études au niveau secondaire et 11% n'ayant pas du tout suivi d'études. Les différentes catégories socioprofessionnelles représentées dans cette enquête sont les cadres supérieurs (21%), les ouvriers (20%), suivis des cadres moyens (16%) et des commerçants (16%), puis des employés (12%), alors que la catégorie des chefs d'entreprises, agriculteurs et retraités constituait 15% de l'échantillon total.

Le revenu mensuel par ménage variait de 1 500 à 20 000 Dirhams (DH), soit l'équivalent de 130,5 à 1 739,1 Euros (taux de change moyen à l'automne 2009: 1 Euro= 11,5 DH). En moyenne, ce revenu mensuel moyen par ménage était de  $6\,355 \pm 3\,456$  DH (environ 553 Euros), ce qui équivaut à un revenu par individu dans le ménage de 1 352 DH (117,6 Euros).

La consommation moyenne par ménage est estimée à 381 équivalents kg de lait par an. Chaque foyer y consacre ainsi quelques  $4\,450 \pm 2\,650$  DH (387,0  $\pm$  230,4 Euros) par an. D'importantes disparités se cachent derrière ces chiffres globaux moyens. Ainsi, la consommation des ménages dont le revenu était inférieur à 2 500 DH était de l'ordre de 127 équivalents kg de lait/an. Pour des revenus mensuels du ménage compris entre 2 500 et 6 000 DH elle montait à 300 équivalents kg de lait/an. Puis elle évoluait à 470 et 593 équivalents kg de lait/an pour des revenus mensuels de 6 000 à 10 000 DH et de plus de 10 000 DH (Tableau 1). Le revenu du ménage est par conséquent un élément majeur pour déterminer les dépenses d'achat de produits laitiers et les types de dérivés achetés. En revanche, le nombre d'enfants par ménage ne semble pas être un facteur déterminant de la consommation laitière: par exemple, 16 des 21 ménages à 3 enfants affichent une consommation moyenne de lait inférieure (246 équivalents kg de lait/an) à celle des 28 ménages ayant 2 enfants (327 équivalents kg de lait/an).

Rapportée à l'individu, la consommation moyenne annuelle en produits laitiers est de 81 équivalent kg de lait, dont 36 sont assurés par le lait de boisson,

17 par le yaourt, 11 par le lait cru. Les 17 équivalents kg de lait qui restent se partageant entre le fromage (8,9 équivalents kg de lait), le beurre (8 équivalents kg de lait) et le leben (0,1 équivalent kg de lait). Pour ce dernier produit, le très faible niveau de consommation s'explique par son usage seulement hebdomadaire (le vendredi, jour de prière), pour agrémenter les repas à base de semoule et de légumes (couscous).

À l'image des résultats de consommation des produits laitiers par ménage, la consommation individuelle connaît une variabilité élevée:  $82 \pm 38$  équivalent kg de lait/an. En fait, dans de nombreux foyers, la consommation individuelle en lait est faible, témoignant d'un pouvoir d'achat étriqué. En effet, il apparaît que la consommation moyenne individuelle n'était supérieure à la norme indiquée par la FAO et l'OMS pour une alimentation équilibrée (90 kg de lait/an) que seulement dans 25% des ménages.

Le lieu principal d'approvisionnement en lait et produits laitiers est très significativement l'épicerie quelle que soit la catégorie socioprofessionnelle des chefs de famille. Toutefois, quelques différences existent entre les produits. Ainsi, pour les produits laitiers comme le lait cru et le leben (lait caillé traditionnel), les ateliers de transformation artisanale, dénommés localement « *Mahlabas* », demeurent les lieux d'approvisionnement les plus fréquentés (30% des ménages, surtout ceux dans des quartiers populaires). Quant au lait de boisson pasteurisé ou UHT, le yaourt, le fromage et le beurre, qui proviennent tous d'une transformation industrielle, ils sont principalement achetés à l'épicerie ou dans de grandes et moyennes surfaces commerciales (65% des ménages).

Pour les 5 ménages enquêtés qui ont justifié leur lieu d'approvisionnement en lait cru par « autres », il s'agit d'achat de lait à partir de coopératives de collecte laitière ou de directement à partir de fermes se situant dans la périphérie de la ville de Rabat.

Les méthodes d'analyse statistiques multidimensionnelles ont permis de distinguer 5 classes homogènes de ménages de consommation selon leurs caractéristiques sociodémographiques et économiques. Schématiquement, ces classes se définissent comme suit:

1. classe 1: cadres supérieurs et patrons dont le revenu mensuel dépasse 10 000 DH avec moins de 2 enfants (n= 27);

**Tableau 1**  
Ventilation des achats de lait et dérivés selon le niveau de revenu du chef de ménage

Revenu mensuel (DH)	Nombre de ménages	Dépenses annuelles pour l'achat des produits laitiers (DH)	Consommation (équivalents kg de lait/personne/an)
< 2 500	11	1 417	44 $\pm$ 12
2 500 à 6 000	41	3 654	70 $\pm$ 19
6 000 à 10 000	28	5 457	88 $\pm$ 23
> 10 000	20	8 124	113 $\pm$ 27

2. classe 2: cadres moyens et employés avec un revenu mensuel de 4 000 à 5 000 DH, avec 2 à 3 enfants (n= 28);
3. classe 3: commerçants et retraités dont le revenu mensuel varie de 5 000 à 8 000 DH avec un nombre variable d'enfants (de 1 à 4) (n= 21);
4. classe 4: ouvriers dont le revenu mensuel est compris entre 2 000 à 3 000 DH et dont le nombre d'enfants varie de 0 à 3 (n= 20);
5. classe 5: professions libérales (agriculteurs, etc.) avec un revenu mensuel situé entre 5 000 et 6 000 DH et un nombre d'enfants inférieur à 4 (n= 4).

Par ailleurs, six groupes différents de comportements de consommation des ménages en produits laitiers ont été distingués grâce aux analyses statistiques multidimensionnelles. Ils se définissaient par les caractéristiques suivantes:

1.  $G_1$ , consommation laitière normale et régulière (n= 18) – 70 à 90 kg équivalents lait par individu et par an, avec tous les types de laitages achetés plusieurs fois par semaine;
2.  $G_2$ , consommation limitée mais plus ou moins régulière (n= 12) – 50 à 70 équivalents kg de lait annuellement par individu, dominés par le lait de boisson (quotidiennement) et des dérivés (fromages et des yaourts) au moins une fois par semaine;
3.  $G_3$ , consommation de faible niveau et seulement occasionnelle (n= 20) – 30 à 50 kg équivalents de lait par individu et par an, avec des achats erratiques de lait, yaourt et fromage (au moins une fois par quinzaine) et des achats de beurre moins fréquents (1 fois par mois) compensés par de la margarine;
4.  $G_4$ , consommation élevée et régulière (n= 19) – plus de 90 équivalents kg de lait par individu annuellement, avec des achats de lait de boisson quotidiens et des achats de dérivés (surtout yaourts et fromages) de plusieurs fois par semaine (3 à 5 fois);
5.  $G_5$ , consommation de niveau moyen mais régulière (n= 17) – 60 à 80 équivalents kg de lait par individu et par an, surtout basés sur le lait de boisson (plusieurs fois par semaine), tandis que les achats de dérivés sont plus rares (au moins une fois par mois);
6.  $G_6$ , consommation atypique en quantité et en fréquence (n= 14) – en moyenne 45 équivalents kg de lait par individu annuellement, mais des différences marquées selon les fréquences d'achat des produits laitiers, la quantité consommée et les lieux d'achat de ces denrées.

Le croisement entre les caractéristiques socio économiques des ménages et leurs comportements de consommation de lait et de produits dérivés a révélé

des relations évidentes qui rendent plus explicites les résultats issus de l'enquête.

Ainsi, les six groupes de comportements de consommation du lait et de ses dérivés semblent intimement liés aux caractéristiques sociales, économiques et professionnelles des ménages, de la façon suivante:

- le groupe  $G_1$  (ménages à consommation laitière normale et régulière) est constitué de ménages appartenant à des cadres supérieurs et des patrons ou de cadres moyens et des employés, ce qui suppose un niveau d'instruction relativement élevé et un revenu mensuel stable et supérieur à 4 000 DH;
- le groupe  $G_2$  (ménages à consommation faible et plus ou moins régulière) est constitué de ménages dont le chef est soit un cadre moyen, un employé ou un commerçant ou un retraité, ce qui correspond à un niveau d'instruction moyen et un revenu au maximum égal à 6 000 DH;
- le groupe  $G_3$  (ménages à faible niveau de consommation de produits laitiers et seulement occasionnelle) est représenté que par des ouvriers et des agriculteurs, ce qui correspond à un niveau d'instruction limité et des revenus mensuels moyens faibles (2 000 à 3 000 DH), voire instables;
- le groupe  $G_4$  (ménages à consommation élevée et régulière) est composé uniquement d'individus de la classe socioprofessionnelle des cadres supérieurs et des patrons, associés aux revenus les plus élevés (entre 10 000 et 20 000 DH par mois) et aux niveaux d'instruction les plus poussés;
- le groupe  $G_5$  (ménages à consommation moyenne et régulière) est constitué d'individus représentant les cadres moyens et les employés ainsi que des commerçants et des retraités, ce qui correspond aux niveaux intermédiaires de revenus et d'instruction;
- le groupe  $G_6$  (ménages à consommation atypique) est le seul à regrouper des individus de tous les horizons sociaux et professionnels, aussi bien des cadres supérieurs, que des cadres moyens, des retraités, voire des agriculteurs et des ouvriers.

## Discussion

Les résultats de consommation de lait et de produits laitiers dans différents types de ménages de la ville de Rabat démontrent une variabilité élevée. Le chiffre moyen de 81 équivalents kg de lait par individu et par an est en effet assez proche des résultats d'une étude similaire conduite en milieu urbain en Tunisie: 75 équivalents kg de lait (8). La comparaison avec la Tunisie se justifie pleinement car les habitudes alimentaires y sont assez similaires à celles en vigueur au Maroc: une consommation de thé comme

principale boisson, des régimes à base de céréales et peu pourvus en protéines animales (16), ainsi que des niveaux de revenus moyens comparables. De plus, à l'instar du Maroc, c'est un pays où l'approvisionnement laitier est essentiellement assuré par de la matière première (lait cru) produite localement, à la différence de l'Algérie, dont la politique laitière repose sur de la poudre importée subventionnée, ce qui y induit des niveaux de consommation plus importants (115 kg équivalents lait par individu et par an) (13). Dans les deux villes de Rabat et Tunis, l'approvisionnement en lait et ses dérivés est principalement assuré sous forme de lait de boisson (cru ou pasteurisé) qui représente plus de 50% des volumes consommés. Ces tendances démontrent les contraintes budgétaires qu'affrontent les consommateurs, notamment les plus pauvres d'entre eux, et qui les mènent vers les produits lactés nécessitant le moins de transformation et affichant donc les prix les plus faibles (moins de 6 DH/kg soit environ 0,52 Euros). *A contrario*, les achats de yaourts, fromages et beurre, qui représentent les dérivés laitiers les plus chers, sont nettement moins importants dans la consommation globale. Par ménage, les quantités et les fréquences d'accès à ces produits constituent des éléments clés de caractérisation du comportement vis-à-vis des produits laitiers et nous ont permis de différencier des classes distinctes de consommateurs. Ainsi, seules les classes sociales aisées (cadres supérieurs, patrons) avec un revenu stable et un niveau d'instruction élevé se caractérisent par une consommation régulière de ces dérivés (quotidienne ou plusieurs fois par semaine), tandis que les catégories sociales moins huppées et avec des revenus instables ne les consomment qu'une fois par semaine et même moins fréquemment. C'est particulièrement plus notable pour le beurre, qui a la particularité d'être commodément remplacé par de la margarine, et dont les hausses récentes de prix sur les marchés internationaux l'ont rendu inaccessible pour de nombreuses catégories de consommateurs (12).

Une autre tendance nette rapportée par les résultats de ce travail est la domination sans partage des produits issus de la transformation industrielle des types de laitages consommés par les citoyens de la ville de Rabat. Cela montre que les produits de type artisanaux comme le leben ou le lait cru directement acheté auprès des fermes et/ou des ateliers de la transformation informelle n'occupent plus qu'une place résiduelle et à la longue ils pourraient même disparaître si une application stricte des lois relatives à la salubrité hygiénique de ces produits était adoptée (15). Cela démontre aussi qu'à l'avenir la réflexion sur l'offre laitière au Maroc, aussi bien en termes de prix de commercialisation des produits, que de leur qualité et des volumes mis sur le marché ne pourra faire abstraction des opérateurs industriels de la transformation.

De manière plus globale, le chiffre moyen annuel de 81 équivalents kg de lait par individu dévoile une insuffisante alimentation lactée par rapport aux recommandations des organismes internationaux (OMS et FAO): 90 équivalents kg par an (7). Mais la variabilité des résultats observés sur l'échantillon étudié invite à considérer cette moyenne avec précaution. En fait, la situation semble nettement plus critique pour les classes sociales aux revenus limités chez lesquelles la consommation de produits lactés demeure insuffisante aussi bien quantitativement que qualitativement. Pour ces individus, il ne fait pas de doute que les évolutions à venir de leur pouvoir d'achat vont s'avérer cruciales quant à leur comportement de consommation de produits lactés. D'autant plus que les prix actuels des viandes rouges et blanches sont encore plus rédhitoires par rapport au lait pour satisfaire les besoins en protéines animales des classes sociales aux revenus les plus modestes (2). A moins qu'une dynamique générale de promotion de la consommation des produits laitiers dans une population carencée, associant tous les intéressés (pouvoirs publics, associations de consommateurs, industriels de la transformation, vendeurs et distributeurs) ne soit adoptée. Il faudrait dans ce cas cibler les classes sociales démunies par la promotion de leurs revenus pour les rendre aptes à améliorer leurs niveaux de consommation.

## Conclusion

Cette étude a confirmé que l'approvisionnement en laitages des populations urbaines au Maroc, à travers l'exemple de la ville de Rabat, repose principalement sur des produits issus de la transformation industrielle. Dans ce pays où la promotion d'un élevage bovin laitier spécialisé est relativement récente, la transformation industrielle est parvenue à monopoliser le marché du lait cru et de ses dérivés. Cela s'est fait moyennant une offre en évolution constante tant d'un point de vue quantitatif que qualitatif. Les produits laitiers couramment consommés par les citoyens au Maroc, sont aujourd'hui en majorité issus de processus industriels qui présentent aux yeux des consommateurs des garanties indéniables de contrôle de qualité (notamment de salubrité hygiénique) dont ne peut pas se prévaloir la transformation artisanale du lait. En fait, beaucoup plus que la qualité, c'est la quantité de la demande qui semble aujourd'hui contraignante. Ce travail confirme ainsi que la demande demeure intensément liée au revenu du consommateur et à son niveau d'instruction, ce qui concourt à des niveaux de consommation dérisoires pour les individus des classes sociales démunies, largement majoritaires. Globalement, cette demande pourrait s'améliorer, surtout au niveau des classes sociales les plus défavorisées pour couvrir les besoins essentiels en protéines animales, tandis que pour certaines

couches plus aisées, elle pourrait se diversifier vers des produits plus raffinés (fromages de laits de petits ruminants, yaourts, etc.) aujourd'hui peu consommés, car très chers. Ces derniers pourraient ainsi représenter des niches à explorer pour l'ensemble des opérateurs de la chaîne laitière marocaine, à condition

de commencer par satisfaire en priorité la demande quantitative des catégories sociales dans le besoin. Pour ce faire, cibler ces catégories par des offres de prix attractifs ou la promotion de leur pouvoir d'achat pourrait s'avérer un moyen efficace de promotion des volumes de produits lactés consommés.

### Références bibliographiques

1. Beghin J.C., 2006, Evolving dairy markets in Asia: recent findings and implications. *Food Policy*, 31, 195-200.
2. Benjelloun S., Rogers B.L. & Berrada M., 1998, Income and consumption effects of milk commercialization in the Lukkos area of Morocco. *Ecology of Food and Nutrition*, 37, 269-296.
3. Corniaux C., Duteurtre G., Dieye P.N. & Pocard-Chapuis N., 2005, Les minilaiteries comme modèle d'organisation des filières laitières en Afrique de l'Ouest: succès et limites. *Revue d'Élevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux*, 58, 237-243.
4. Delgado C.L., 2003, Rising consumption of meat and milk in developing countries has created a new food revolution. *Journal of Nutrition*, 133, 3907 S-3910 S.
5. Faye B. & Alary V., 2001, Les enjeux des productions animales dans les pays du Sud. *INRA Productions Animales*, 14, 3-13.
6. Fuller F., Huang J., Ma H. & Rozelle S., 2006, Got milk? The rapid rise of China's dairy sector and its future prospects. *Food Policy*, 31, 201-215.
7. Haug A., Høstmark A.T. & Harstad O.M., 2007, Bovine milk in human nutrition. *Lipids in health and disease*, 6, 9-25.
8. Khaldi R., Haddad M. & Padilla M., 1998, Attentes et attitudes des consommateurs urbains face aux produits laitiers: cas de la commune de Tunis. *Options Méditerranéennes*, 78, 365-375.
9. Musaiger A.O., 1993, Socio-cultural and economic factors affecting food consumption patterns in the Arab countries. *Journal of the Royal Society of the Promotion of Health*, 113, 68-74.
10. Meyer C. & Duteurtre G., 1998, Équivalents lait et rendements en produits laitiers : modes de calculs et utilisation. *Revue d'Élevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux*, 51, 247-257.
11. Speedy A.W., 2003, Global production and consumption of animal source foods. *Journal of Nutrition*, 133, 4048 S- 4053 S.
12. Sraïri M.T. & Chohin-Kuper A., 2007, Conséquences de la libéralisation des marchés sur les opérateurs de la filière laitière au Maroc. *Revue d'Élevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux*, 60, 1-4, 177-187.
13. Sraïri M.T., Ben Salem M., Bourbouze A., Elloumi M., Faye B., Madani T. Yakhlef H., 2007, Analyse comparée de la dynamique de la production laitière dans les pays du Maghreb. *Cahiers Agricultures*, 16, 251-257.
14. Wilaya de Rabat - Salé, 2009, La Wilaya de Rabat - Salé en chiffres, 37 p., Rabat, Maroc.
15. Zahar M., Smith D.E. & Hamama A., 1997, Manufacture of Jben, Moroccan traditional fresh cheese from recombined milk. *Milchwissenschaft*, 52, 618-621.
16. Zeghrichi-Hamri S., Kallithraka S., 2007, Mediterranean diet in the Maghreb: an update. *World Review of Nutrition*, 97, 139-161.

M.T. Sraïri, Marocain, Titulaire d'un Doctorat en Sciences agronomiques et Ingénierie biologique de la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, Belgique, Professeur de zootechnie à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.

A. Karbab, Marocain, Titulaire d'un Diplôme d'Ingénieur en Productions Animales de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.

# Determination of a Suitable Protocol for Indigenous Oilseed Cucurbits Plant Regeneration

Yah Gwladys Gnamien<sup>1,2</sup>, I.A. Zoro Bi<sup>1</sup>, Djè Y.<sup>1</sup>, A. Toussaint<sup>2</sup> & J.-P. Baudoin<sup>2\*</sup>

Keywords: *Citrullus lanatus*- Cotyledon- Edible seeds- Germplasm conservation- Organogenesis- Shoot regeneration- Ivory Coast

## Summary

The present work was carried out to establish rapid in vitro propagation of the indigenous oilseed *Citrullus lanatus*. Efficiency of 3 protocols for seed decontamination was investigated. High level of seed sterilization was obtained after removing seed coat and soaking the seeds in 1.6% sodium hypochlorite with a drop of Tween 20. Shoot tips, single node and cotyledon explants of 3 morphotypes have been screened for adventitious shoot formation in tissue culture. Best response in terms of multiple shoot induction was obtained from cotyledon proximal part with hypocotyl segment on Murashige and Skoog medium supplemented with 1 mg/l 6-Benzylaminopurine, 30 g/l sucrose and 8 g/l agar. After 3 weeks of culture, 90% of cotyledon proximal parts induced shoot. An average of 12.6 shoots per explant and a mean shoot length of 8 mm were obtained after multiplication stage. Shoot induction appeared to be strongly influenced by genotype and explant type. The percentage of shoot induction from cotyledon proximal parts ranged from 23.3% to 64.0% according to the genotype. Efficient rooting was achieved on half-solid MS medium containing 0.1 mg/l 1-Naphthaleneacetic acid or without growth regulator. Acclimatised plantlets were transferred to greenhouse where they grew and flowered like seeded plantlets.

## Résumé

**Détermination d'un protocole adéquat pour la régénération de la cucurbité oléagineuse indigène**  
Le présent travail est mené pour mettre au point un protocole efficace de régénération in vitro pour la cucurbité oléagineuse indigène *Citrullus lanatus*. L'efficacité de 3 protocoles pour la désinfection des graines est étudiée. L'élimination des contaminants est obtenue lorsque les graines décortiquées sont trempées dans 1,6% d'hypochlorite de sodium additionné d'une goutte de Tween-20 durant 25 mn. Les bourgeons apicaux, les nœuds et les cotylédons de trois morphotypes sont utilisés pour l'induction de pousses adventives. La meilleure réponse pour l'induction de pousses est obtenue avec les parties proximales de cotylédons sur le milieu de Murashige et Skoog complétés avec 1 mg/l 6-Benzylaminopurine, 30 g/l de saccharose et 8 g/l d'agar. Après trois semaines de culture, 90% des parties proximales de cotylédons ont induit des pousses. Une moyenne de 12,6 pousses par explant avec une longueur moyenne de 8 mm est obtenue après le stade de multiplication. L'induction de pousses, fortement influencée par le génotype et le type d'explant, varie de 23,3% à 64,0% selon le génotype. Les plantules ont pu s'enraciner sur le milieu MS semi-solide contenant 0,1 mg/l d'acide 1-Naphthaleneactique ou sans hormone. Les plantules acclimatées sont transférées en serre où elles se sont développées et ont fleuri normalement.

## Introduction

Cucurbitaceae is an important family of vegetables grown worldwide. According to their mode of consumption, two major groups are distinguished: the type consumed fresh or in salads (watermelon, melon, squash, etc.), and the type grown for their seeds (bitter cucumber, African melon, etc.) (43). In contrast to the first group that is well documented (9, 23, 34), little is known about the second (24, 35, 42). The indigenous edible-seeded cucurbits are classified into minor crops. Species cultivated in Ivory Coast are *Cucumis melo* var. *agrestis* (Naudin), *Citrullus lanatus* (Thunb.) Maktum and Nakai, *Cucumeropsis mannii*

(Naudin) and *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl (42). They are widely used in western and eastern Africa for their numerous agronomic, medicinal and economic values (14). Their dried seeds designated "pistachio" in Ivory Coast (32), and "egusi" in Nigeria, Benin, Cameroon and Congo (20, 35), are slightly toasted, ground and used as soup thickener (43). Edible oil can also be extracted from the seeds (4, 39). It should be noted that "egusi" is a generic name referring to all the Cucurbitaceae with edible seeds (1).

Species *C. lanatus* was subdivided in three subspecies by Fursa (17): ssp. *vulgaris* (Schrad.) Fursa;

<sup>1</sup>Université d'Abobo-Adjamé, UFR des Sciences de la Nature, Laboratoire de Biologie et Amélioration des Productions Végétales, 02 BP 801, Abidjan, Côte d'Ivoire.

<sup>2</sup>University of Liège, Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT), Tropical Crop Husbandry and Horticulture, 2, Passage des Déportés, B-5030 Gembloux, Belgium.

\*Corresponding author: Email: [jean-pierre.baudoin@ulg.ac.be](mailto:jean-pierre.baudoin@ulg.ac.be);

Fax: 32(0)81 61 45 44; Tel.: 32(0)81 62 21 12

Received on 28.06.10 and accepted for publication on 11.10.10.

ssp. *lanatus* (Thunb) Matsum. and Nakai; ssp. *mucosospermus* (Fursa). Indigenous oilseed *C. lanatus* is classified in ssp. *mucosospermus* contrary to watermelon (*C. lanatus*) classified in ssp. *lanatus* (17). Studies are in progress to identify the botanical name of indigenous oilseed *C. lanatus*. Meanwhile we will designate indigenous oilseed as *C. lanatus*.

Considering the great morphological variability of indigenous oilseed *C. lanatus* cultivated in Ivory Coast, Zoro Bi *et al.* (43) described two different cultigroups. The term cultigroup was first used by Westphal (40) with a view to adapt the plant nomenclature to the classification of the cultivated plants. The first cultigroup, containing three cultivars defined on the basis of averaged seed size, has smooth seeds that are tapered to the point of attachment. The second cultigroup represented by one cultivar has ovoid and flattened seeds, with a thick and rough margin. Only the first cultigroup was used in the present study.

Multiplication of the indigenous oilseed cucurbits can be achieved through botanical seeds but the maintenance of appropriate cultivar is a major problem due to their cross-pollinating breeding system. In addition, seeds lose quickly their germinating capacity that cannot be preserved more than one year depending upon storage conditions (14). Yet, to satisfy the future needs in genetic resources, it is imperative to collect and conserve representative stocks of plant genetic diversity (19). Traditional production systems of indigenous oilseed cucurbits should be improved with the aim of developing new economic resources for local communities. Such an approach would thus contribute effectively to poverty and rural exodus reduction. In this context, an effective protocol for indigenous oilseed cucurbits micropropagation should be developed to meet several purposes: germplasm conservation, multiplication of elite improved cultivars and distribution of plant material. There have been reports on micropropagation in species of *Cucurbitaceae* cultivated for their fruits such as winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.) (27), summer squash (*Cucurbita pepo* L.) (3), cucumber (*Cucumis sativus* L.) (34), melon (*Cucumis melo* L.) (23), dessert watermelon (*Citrullus lanatus*) (9) and bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) (21). However, such investigations were not carried out with indigenous edible-seeded cucurbits. The genotypes have been shown to greatly influence plant regeneration (2). Genotype-specific responses have been documented in *Cucurbitaceae* family (28) as in others family: *Ericaceae*, *Fabaceae*, *Rosaceae*, etc. (5, 13, 16). This specific response necessitates the determination of a suitable protocol to stimulate plant regeneration in genotypes of interest. Several types of explants (shoot tips, single nodes, cotyledons, hypocotyl and root) were used for cucurbits micropropagation (6, 10, 26, 27). All reports of *Cucurbitaceae* shoot organogenesis (6, 9, 15, 36) involved the use of media formulated

with the basic macro and micro salts plus vitamins as outlined by Murashige and Skoog (30). Optimum shoot regeneration has been achieved generally by using 6-Benzylaminopurine (BAP) as the only plant growth regulator (6, 7, 9, 36). However, combination of Indole-3-butyric acid (IBA), kinetin and Gibberellic acid ( $GA_3$ ) has been successfully tested for direct shoots induction by Compton *et al.* (10). Shoot elongation was improved by using kinetin or without growth regulator (7, 15). Rooting was achieved with IBA, 1-Naphthaleneacetic acid (NAA) and Indole-3-acetic acid (IAA) or without growth regulator (6, 10, 26, 27).

This study is aimed to determine an efficient protocol for *in vitro* regeneration of edible-seeded cucurbits. It is a prerequisite to develop programmes for the conservation and large-scale *in vitro* propagation of desired genotypes of indigenous edible-seeded cucurbits. Particularly, the objectives of the present work are to: (i) identify an effective seed disinfection protocol; (ii) identify optima media, explant type, seedling age for indigenous edible-seeded cucurbits micropropagation and (iii) investigate the influence of genotype on shoot induction.

## Material and methods

### Plant material

Mature seeds of three genotypes of indigenous oilseed *Citrullus lanatus* were used as explant source. The three genotypes were designated as follows: CL for genotype with large seeds (average of 120 mm<sup>2</sup>), CM for genotype with medium seeds (average of 59 mm<sup>2</sup>), and CS for genotype with small seeds (average of 42 mm<sup>2</sup>). All these genotypes were selected from a germplasm collection at the University of Abobo-Adjamé (UAA) Abidjan, Ivory Coast. The genotypes CL, CM, and CS were collected respectively in three different ecological regions of the country: the southern zone (tropical rain forest), the central zone (woodland savannah with some herbaceous areas) and the eastern zone (transitional woodland savannah with blocks of semi-deciduous forests).

### Sterilization

To establish a performing technique of decontamination, we tested only the genotype CM. Three protocols of decontamination described by Jaskani *et al.* (22), Nasr *et al.* (31) and Tang *et al.* (38) have been compared. After the preliminary tests (data not show), the three protocols were improved by an increase of the concentration of sodium hypochlorite from 1% and 1.3% to 1.6%. In the first and second protocol seeds with coat were treated respectively with 70% alcohol for 30 s and with 20% hydrochloric acid (HCl) for 20 min. Then, the seeds from the two treatments were surface-sterilized in a 1.6% sodium hypochlorite solution containing 15 g/l of active chlorine, with one

drop of Tween 20 for 15 min and 20 min for the first and the second protocol, respectively. In the third protocol, seed coats were removed manually, and the embryos surface-sterilized 25 min in a 1.6% sodium hypochlorite with one drop of Tween 20. The treated seeds from the three protocols of decontamination were rinsed six times with sterile distilled water. Decontaminated seeds from each protocol were sown in petri-dishes containing 20 ml MS basal medium (30) without growth regulators. The pH of media was adjusted to 5.7 before autoclaving at 121 °C for 20 min. Each petri-dish with 5 seeds constituted one replicate and there were five replicates per treatment. For the seed germination and seedling growth, the following climatic conditions were applied:  $28 \pm 2$  °C with a 12h/12h light/dark cycle; light was provided by cool white fluorescent lamps with an intensity of 50 mol/m<sup>2</sup>/s. Germination and contamination was recorded daily during a week. Radicle emergency served as an indication of germination.

### Preparation of the different explants

Eight explant types were used for micropropagation: proximal parts of the cotyledons with hypocotyl segment, distal parts of the cotyledons, shoot tips and single nodes from ten-, fifteen- and twenty-day-old seedlings. Preparation of those explants was carried out as follows.

Seeds of the three genotypes CL, CM and CS were sterilized with the best decontamination protocol. In order to reach full development of the seedlings, seeds were germinated in jars containing MS basal medium without growth regulators, during 10, 15 and 20 days in climatic conditions described above. However, with the 5-day-old seedlings, seeds were germinated in darkness. This condition for 5-day-old seedlings was chosen on the basis of investigations carried out by Compton (6). Germinating embryos in darkness improved shoot organogenesis from cotyledons.

Cotyledonary explants were removed from 5-day-old seedlings as follows. The hypocotyl was first cut off close to the cotyledons, and then the cotyledons were cut in half resulting in the proximal and distal parts (Figure 1a). Subsequently each part (distal parts and proximal parts of the cotyledons with hypocotyl segment) was separated with a scalpel blade. The apical bud of the seedling on the proximal part was removed with care. This resulted in cotyledon distal and proximal parts with hypocotyl segment explants (Figure 1b).

In addition, shoot tips and single nodes were dissected from ten-, fifteen- and twenty-day-old seedlings and were also used as explants.

The shoot has been removed. 'Hyp' marks the part of the hypocotyl remaining after explant preparation. The cotyledon remnant is labeled 'Cot'.

### Culture establishment

To determine the organogenetic responsiveness of

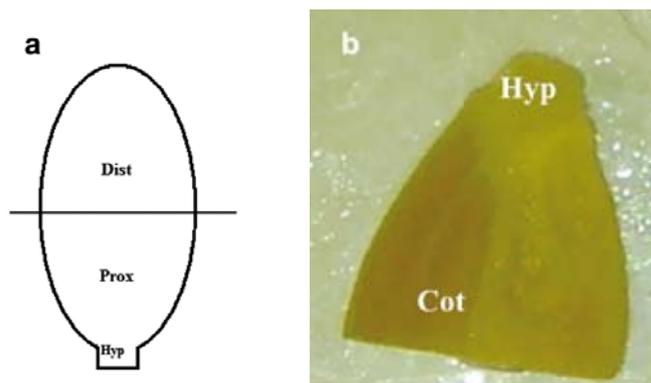


Figure 1: Adventitious shoots induction from de-budded cotyledon proximal part with hypocotyl segment explants.

**a** Preparation of explant from indigenous oilseed *Citrullus lanatus* cotyledons. The distal part (Dist) and proximal part (Prox) were cut from the cotyledons as indicated by the line. **b** Initial explant from the cotyledon proximal part of a 5-day-old indigenous oilseed *Citrullus lanatus* seedling.

different explant types at various ages, two sets of comparisons were made. The effect of seedling age on shoot induction was tested using several explant types of the genotype CM. Each explant type was cultured on induction media, i.e. MS medium containing four combinations of growth regulators and agar (Table 1). The media combination was selected on the basis of investigations carried out on *Cucurbitaceae* cultivated for their pulp (6, 10, 26, 27). Once identified the best performing factors (medium combination, the best cotyledon explants and the best day-old seedlings for shoot tips and single node dissection) for shoot induction, the genotypic influence was investigated. This experiment was performed with the three genotypes CL, CM and CS.

After 3 weeks the shoots were subcultured on the same medium except for the medium M<sub>m2</sub> where IBA, GA<sub>3</sub> and Kinetin were substituted for 1 mg/l BAP. In each medium, shoot multiplication was scored after 3 weeks. A shoot consisted of a shoot apex, an elongating stem ( $\geq 4.0$  mm long) and expanding leaves with petioles.

Shoots harvested from multiplication stage were transferred to shoot elongation media (Table 1) during 2 weeks. All media tested contain the growth regulator BAP at different concentrations or no growth regulators. Shoots were then placed in 150 mm  $\times$  20 mm culture tubes containing 15 ml of rooting media, i.e. MS medium containing various auxins or without growth regulators (Table 1). The hormone-free media differ in their agar amount.

Explants were cultured in 55 mm  $\times$  70 mm glass flasks, each containing 25 ml of medium. Each medium combination consisted of twelve replicates, one replicate being one flask with five explants. After induction and multiplication stage, explants were scored for shoot induction, number of shoots and

Table 1

Media tested for indigenous oilseed *Citrullus lanatus* shoots induction, shoots elongation and roots induction. All media tested were formulated with the basic macro and micro salts plus vitamins as outlined by Murashige and Skoog (MS) (1962) and supplemented with 30 g/l sucrose

Compounds	Induction				Elongation				Rooting			
	M <sub>i1</sub>	M <sub>i2</sub>	M <sub>i3</sub>	M <sub>i4</sub>	M <sub>e1</sub>	M <sub>e2</sub>	M <sub>e3</sub>	M <sub>e4</sub>	M <sub>r1</sub>	M <sub>r2</sub>	M <sub>r3</sub>	M <sub>r4</sub>
Basal medium	MS											
BAP (mg/l)	0.5		1	2			0.1	2				
IBA (mg/l)		0.35										0.1
GA <sub>3</sub> (mg/l)		0.1										
Kinetin (mg/l)		0.1										
NAA (mg/l)										0.1		
Agar (g/l)	7	5	8	8	7	5	8	8	7	5	4	8

shoot length. For elongation stage shoot length was evaluated and for rooting stage the number of shoots with roots was recorded.

### Acclimatization

After two weeks on the rooting medium, the plantlets were transplanted into plastic pots filled with autoclaved soil [80% of Klasmann® 4 Special N° 26, 15% peat, 5% of the Rhine sand and organic fertilizer (0.6 g/l mixture)], covered with a glass or a plastic lid and grown in a growth-room with the following parameters: 24° C/20° C day and night temperature, relative humidity ranging from 50 to 60%, 12h/12h light/dark cycle, and a light intensity of 170 µmol/m<sup>2</sup>/s. The lid was gradually removed once a majority of the plantlets exhibited new growth (about two weeks); seedlings were then moved to the greenhouse. The acclimatization phase was considered successful when plantlets were adapted to *ex vitro* conditions and developed new leaves. The number of plantlets that survived acclimatization was recorded three weeks after transfer to the greenhouse.

### Statistical analysis

The effect of different media was quantified and data was analyzed using standard analysis of variance (ANOVA). When the null hypothesis of an ANOVA was rejected, means were compared using Tukey's multiple range test at 5 % level of significance. Data were processed using the software Minitab® for Windows, version 14.00. Data of single node explants from fifteen- and twenty-day-old seedlings were transformed using logarithmic transformation prior to analysis by standard analysis of variance (ANOVA) procedures (12).

## Results

### Sterilization

With the first and the second decontamination protocol, all the seeds were contaminated and no germination was recorded. The third decontamination protocol, for which seed coats were removed, resulted

in the complete elimination of contaminants without affecting seed germination. After 7 days 100% of the seeds treated with the third decontamination protocol germinated. The third decontamination protocol (seed without coats were surface-sterilized 25 min in a 1.6% sodium hypochlorite with one drop of Tween 20) was therefore used in all subsequent procedures.

### Shoots regeneration

Shoots differentiated directly after 3 weeks of culture for all explant types with no intermediate callus stage. Figure 1c shows an example of shoots induced on cotyledon proximal part with hypocotyl segment. Most of explant types cultured on media M<sub>i1</sub>, M<sub>i3</sub> and M<sub>i4</sub> which all contained BAP reacted more favourably to shoot induction than those placed on M<sub>i2</sub> which did not contain BAP (Figure 2a). However, whatever the media, no shoots were observed with the explants made from the distal part of cotyledon and with shoot tips from 10-day-old seedlings. It was found that the best shoot induction response occurred in medium M<sub>i3</sub> supplemented with 1 mg/l BAP when considering the percentage of shoots induction and the number of



Figure 1: Adventitious shoots induction from de-budded cotyledon proximal part with hypocotyl segment explants. **c** Explant after 3 weeks in culture onto MS medium supplemented with 1 mg/l BAP, 30 g/l sucrose and 8 g/l agar. Multiple shoots cover the area between the hypocotyl 'Hyp' and the cotyledon 'Cot'.

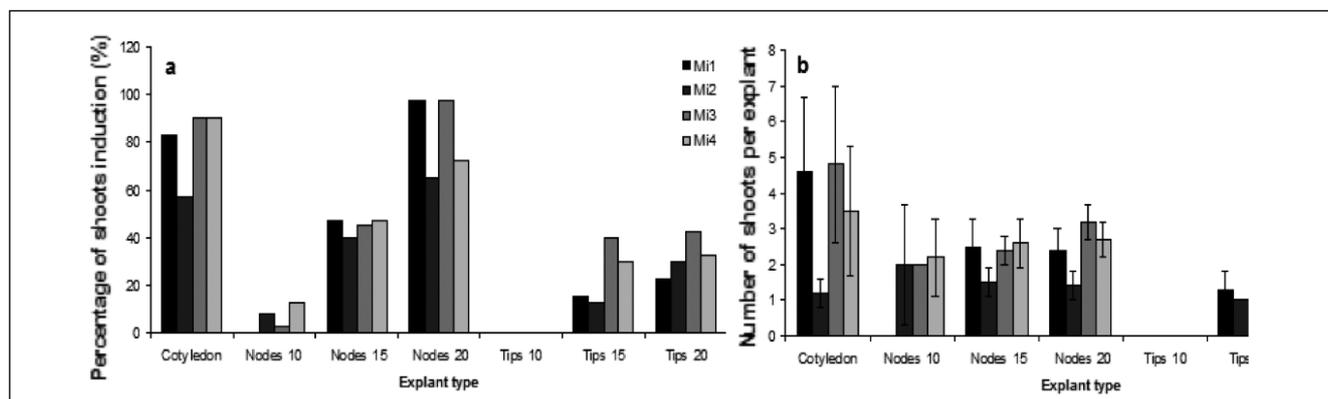


Figure 2: Influence of four media and explant types on shoots induction in indigenous oilseed *Citrullus lanatus*. **a** Percentage of shoots induction. **b** Number of shoots per explant. Media tested included  $M_{11}$  (1 mg/l BAP + 7 g/l agar),  $M_{12}$  (0.35 mg/l IBA + 0.1 mg/l  $GA_3$  + 0.1 mg/l Kinetin + 5 g/l agar),  $M_{13}$  (1 mg/l BAP + 8 g/l agar) and  $M_{14}$  (2 mg/l BAP + 8 g/l agar). Each point represents mean  $\pm$  SE.

shoots per explant (Figure 2b).

The explant type used for shoot induction also significantly influenced the number of shoots produced (Figure 2b). Indeed, with respect to explant type response to the media tested, highly significant difference in the number of induced shoots was noted between media for cotyledon proximal part with hypocotyl segment ( $F= 32.13$ ;  $P < 0.001$ ). The number of shoots per explant produced on medium  $M_{12}$  was significantly lower than those obtained on the three other media. Similarly, for single nodes from 20-day-old seedlings, highly significant difference was noted in the number of shoots induced between different

media ( $F= 14.70$ ;  $P < 0.001$ ). For the other explant types no difference was noted in the number of induced shoots between different media.

The percentage of shoot induction and the number of shoots produced per explant were influenced by the genotype according to explant type used (Figure 3). The percentage of shoot induction was higher for the genotypes CM and CL when cotyledon proximal part with hypocotyl segment was used as explant. For genotype CL the percentage of shoot induction was higher when single nodes were used as explant (Figure 3a). There was however no significant difference in the

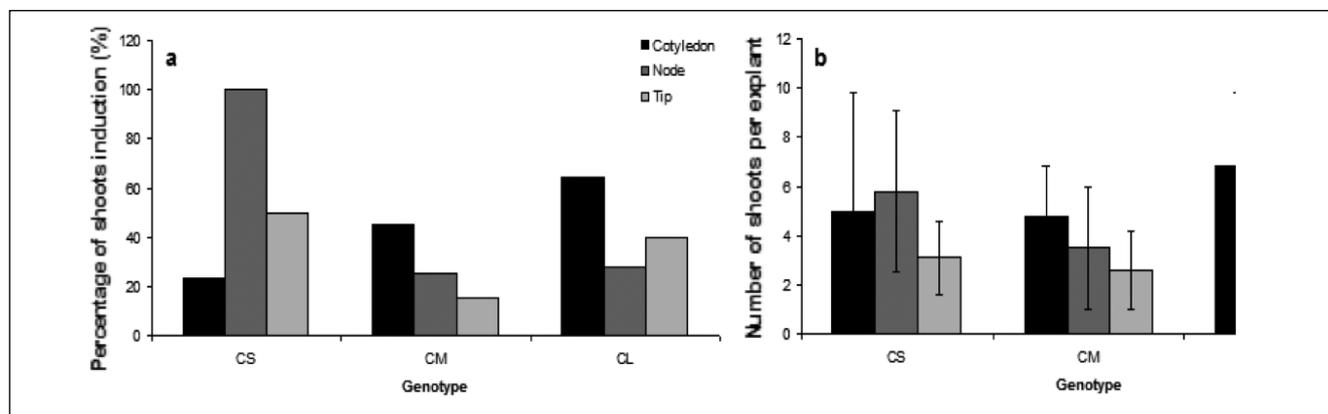


Figure 3: Effect of genotype and explant types on shoots induction in indigenous oilseed *Citrullus lanatus*. **a** Percentage of shoots induction. **b** Number of shoots per explant. Cotyledon proximal part with hypocotyl segment from 5-day-old seedlings, shoot tips and single node explants from 20-day-old seedlings were cultured onto MS medium supplemented with 1 mg/l BAP and 8 g/l agar. Each point represents mean  $\pm$  SE.

Table 2

Effect of genotype and explant type on induced shoot growth of indigenous oilseed *Citrullus lanatus* genotypes. Cotyledon proximal part with hypocotyl segment from 5-day-old seedlings, shoot tips and single node explants from 20-day-old seedlings were cultured onto MS medium supplemented with 1 mg l<sup>-1</sup> BAP and 8 g l<sup>-1</sup> agar. Data represented as mean  $\pm$  SE

Cultivar/Explant	Shoot length (mm)		
	Cotyledon	Single nodes	Shoot tip
CS	14.0 $\pm$ 8.4 <sup>a</sup>	8.9 $\pm$ 2.3 <sup>a</sup>	5.5 $\pm$ 1.0 <sup>a</sup>
CM	14.2 $\pm$ 5.1 <sup>a</sup>	7.4 $\pm$ 2.3 <sup>b</sup>	5.8 $\pm$ 1.3 <sup>a</sup>
CL	10.2 $\pm$ 5.5 <sup>a</sup>	9.2 $\pm$ 3.0 <sup>a</sup>	7.9 $\pm$ 1.9 <sup>b</sup>
Probability (P)	0.139	0.005	< 0.001

Means in a column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level (Tukey's multiple range test).

Table 3

**Influence of medium composition during multiplication stage on the number of shoots per explant and shoot length. All media tested at this stage contained only BAP as growth regulator at different concentrations. Five shoots were cultured per vessel. Data represented as mean  $\pm$  SE**

Medium	Number of shoots per explant	Shoot length (mm)
M <sub>m1</sub>	6.8 $\pm$ 4.7 <sup>b</sup>	7.5 $\pm$ 1.3 <sup>b</sup>
M <sub>m2</sub>	8.6 $\pm$ 2.5 <sup>a</sup>	9.4 $\pm$ 1.6 <sup>a</sup>
M <sub>m3</sub>	12.6 $\pm$ 5.3 <sup>a</sup>	8.0 $\pm$ 1.4 <sup>b</sup>
M <sub>m4</sub>	6.4 $\pm$ 4.1 <sup>b</sup>	6.8 $\pm$ 1.5 <sup>c</sup>
Probability (P)	< 0.001	< 0.001

Means in a column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level (Tukey's multiple range test).

number of shoots per explant and the shoot length between the tested genotypes for cotyledon proximal parts and for shoot tips (Figure 3b). Difference between the tested genotypes was only observed for single nodes ( $F= 3.40$ ;  $P= 0.037$  and  $F= 5.49$ ;  $P= 0.005$  respectively for number and length of shoots). Nevertheless, with all genotypes, the cotyledon proximal part with hypocotyl segment was the best explant type to produce the longest shoots (Table 2).

All media tested for multiplication stimulated shoot proliferation (Table 3). The average number of shoots per explant at this stage was superior to that obtained during shoot induction. For multiplication medium M<sub>m2</sub>, the average number of shoots per explant was sevenfold higher than the number of shoots observed at the induction stage. Highly significant differences in the number of shoots per explant were noted between multiplication media ( $F= 13.17$ ;  $P < 0.001$ ). The number of shoots per explant produced on medium M<sub>m3</sub> was significantly higher than those obtained on media M<sub>m1</sub> and M<sub>m4</sub>, but did not differ from M<sub>m2</sub>.

An increase in shoot length was noted in all elongation media (M<sub>e1</sub>: 8.1  $\pm$  4.7 mm, M<sub>e2</sub>: 19.9  $\pm$  13.2 mm, M<sub>e3</sub>: 9.7  $\pm$  3.4 mm, M<sub>e4</sub>: 7.7  $\pm$  2.7 mm), particularly on medium M<sub>e2</sub> for which the average shoot length was about two-fold superior to the values observed at the multiplication stage.

The regenerated shoots were transferred to rooting media for root induction. It was found that the best rooting response occurred in medium M<sub>r2</sub> supplemented with 0.1 mg/l NAA after 2 weeks of culture (Figure 4).

Addition of NAA to the rooting medium M<sub>r2</sub> improved shoot rooting. Indeed, the percentage of shoots that produced roots increased in medium M<sub>r2</sub> compared to medium M<sub>r4</sub> containing IBA or M<sub>r1</sub> and M<sub>r3</sub> without growth regulators. Plantlets obtained from shoots rooted in medium M<sub>r2</sub> (Figure 5a) showed the highest percentage of acclimatization (31.6%). Those rooted in medium M<sub>r3</sub> showed on the contrary the lowest acclimatization percentage (7.7%). Regenerated indigenous oilseed *Citrullus lanatus* plantlets were acclimatized (Figure 5b) and grew into normal plants in the greenhouse (Figure 5c).

## Discussion

The first and the second decontamination protocols were not effective with the seeds of indigenous oilseed *Citrullus lanatus*. Yet, the same protocols have been used successfully on oil seed *Brassica* spp. L. and watermelon *Citrullus vulgaris* Schrad seeds (31, 38). Our results could be explained by the difficulty to eliminate microorganisms from the rough seed coats (not removed in the two first protocols). This hypothesis is plausible because the third decontamination protocol, for which seed coats were removed, resulted in the complete elimination of contaminants without affecting seed germination.

Combination of growth regulators has been reported to

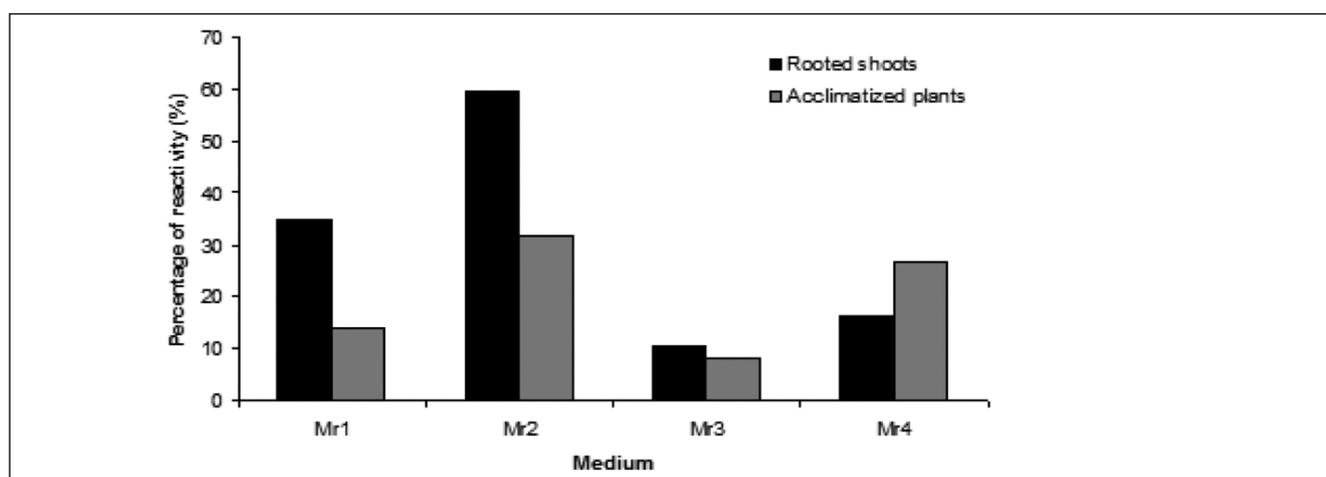


Figure 4: Influence of four media on the percentage of indigenous oilseed *Citrullus lanatus* shoots producing roots and on acclimatization percentage. Media tested included M<sub>r1</sub> and M<sub>r3</sub> without growth regulators but M<sub>r3</sub> + 4 g/l agar, M<sub>r2</sub> (0.1 mg/l ANA + 5 g/l agar) and M<sub>r4</sub> (0.1 mg/l IBA + 8 g/l agar). Plantlets from each rooting medium were acclimatized. Percentage of reactivity is percentage relating to the number of rooted shoots and acclimatized seedlings.

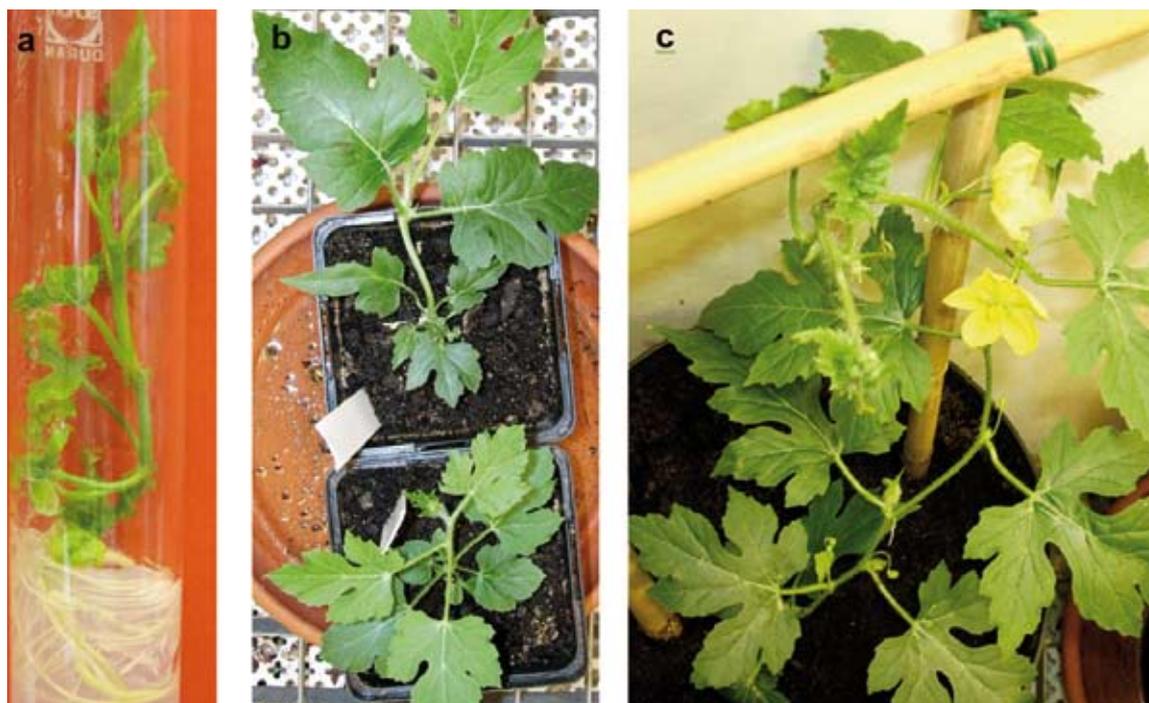


Figure 5: Plantlet regeneration in indigenous oilseed *Citrullus lanatus*.  
**a** Rooted plantlets on  $M_{12}$  (0.1 mg/l ANA + 5 g/l agar);  
**b** Acclimatized plants in the greenhouse.  
**c** Flowered acclimatized plant after 4 weeks of acclimatization.

determine the course of morphogenesis such as shoot organogenesis in cucurbits (10, 41). In our experiments, BAP was a crucial factor for the adventitious shoot induction and this was also reported by Srivastava *et al.* (36) and Dong and Jia (15) in *Citrullus vulgaris* and by Ntui *et al.* (33) in *Colocynthis citrullus* L. Indeed, induction medium  $M_{12}$  without BAP but with IBA,  $GA_3$  and Kinetin did not improve shoot induction. This could be due to the presence of  $GA_3$  in the induction medium, since the addition of gibberellins to shoot induction media often reduces morphogenesis, according to George (18). However, shoot induction in micropropagation of *Cucumis hystrix* Chakr. has succeeded despite the addition of  $GA_3$  to culture medium with IBA and Kinetin (10).

Previous studies have shown that seedling age from which explants are sampled can influence the regenerative response in *Citrullus lanatus* (8, 25), in *Momordica charantea* L. (37) and in *Lagenaria siceraria* (21). In the present study, shoot tips and single node from 20-day-old seedling showed higher percentage of regeneration than those from 10- and 15-day-old seedlings. This suggested that for indigenous oilseed *Citrullus lanatus*, an old seedling is required for shoot tips and single node samples. In contrast to our results, shoot tips and single node from 6 to 8-day-old seedlings of *Momordica charantea* reacted more favourably to shoot induction (37). Among explants derived from seedlings at the same age, single node showed generally a higher percentage of regeneration when compared with the shoot tip. These results were in accordance with the study of Sultana and Bari

(37), indicating that the single node of *Momordica charantea* is more responsive than shoot tips. Only the cotyledon proximal part with hypocotyl segment produced shoots, while the cotyledon distal part did not produce any. Similar results were obtained by Ananthakrishnan *et al.* (3), Compton and Gray (7) and Curukc *et al.* (11).

The results indicated that adventitious shoot regeneration ability was strongly influenced by the genotype in indigenous oilseed cucurbits. Similar genotypic differences in responses for regeneration were observed in *Cucumis sativus* (28) and *Cucumis melo* (29).

The results obtained with the multiplication medium  $M_{m2}$ , compared with the induction medium  $M_{12}$  (without BAP) confirm once again that BAP is a crucial factor for the adventitious shoot regeneration of *Cucurbitaceae* family. Indeed the lowest number of shoots per explant among the induction media was observed on  $M_{12}$ , without BAP. Among the multiplication media,  $M_{m2}$  (differing from  $M_{12}$  by the presence of BAP and absence of IBA,  $GA_3$  and Kinetin) increased the number of shoots per explant, with  $8.6 \pm 2.5$  shoots (Table 2). This value was similar to the number of shoots obtained on the best multiplication medium, i.e.  $M_{m3}$ . Compton *et al.* (9) obtained the same results. Their work revealed that the presence of 1 mg/l BAP in the culture medium facilitated shoot multiplication. The results obtained with the rooting medium  $M_{12}$  were similar to those obtained with watermelon (*Citrullus lanatus*) by Compton *et al.* (9) who noted that shoots of at least 15 mm length, rooted easily. The plantlets

from medium  $M_{12}$  with a length higher than 15 mm acclimatized easily and showed highest percentage of acclimatization. These results were in accordance with the study of Compton *et al.* (9, 10), indicating a correlation between plantlet length and acclimatization survival.

## Conclusion

The study showed that indigenous oilseed *Citrullus lanatus* can be efficiently propagated via organogenesis using cotyledon proximal part with hypocotyl segment explants excised from 5-day-old seedlings and single node explants from 20-day-old seedlings. That opens a way to cucurbit genetic improvement for increasing the yield potential of this crop and contributing significantly to food security and poverty alleviation. However, the protocol needs to be improved in order

to increase the number of shoots induced per explant and to reduce the time necessary to produce seedlings ready to be acclimatized. To address this problem, parameters such as the amount of mineral elements, growth regulators, organic compounds and amount of agar will have to be optimized. Moreover, the plants obtained *in vitro* should be evaluated morphologically in greenhouse or in the fields to assess the genetic integrity of the regenerated plants.

## Acknowledgements

This research was financed by the Direction General de la Cooperation au Développement (DGCD, Brussels, Belgium) and supervised by the Comité Universitaire pour le Développement (CUD, Brussels, Belgium).

## Literature

- Achigan D.G.E., Fanou N., Kouke A., Avohou H., Vodouhe R.S. & Ahanchédé A., 2006, Évaluation agronomique de trois espèces de Egusi (*Cucurbitaceae*) utilisées dans l'alimentation au Bénin et élaboration d'un modèle de prédiction du rendement. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **10**, 2, 121-129.
- Al-Khayri J.M., Huang E.H., Morelock T.E., Busharar T.A. & Gbur E.E., 1991, Genotype-dependent response of spinach cultivars to *in vitro* callus induction and plant regeneration. *Plant Sci.* **78**, 121-127.
- Ananthkrishnan G., Xia X., Elman C., Singer S., Paris H.S., Gal-On A. & Gaba V., 2003, Shoot production in squash (*Cucurbita pepo*) by *in vitro* organogenesis. *Plant Cell Rep.* **21**, 739-746.
- Badifu G.I.O., 2001, Effect of processing on proximate composition, antinutritional and toxic contents of kernels from *Cucurbitaceae* species grown in Nigeria. *J. Food Comp. Anal.* **14**, 153-161.
- Brar M.S., Al-Khayri J.M., Morelock T.E. & Anderson E.J., 1999, Genotypic response of cowpea *Vigna unguiculata* (L.) to *in vitro* regeneration from cotyledon explants. *In Vitro Cell Dev Biol Plant.* **35**, 8-1.
- Compton M.E., 1999, Dark pretreatment improves adventitious shoot organogenesis from cotyledons of diploid watermelon. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* **58**, 185-188.
- Compton M.E. & Gray D.J., 1993, Shoot organogenesis and plant regeneration from cotyledons of diploid, triploid, and tetraploid watermelon. *HortScience*, **118**, 151-157.
- Compton M.E. & Gray D.J., 1994, Adventitious shoot organogenesis and plant regeneration from cotyledons of tetraploid watermelon. *HortScience*, **29**, 211-213.
- Compton M.E., Gray D.J. & Gaba V.P., 2004, Use of tissue culture and biotechnology for the genetic improvement of watermelon. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* **7**, 231-243.
- Compton M.E., Pierson B.L. & Staub J.E., 2001, Micropropagation for recovery of *Cucumis hystrix*. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* **64**, 63-67.
- Curuk S., Elman C., Schlarman E., Sagee O., Shomer S., Cetiner S., Gray D.J. & Gaba V., 2002, A novel pathway for rapid shoot regeneration from the proximal zone of the hypocotyl of melon (*Cucumis melo*). *In Vitro Cell Dev Biol Plant*, **38**, 260-267.
- Dagnelie P., 1998, Statistique théorique et appliquée. Tome 2: inférence statistique à une et deux dimensions. De Boeck & Larcier (Paris et Bruxelles).
- Debnath S.C., 2005, A two-step procedure for adventitious shoot regeneration from *in vitro* derived lingonberry leaves: shoot induction with TDZ and shoot elongation using zeatin. *HortScience*, **40**, 189-192.
- Djè Y., Kouonon L.C., Zoro Bi I.A., Gnamien Y.G. & Baudoin J.P., 2006, Étude des caractéristiques botaniques, agronomiques et de la biologie florale du melon africain (*Cucumis melo* L. var. *agrestis* Naudin, *Cucurbitaceae*). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **10**, 2, 109-119.
- Dong J.Z. & Jia S.R., 1991, High efficiency plant regeneration from cotyledons of watermelon (*Citrullus vulgaris* Schrad.). *Plant Cell Rep.* **9**, 559-562.
- El Hamdouni E.M., Lamarti A. & Badoc A., 2000, Micropropagation des cultivars 'Chandler' et 'Tudla' de fraisier (*Fragaria x Ananassa* Duch). I- Culture d'apex. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, **139**, 71-90.
- Fursa T.B., 1981, Intraspecific classification of watermelon under cultivation. *Kulturpflanze*, **29**, 297-300.
- George E.F., 1993, Plant propagation by tissue culture. Part 1: The technology, Exegetics, Edington (UK).
- Given D.R., 1987, What the conservationist requires of *ex situ* collections. In: Branwell D., Hamann O., Heywood V. & Syngé H. (Eds.), *Botanic gardens and the world conservation strategy*. Academic Press, London, pp. 103-116.
- Gusmini G., Wehner T.C. & Jarret R.L., 2004, Inheritance of egusi seed type in watermelon. *J. Hered.* **95**, 3, 268-270.
- Han J.S., Oh D.G., Mok I.G., Park H.G. & Kim C.K., 2004, Efficient plant regeneration from cotyledon explants of bottle gourd (*Lagenaria siceraria* Standl.). *Plant Cell Rep.* **23**, 291-296.
- Jaskani M.J., Raza H., Khan M.M. & Kwon S.W., 2004, Effect of antimitotic agent colchicine on *in vitro* regeneration of watermelon. *J. Plant Biotech.* **6**, 4, 247-252.
- Kintzios S., Stavropoulou E.R. & Skamneli S., 2004, Accumulation of selected macronutrients and carbohydrates in melon tissue cultures: association with pathways of *in vitro* dedifferentiation and differentiation (organogenesis, somatic embryogenesis). *Plant Sci.* **167**, 655-664.
- Koffi K.K., Gbotto A.A., Malice M., Djè Y., Bertin P., Baudoin J.P. & Zoro Bi I.A., 2008, Morphological and allozyme variation in a collection of *Cucumeropsis mannii* Naudin (*Cucurbitaceae*) from Ivory Coast. *Biochem. Sys. Ecol.* **36**, 777-789.
- Krug M.G.Z., Stipp L.C.L., Rodriguez A.P.M. & Mendes B.M.J., 2005, *In vitro* organogenesis in watermelon cotyledons. *Pesq. Agropec. Bras.* **40**, 9, 861-865.
- Kumar S., Singh M., Singh A.K., Srivastava K. & Banerjee M.K., 2003, *In vitro* propagation of pointed gourd (*Trichosanthes dioica* Roxb.). *Cucurbit Genet. Coop.* **26**, 74-75.
- Lee Y.K., Chung W.I. & Ezura H., 2003, Efficient plant regeneration via organogenesis in winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.). *Plant Sci.* **164**, 413-418.
- Mohiuddin A.K.M., Chowdhury M.K.U., Abdullah Z.C. & Napis S., 1997, Influence of silver nitrate (ethylene inhibitor) on cucumber *in vitro* shoot regeneration. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* **51**, 75-78.
- Molina R.V. & Nuez F., 1997, Sexual transmission of the *in vitro* regeneration capacity via caulogenesis of *Cucumis melo* L. in a medium with a high auxin/cytokinin ratio. *Sci. Hortic.* **70**, 237-241.
- Murashige T. & Skoog F., 1962, A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol Plant.* **15**, 473-497.
- Nasr M.I., Ibrahim I.A., Habib H.M. & Kapiel T.Y., 2004, Rapid

- micropropagation of diploid and tetraploid watermelon (*Citrullus lanatus*) cultivars. Kitchen Culture Kits, Inc. <http://www.kitchenculturekit.com/watermelon.htm>. Accessed 08 Feb 2008.
32. Ndalishye I., 1995, Agriculture vivrière ouest-africaine à travers le cas de la Côte d'Ivoire. IDESSA, Bouaké, Côte d'Ivoire.
  33. Ntui V.O., Thirukkumaran G., Lioka S. & Mii M., 2009, Efficient plant regeneration via organogenesis in "Egusi" melon (*Colocynthis citrullus* L.). *Sci. Hortic.* **119**, 4, 397-402.
  34. Rajagopalan P.A. & Perl-Treves R., 2005, Improved protocol for Cucumber (*Cucumis sativus* L.) transformation by modified explant dissection and selection. *HortSci.* **40**, 431-435.
  35. Schippers R., 1997, Egusi. In: IPGRI (ed) African indigenous vegetables, IPGRI workshop proceeding. Limbe, Cameroon: IPGRI/NRI.
  36. Srivastava D.R., Andrianov V.M. & Piruzian E.S., 1989, Tissue culture and plant regeneration of watermelon (*Citrullus vulgaris* Schrad. cv. Melitopolski). *Plant Cell Rep.* **8**, 300-302.
  37. Sultana R.S. & Bari M., 2003, *In vitro* propagation of karalla (*Momordica charantea* Linn.) from nodal segment and shoot tip. *J. Biol. Sci.* **3**, 12, 1134-1139.
  38. Tang G.X., Zhou W.J., Li H.Z., Mao B.Z., He Z.H. & Yoneyama K., 2003, Medium, explant and genotype factors influencing shoot regeneration in oilseed *Brassica* spp. *J. Agron. Crop Sci.* **189**, 351-358.
  39. Van Epenhuijsen C.W., 1974, Growing native vegetables in Nigeria. Rome: FAO, Rome, Italy.
  40. Westphal E., 1974, Pulses in Ethiopia: their taxonomy and agricultural significance. *Agric. Res. Rep.* **819**, 99-101.
  41. Wu J.H., Miller S.A., Hall H.K. & Mooney P.A., 2009, Factors affecting the efficiency of micropropagation from lateral buds and shoot tips of *Rubus*. *Plant Cell Tiss Organ Cult.* **99**, 17-25.
  42. Zoro Bi I.A., Koffi K.K. & Djè Y., 2003, Caractérisation botanique et agronomique de trois espèces de cucurbites consommées en sauce en Afrique de l'Ouest: *Citrullus* sp. *Cucumeropsis mannii* Naudin et *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **7**, 3-4, 189-199.
  43. Zoro Bi I.A., Koffi K.K., Djè Y., Malice M. & Baudoin J.P., 2006, Indigenous cucurbits of Ivory Coast. Review of their genetic resources. *Sci. Nat.* **3**, 1, 1-9.

Yah Gwladys Gnamien, Ivoirienne, Diplôme d'Etude Approfondie en Sciences Agronomiques et Ingénierie Biologique de la Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, Doctorante, Université d'Abobo-Adjamé.

I.A. Zoro Bi, Ivoirien, Doctorat en Sciences Agronomiques et Ingénierie Biologique de la Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux. Enseignant chercheur, Université d'Abobo-Adjamé.

Y. Djè, Ivoirien, Doctorat en Génétique et Biologie Moléculaire de l'Université Libre de Bruxelles. Enseignant chercheur et Doyen de l'UFR des Sciences de la Nature, Université d'Abobo-Adjamé.

A. Toussaint, Belge, Ir agronome, orientation Horticulture et Dr en Sciences agronomiques de la Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux. Professeur à temps partiel à l'Université de Liège Gembloux Agro-Bio Tech, Unité de Phytotechnie tropicale et Horticulture.

J.-P. Baudoin, Belge, Ir agronome, orientation Agronomie tropicale et subtropicale et Dr en Sciences agronomiques de la Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux. Professeur Ordinaire à l'Université de Liège Gembloux Agro-Bio Tech, Unité de Phytotechnie tropicale et Horticulture.

# Incitation par les prix, rentabilité et compétitivité de la production du riz au sud Togo

K. Yovo<sup>1</sup>

Keywords: Increase- Price- Profitability- Competitiveness- Rice Growing- Togo

## Résumé

*Le renchérissement sans cesse croissant du prix du riz importé n'est pas nécessairement préjudiciable à l'économie togolaise. S'il pénalise le consommateur, du fait de la baisse de son pouvoir d'achat, il constitue une source d'incitation au producteur. C'est ce que la présente étude a essayé de montrer à partir d'une enquête menée auprès des riziculteurs au sud Togo. En effet, des données relatives à la riziculture pluviale et à la riziculture irriguée de bas-fonds analysées au moyen de la Matrice d'Analyse de Politiques permettent de conclure que la forte flambée (40%) du prix du riz intervenue dès avril 2008 a induit une amélioration de la rentabilité et de la compétitivité de la production du riz au sud Togo. De plus, l'étude a montré que la faible compétitivité du riz local n'est pas seulement liée à son coût de production exorbitant mais également à la piètre qualité du produit qui ne favorise pas son placement sur le marché. Dès lors, surmonter les difficultés du placement du riz local revient à améliorer le rapport qualité/prix peu attractif.*

## Summary

### Price Incentive, Profitability, and Competitiveness of Rice Production in the South of Togo

*The ever-growing increase in the price of imported rice is not necessarily detrimental to the Togolese economy. Although it penalizes the consumer due to low purchasing power, this situation is an incentive to the producer. This study intends to show this from an investigation with rice growers in the south of Togo. As a matter of fact, data related to pluvial rice growing and to irrigated rice growing that are analyzed by means of the of Policy Analysis Matrix allow to conclude that the high explosion (40%) in rice prices that occurred since April 2008 has brought about improvements in profitability and competitiveness of rice production in the south of Togo. Moreover, the study has shown that the low competitiveness of local rice is not only linked with its exorbitant production cost but also with the very poor quality of the produce which does not favor its placing on the market. Consequently, overcoming difficulties related to demand for of local rice amounts to improving the less attractive quality/price relationship.*

## Introduction

Au cours des dernières années, les populations des pays en développement et particulièrement ceux en Afrique au sud du Sahara connaissent une crise alimentaire sans précédent caractérisée par une dégradation de leur pouvoir d'achat consécutive au renchérissement du prix des denrées alimentaires. Cette crise alimentaire a révélé les limites des politiques agricoles mises en œuvre jusqu'à ce jour par les pouvoirs publics en vue d'assurer la sécurité alimentaire et dont l'une des composantes principales est l'importation du riz. Comme solution au problème de la crise alimentaire, nombre de pays essaient de trouver des solutions durables notamment la mise en place d'une politique d'autosuffisance alimentaire et en particulier celle de l'auto approvisionnement en riz. L'un des effets attendus de la dévaluation survenue en janvier 1994 dans les pays de l'UEMOA, est que le changement de la parité monétaire en renchérisant les importations devrait stimuler un accroissement de la production locale. Malheureusement tel n'a pas été le cas. L'impact de la dévaluation sur la production du riz n'a été que marginal. En dépit de la dévaluation, les

importations du riz ont évolué de façon croissante en Afrique de l'Ouest réduisant l'incitation à la production locale (4, 5, 8).

Le Togo, en particulier, avec une production moyenne de 45.000 tonnes de riz blanc, importe au moins 50.000 tonnes de riz blanc pour couvrir les besoins de sa population. Pour une population qui croît au rythme de 3%, la croissance annuelle de la production rizicole n'a été que de 2,62% sur la période 2001-2007 contre une croissance de la consommation moyenne apparente *per capita* de 3,3%. En outre, au cours de 2000 à 2007, les superficies emblavées du riz ont affiché une baisse tendancielle passant de 38.000 à 30.000 ha (3). Cela est dû aux contraintes à la production rizicole notamment le coût élevé de la production et l'absence d'incitation par les prix. C'est dans ce contexte que le Togo comme la plupart des pays en Afrique au Sud du Sahara va se trouver confronté au problème de la flambée exorbitante du prix du riz importé à partir du mois d'avril 2008. Avant cette date, le riz importé, à qualité égale, coûtait nettement moins cher que le riz local. Par exemple,

<sup>1</sup> Département d'Economie et de Sociologie Rurales, Ecole Supérieure d'Agronomie /Université de Lomé, BP. 1515, Lomé, Togo.  
Reçu le 02.09.10 et accepté pour publication le 13.10.10.

entre 2006-2007, à Lomé, le riz thaïlandais coûtait en moyenne 300 F/kg contre 375 F/kg, le prix du riz de Kovié. Avec la flambée du prix du riz importé de l'ordre de 30% en avril 2008, le riz local, suite à l'augmentation de sa demande, a vu également son prix flamber atteignant 40% (6). Ce renchérissement du prix du riz s'il pénalise le consommateur du fait de la baisse de son pouvoir d'achat est perçu comme une aubaine pour les riziculteurs qui tentent de saisir l'opportunité ainsi créée pour accroître leur revenu issu de la production rizicole. Des études ont montré que le Togo dispose d'énormes potentialités pour assurer son autosuffisance en riz. Le potentiel de bas-fonds et de terres irrigables à vocation rizicole étant estimé à plus de 30.000 ha (4).

La présente étude tente d'apporter une réponse à la question suivante: le renchérissement du prix du riz local a-t-il induit une amélioration de la rentabilité financière, économique et de la compétitivité de la production?

## Méthodologie

Pour apprécier la rentabilité et la compétitivité de la production du riz au Togo, une enquête a été menée auprès de 250 producteurs de riz choisis de façon aléatoire dans trois villages situés au sud du Togo: Mission Tové, Kovié et Assomé. Les raisons du choix de ces villages tiennent au fait que c'est une zone riche en bas-fonds que le gouvernement entend valoriser à des fins de production rizicole. Sur les 250 riziculteurs, 88 pratiquent la riziculture pluviale de bas-fonds et 162, la riziculture irriguée de bas fonds. Un outil couramment utilisé dans les études visant à évaluer l'impact d'une politique économique sur l'efficacité des systèmes de production agricole est la Matrice d'Analyse des Politiques (MAP). C'est un système de comptabilité à double entrée qui permet d'évaluer l'impact des politiques macroéconomiques sur les revenus (profits) des agriculteurs et sur ceux de la collectivité (7). La structure de la MAP est présentée dans le tableau 1.

Les grandeurs D et H représentent respectivement des indicateurs de la rentabilité financière et économique

de la production. Ces indicateurs peuvent être appréhendés en termes de ratios. Ce sont:

le ratio coût bénéfice financier CBF=  $C / (A - B)$  et  
le ratio coût - bénéfice économique CBE=  $(F + G) / E$ .

Quant à l'indicateur de compétitivité, il est donné par le Coût en Ressources Intérieures CRI=  $G / (E - F)$ .

Les autres indicateurs se rapportent aux transferts et peuvent être aussi présentés sous forme de ratios. Ce sont:

le Coefficient de Protection Nominale (CPN=  $A / E$ );  
le Coefficient de Protection Effective (CPE=  $(A - B) / (E - F)$ );

l'Équivalent Subvention Producteur (ESP=  $L / A$ ).

La construction de la Matrice d'Analyse des Politiques (M.A.P) a consisté premièrement à l'identification des différents systèmes de production rizicole, ensuite on a procédé à l'élaboration des budgets des riziculteurs au prix du marché (prix financier) puis les budgets aux prix de référence (prix économique) ont été déduits par l'élimination des distorsions incorporées dans les prix de marché du fait des interventions publiques sur le marché du riz. Dans le cas d'espèce, le prix de référence du riz est le prix de parité à l'importation obtenu par une remontée de chaîne jusqu'au port de Bangkok (8). En ce qui concerne les intrants, il convient de distinguer les intrants échangeables (engrais, pesticides, semences) et les intrants domestiques (terre, main-d'œuvre, capital). Le prix de référence des intrants échangeables, c'est le prix international corrigés des distorsions. Le prix de référence des intrants domestiques, c'est leur coût d'opportunité<sup>2</sup>.

## Résultats et discussion

Avant de présenter et d'analyser, la MAP, il convient de décrire les systèmes de production rizicole dans la zone d'étude.

### 1. Analyse des systèmes de production rizicole

Deux systèmes principaux de productions se rencontrent dans la zone. Il s'agit de la riziculture pluviale de bas fonds et de la riziculture irriguée de

Tableau 1  
Matrice d'Analyse de Politiques

	Recettes	Intrants échangeables	Intrants domestiques	Profits
Prix financiers	A	B	C	D
Prix économiques	E	F	G	H
Divergences	I	J	K	L
D= profits financiers= A-B-C		J= Transferts sur les intrants échangeables= B - F		
H= profits économiques= E-F- G		K= transferts sur les intrants domestiques= C - G		
I= transferts sur produit= A - E		L= Transferts nets= D - H		

<sup>2</sup> Ainsi pour la terre, le coût de la location de la terre a été pris comme le coût d'opportunité de la terre, car des exploitants du milieu trouve plus profitable et moins risqué de louer les terres à 50.000 FCFA l'hectare que de la vendre ou de l'exploiter pour produire du riz. Concernant la main- d'œuvre, le salaire de la main- d'œuvre agricole en période d'intense activité (85.000 FCFA/hectare) a été pris comme le coût d'opportunité de la main- d'œuvre. Quant au capital, le coût d'opportunité retenu est celui du marché financier.

**Tableau 2**  
**Caractéristiques des systèmes de production rizicole dans le sud Togo**

	Fréquence d'utilisation de l'urée et NPK	Taille moyenne des Superficies (ha)	Rendement moyen (tonne /ha)	Variétés utilisées	Pourcentage de riziculteurs
La riziculture pluviale de bas fonds	0 à 1 fois pour le cycle	0,35	1,5	Traditionnelles, Nerica, IR841	35%
La riziculture irriguée de bas fonds	1 à 3 fois pour le cycle	1,2	2,5	IR841, TGR, NERICA	65%

Source: Résultats d'enquête.

bas fonds. Leurs caractéristiques sont présentées dans le tableau 2.

*La riziculture pluviale de bas-fonds:* elle correspond à une production traditionnelle caractérisée par des exploitations de petites tailles moins d'un hectare. Ce type de riziculture utilise beaucoup de main-d'œuvre familiale mais très peu de capital. Dans ce système, le riz est en général cultivé en association avec le maïs, l'igname, le gombo, etc. Les rendements sont faibles, en moyenne 1,5 tonne/hectare en raison de l'itinéraire technique mal suivi: négligence des traitements phytosanitaires, faible utilisation des engrais, utilisation intensive des variétés traditionnelles. La production est surtout destinée à l'autoconsommation; néanmoins, quelques exploitants arrivent à dégager de maigres surplus qui sont vendus sur le marché local (marché de Kovié). La plupart des parcelles sont acquises soit par achat, par don ou par héritage.

*La riziculture irriguée de bas fonds:* elle correspond à une exploitation traditionnelle améliorée à vocation semi intensive. Elle est caractérisée par une alimentation en eau des périmètres rizicoles, assurée par un système de canaux. Ce réseau d'irrigation est constitué d'un canal d'amenée (de 1081 m) qui se subdivise en deux canaux primaires (1 m<sup>3</sup>/s et 1,65 m<sup>3</sup>/s de débit) qui à leur tour aussi se subdivisent en vingt-quatre canaux secondaires construits en béton armé. Sur ces derniers se greffent des canaux tertiaires qui sont en terre et qui alimentent directement les périmètres rizicoles. Les exploitations sont de taille beaucoup plus appréciable, en moyenne de 1,2 hectares. L'itinéraire technique est mieux suivi qu'en riziculture pluviale: usage du motoculteur pour le labour, utilisation plus intense des engrais et des variétés améliorées à cycle court dont le Nerica et IR 841; ce qui permet d'atteindre un rendement moyen de 2,5 tonnes/hectare. La récolte est destinée essentiellement à la vente sur le marché local ou à la rizerie.

Les exploitants accèdent à la terre le plus souvent par la location des périmètres rizicoles. Pour ce système, deux voire trois productions sont possibles dans l'année.

L'itinéraire technique suivi par les deux types de système de riziculture sont les mêmes et se déroule comme suit :

- Préparation du sol: elle comprend les opérations suivantes: le défrichage, le ramassage et le brûlage des herbes, le dessouchage, le labour, le nivellement.
- Le semis: le riz est semé directement (en poquet ou à la volée) ou repiqué. Le semis en ligne n'est pratiqué que par 45% des exploitants malgré ses avantages incontestables.
- L'entretien comprend le sarclage, la fumure, les traitements phytosanitaires.
- La récolte se fait après environ 120 jours lorsque la majorité des grains sont durs et prennent une couleur jaune. La récolte se fait manuellement à l'aide des faucilles ou des couteaux soit en coupant les pailles à quelques centimètres du sol, soit en ne prélevant que les panicules.
- Le battage se fait habituellement au champ, aussitôt après la récolte ou après séchage, dans l'intervalle d'une semaine. Il consiste à battre au sol sur un objet dur (tronc d'arbre, tonneau, pierre, etc) ou rarement à l'aide d'une batteuse à pédale pour les panicules récoltées. Le battage traditionnel a l'inconvénient de générer beaucoup de déchets (cailloux, grains de sable, débris végétaux) dans la récolte.
- Séchage et vannage: le riz paddy dure 20 à 30 jours au séchoir mais avec un temps bien ensoleillé, il faut seulement 5 à 10 jours. Les grains séchés sont ensuite vannés à l'aide des bassines (sous l'effet du vent) ou plus rarement à l'aide des vanneuses.
- Le décorticage se fait à l'aide des décortiqueuses et consiste à séparer le grain de ses enveloppes, ses glumes et glumelles. Cette étape comprend aussi le blanchiment. Les décortiqueuses utilisées produisent un taux élevé de brisures et un sous-produit qui est un mélange de balles, de sons et de débris, dépréciant la qualité du riz blanc obtenu. Le pourcentage de riz décortiqué est de 65%.
- Le conditionnement: le riz décortiqué et destiné à la vente est conditionné dans des sacs de 5 kg, 50 kg ou de 100 kg ou directement vendu en vrac.

## **2. Rentabilité de la riziculture pluviale et irriguée de bas-fonds**

<sup>3</sup>«Avant la flambée » concerne la période allant de 2005 à 2006. Les prix utilisés dans les calculs sont les prix moyens de cette période. La flambée des prix avait déjà commencé depuis le deuxième semestre de l'année 2007 pour atteindre un niveau record en avril 2008.

Les résultats relatifs à la MAP sont présentés dans le tableau 3. Il ressort de l'analyse de ceux-ci qu'avant la flambée des prix<sup>3</sup>, le profit financier est positif ( $D > 0$ ) et le ratio coût bénéfice financier est de 0,29 pour les deux systèmes de production. Ce qui veut dire que les riziculteurs arrivent à tirer profit de la production du riz grâce à la politique de subvention mise en place par les pouvoirs publics. Cette politique de subvention porte à la fois sur les intrants et le produit. S'agissant des intrants, on peut noter qu'avant la flambée des prix, certains intrants notamment les engrais étaient encore subventionnés. Par exemple, entre 2005-2006, le prix du kilo d'engrais NPK et d'urée était en moyenne de 155 FCFA sur le marché local alors que dans les pays limitrophes, le prix moyen de cession du kilo était 240 FCFA. De fait, les engrais bénéficiaient d'une subvention de 55% avant la libéralisation du marché des engrais en 2006 (9).

En dehors de la subvention sur les intrants, il y avait également une subvention sur le produit qui s'est opérée à travers la taxation des importations. Cette taxation, si elle pénalise le consommateur du fait qu'elle abaisse son pouvoir d'achat, protège le producteur de la baisse du prix du riz sur le marché. Il y a donc un transfert d'effet sur le produit. Cet effet est mesuré par les indicateurs à savoir les Coefficients de Protection Nominale (CPN), les coefficients de

protection effective supérieurs à 1 et les Equivalents Subvention au Producteur (ESP) supérieurs à 0 pour les deux systèmes de production rizicole.

Sans cette subvention, il est probable que la rentabilité soit négative. En effet, le signe négatif du profit social (profit économique) H pour les deux systèmes confirme cette hypothèse. Le signe négatif du profit signifie que les politiques d'intervention de l'Etat par le biais des subventions ont contribué à rentabiliser les deux systèmes de production rizicole. On peut donc déduire que ces deux systèmes n'étaient pas viables sans subvention. Le signe négatif du profit social signifie que les deux systèmes de production rizicole représentent du point de vue de la collectivité un coût. Des transferts de revenus sont générés par la collectivité pour soutenir ces systèmes de production.

Après la flambée, les profits financiers D et économiques H sont positifs grâce au relèvement des prix. Le relèvement des prix a permis aux riziculteurs de rentabiliser leur production bien que le coût des intrants notamment celui des engrais ait connu un accroissement du fait de la libéralisation de la filière. Le relèvement des prix de 40% a induit une augmentation du profit financier de 24% et 22% respectivement pour la riziculture pluviale de bas-fonds et la riziculture irriguée de bas-fonds tandis que le profit économique

**Tableau 3**  
**Matrice d'Analyse de Politiques (Unité FCFA/tonne)**

<i>MAP riziculture pluviale avant flambée des prix</i>				
	Recettes	Intrants échangeables	Intrants domestiques	Profits
Prix financiers	A 250000	B 20 610	C 67 566	D 161 824
Prix économiques	E 190 290	F 56 820	G 135 900	H - 1 610
Divergences	I 59 710	J -36 210	K - 68 334	L 164 254
Indicateurs	CBF=0,29; CBE=1,01; CRI= 1,02; CPN=1,31; CPE=1,72; ESP=0,66			
<i>MAP riziculture irriguée avant flambée des prix</i>				
	Recettes	Intrants échangeables	Intrants domestiques	Profits
Prix financiers	A 250000	B 46 515	C 102 320	D 101 165
Prix économiques	E 190 290	F 67 300	G 175 112	H -52 122
Divergences	I 59 710	J - 20 785	K -72 792	L 153 287
Indicateurs	CBF= 0,50; CBE= 1,27; CRI= 1,42; CPN= 1,27; CPE= 1,65; ESP= 0,61			
<i>MAP riziculture pluviale après flambée des prix</i>				
	Recettes	Intrants échangeables	Intrants domestiques	Profits
Prix financiers	A 350 000	B 28 350	C 121 200	D 200 450
Prix économiques	E 275 000	F 25 850	G 115 120	H 134 030
Divergences	I 75 000	J 2500	K 6080	L 66 420
Indicateurs	CBF= 0,38; CBE= 0,51; CRI= 0,46; CPN= 1,27; CPE= 1,29; ESP= 0,19			
<i>MAP riziculture irriguée après flambée des prix</i>				
	Recettes	Intrants échangeables	Intrants domestiques	Profits
Prix financiers	A 350 000	B 51 012	C 175 112	D 123 876
Prix économiques	E 275 000	F 48 125	G 161 320	H 65 555
Divergences	I 75 000	J 2 887	K 13 792	L 58 321
Indicateurs	CBF= 0,58; CBE= 0,76; CRI= 0,71; CPN=1,27; CPE=1,32; ESP= 0,17			

Source: calculs de l'auteur.

s'est amélioré de 85% et 225% respectivement. Le relèvement des prix a donc amélioré l'efficacité économique de la production du riz.

Que ce soit avant ou après, il ressort de la lecture du tableau 3 que la riziculture pluviale de bas-fonds apparaît financièrement et économiquement plus rentable que la riziculture irriguée de bas-fonds. Bien que le rendement en riz du système irrigué soit presque deux fois supérieur à celui du système pluvial, l'écart en termes de profit privé n'est que de 37%. Ceci est dû au coût élevé des intrants échangeables notamment les pesticides et engrais intensivement utilisés en riziculture irriguée. Les prix de ces intrants échangeables tiennent à leurs prix élevés d'acquisition. Ces prix comportent une bonne composante fiscale [12% selon Yovo et Sedzro (9)] qu'il convient de baisser en vue d'accroître la rentabilité de la production du riz.

### 3. Compétitivité de la riziculture pluviale et irriguée de bas-fonds

La lecture du tableau 3 montre que les coûts en ressources intérieures avant la flambée des prix sont supérieurs à l'unité indiquant que les systèmes de production du riz dans la localité n'étaient pas compétitifs avant la flambée des prix. Autrement dit, il revenait moins cher d'importer du riz que d'en produire localement. Ce résultat permet de comprendre pourquoi avant la flambée, le riz importé coûtait moins cher que le riz local. Par exemple, entre 2006-2007, le riz thaïlandais coûtait en moyenne 300 FCFA/kg contre 375 FCFA/kg, le prix du riz de Kovié à Lomé. La faible compétitivité du riz local n'est pas seulement liée à son coût de production exorbitant mais également à la piètre qualité du produit qui ne favorise pas son placement sur le marché. La présence de cailloux et de débris dans le riz local dévalorise sa qualité commerciale et le rend peu attractif. On peut dès lors avancer que l'importation du riz n'est pas la principale cause des difficultés du placement du riz local. Le réel handicap au placement de ce dernier tiendrait au rapport qualité/prix peu attractif (1).

Après la flambée des prix, les deux systèmes enregistrent une amélioration significative de leur CRI. Tous les coefficients sont inférieurs à l'unité. La riziculture pluviale de bas-fonds se révèle plus compétitive que la riziculture irriguée de bas-fonds dans la mesure où elle utilise peu d'intrants. L'amélioration de la compétitivité de la production locale par rapport au marché international peut être assimilée à une amélioration de l'avantage comparatif de la zone concernée dans la production du riz ou une amélioration de l'efficacité de l'utilisation des facteurs de production. Cela s'explique par le fait que le relèvement des prix a permis de rémunérer les facteurs de production (travail, terre, capital) à leur coût marginal. Le relèvement du prix du riz offre donc une opportunité pour la relance de la production

rizicole au Togo. Des études ont montré que le Togo dispose de grandes potentialités pour assurer son autosuffisance en riz. Les potentialités en matière d'utilisation des bas-fonds (ou d'irrigation en aval de retenues d'eau déjà existantes) sont très largement sous-exploitées, faute d'aménagement et d'appui à leur mise en valeur. Les réalisations menées dans certains pays de la sous-région montrent cependant qu'il est possible d'aménager ces bas-fonds à coût réduit, et d'y développer, avec des perspectives attrayantes de rentabilité de la riziculture (4).

Au total, l'utilisation des variétés à haut rendement, la baisse significative de la taxe sur les intrants, l'amélioration du taux de décorticage, la bonne présentation du produit, la mise en place d'une taxe variable à l'importation selon le cours international et l'organisation des opérateurs en vue des approvisionnements importants et réguliers constituent les principaux déterminants de la compétitivité du riz local.

### Conclusion

Le renchérissement sans cesse croissant du prix du riz importé n'est pas nécessairement préjudiciable à l'économie togolaise. S'il pénalise le consommateur, du fait de la baisse de son pouvoir d'achat, il constitue une source d'incitation au producteur. C'est ce que la présente étude a essayé de montrer à partir d'une enquête menée auprès des riziculteurs au sud Togo. En effet, des données relatives à la riziculture pluviale et à la riziculture irriguée de bas-fonds analysées au moyen de la Matrice d'Analyse de Politiques permettent de conclure que la forte flambée (40%) du prix du riz importé intervenue dès avril 2008 a induit une amélioration de la rentabilité et de la compétitivité de la production du riz au sud Togo. Pour les producteurs du riz, cette amélioration constitue une incitation à l'accroissement des superficies rizicoles et pour l'Etat, une motivation pour accroître le financement de la production rizicole en vue d'une réduction de la facture des importations. De plus, l'étude a montré que la faible compétitivité du riz local n'est pas seulement liée à son coût de production exorbitant mais également à la piètre qualité du produit qui ne favorise pas son placement sur le marché. La présence de cailloux et de débris dans le riz local dévalorise sa qualité commerciale et le rend peu attractif. Ainsi pour surmonter les difficultés du placement du riz local liées au rapport qualité/prix peu attractif, il convient de former et d'informer les producteurs, de protéger le marché intérieur par une politique de taxation judicieuse, et d'organiser la filière en mettant l'accent sur le volet transformation. Ce faisant, une relance de la production locale est envisageable. Les potentialités en matière d'utilisation des bas-fonds (ou d'irrigation en aval de retenues d'eau déjà existantes) sont très largement sous-exploitées, faute d'aménagement et d'appui à leur

mise en valeur. Les réalisations menées dans certains pays de la sous-région montrent cependant qu'il est possible d'aménager ces bas-fonds à coût réduit, et d'y développer, avec des perspectives attrayantes de rentabilité, la riziculture, ainsi que d'autres spéculations vivrières, ce qui contribuera à accroître les revenus

ruraux et à améliorer les disponibilités alimentaires. De même, la réhabilitation et la mise en valeur, à des fins agricoles, des petites retenues d'eau disséminées dans le pays offre des perspectives intéressantes, notamment pour le développement de la riziculture à petite échelle.

### Références bibliographiques

1. Agbobli K. & Tétévi K., 2005, Politique de sécurité alimentaire au Togo: point de l'opération jointe venture avec les riziculteurs pour la promotion locale du riz compétitif au Togo. ITRA, Togo. 8 p.
2. CIRAD, 2006, La compétitivité de la filière riz, Livret de l'apprenant, Module 4, Montpellier, 16 p.
3. Direction des Statistiques de l'Informatique et de la Documentation, 2009, Evolution des productions et des superficies des différentes cultures du Togo, Lomé, Togo. 5 p.
4. FAO, 2002, Stratégie de croissance du secteur agricole et rural au Togo, Rapport final, FAO/Togo, pp. 35-40.
5. Maurice O., 2004, Les filières rizicoles en Afrique de l'Ouest et la nécessité de la souveraineté alimentaire: cas du Burkina Faso, Editions du SEDELAN, 40 p.
6. Ministère de l'information, 2008, Hausse des prix et la politique de sécurité alimentaire au Togo; Togo Presse N°7235 du 25 avril 2008, pp. 2-3.
7. Monke E.A. & Scott R. Pearson, 1989, The Policy Analysis Matrix for agricultural development, Cornell University Press, pp. 65-85.
8. Sylla K., 1997, Politiques d'incitation et performance économique des filières café, cacao et riz: le cas du centre ouest de la Côte-d'Ivoire. Thèse de doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle, CIRES. Université de Cocody, Abidjan. Pp. 155-170.
9. Yovo K. & Sedzro K., 2008, Etude du marché des produits agrochimiques au Togo, rapport de recherche ITRA /IITA. Pp. 45-50.

K. Yovo, Togolais, Docteur en Economie Rurale, Enseignant-chercheur au Département d'Economie et de Sociologie Rurales, Ecole Supérieure d'Agronomie, Université de Lomé, BP. 1515, Lomé, Togo. Téléphone mobile: 909.59.20 Téléphone fixe: 225.41.97 E-mail: [koffiyovo@yahoo.fr](mailto:koffiyovo@yahoo.fr)



#### ***In memory of Professor Peter van den Bossche (1962 -†2010)***

Prof Peter Van den Bossche suddenly died on November 11 in a tragic car accident.

Peter was one of the few people with a longstanding field experience about tsetse and trypanosomiasis control in Africa. From 1989 to 1994 he worked in the *Belgian Animal Disease Control Project* in Chipata, Zambia, after which he moved to the *Regional Tsetse and Trypanosomiasis Control Project* in Southern Africa. He played a key role and contributed significantly to the success of this project. In 2000 he joined the animal health department of the Institute of Tropical Medicine in Antwerp and in 2005 he became head of the disease control unit of the department. Peter was also extraordinary professor at the veterinary faculty of the University of Pretoria, South Africa. He was a hard working, highly motivated and very productive researcher, always enthusiastic and optimist. The sudden death of Peter is a great loss in the first place for his wife and three children, but also for the Institute of Tropical Medicine and the whole scientific community.

#### ***À la mémoire de Peter Van den Bossche (1962 -†2010)***

Le 11 novembre, le Prof. Peter Van den Bossche a trouvé la mort dans un accident de voiture tragique. Peter était l'une des rares personnes avec une longue expérience de terrain dans le contrôle de la mouche tsé-tsé et de la trypanosomiase en Afrique. De 1989 à 1994, il a travaillé pour le *Belgian Animal Disease Control Project* à Chipata, Zambie. Après quoi, il a collaboré et puis géré le *Regional Tsetse and Trypanosomiasis Control Project* en Afrique australe. Dans ce projet, il a joué un rôle central et a contribué de manière significative à son succès. En 2000, il a rejoint le département de santé animale de l'Institut de Médecine Tropicale à Anvers et, en 2005, il est devenu chef de l'unité de contrôle des maladies. Peter était également professeur extraordinaire à la faculté vétérinaire de l'université de Pretoria, Afrique du Sud.

Peter était un ouvrier du travail et un chercheur très motivé et productif, toujours enthousiaste et optimiste. La mort subite de Peter est une grande perte en premier lieu pour son épouse et ses trois enfants, mais aussi pour l'Institut de Médecine Tropicale et toute la communauté scientifique.

# Compostage et qualité du compost de déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

E. Compaoré\* & L.S. Nanéma

Keywords: Urban- Solid wastes- Composting- Maturity- Chemical elements- Heavy metals- Burkina Faso

## Résumé

*Une étude de compostage de déchets urbains solides a été conduite afin d'évaluer la qualité du compost de déchets. Des déchets solides de décharges publiques de la ville de Bobo-Dioulasso ont été collectés, triés, et mis en compostage dans des fosses avec le fumier, la paille et le phosphate naturel de Kodjari. Au cours du compostage, le pH a atteint 8,6; le taux d'humidité 68% et la température 65 °C avant de baisser puis se stabiliser respectivement à 7,1; 30% et 31 °C au terme du compostage. Les composts obtenus ont une fraction fine  $\leq 2$  mm importante, environ 65%. Ils contiennent des teneurs de carbone, de matière organique, d'azote, de phosphore et de potassium acceptables et des rapports C/N assez bas, par rapport aux normes internationales. Leurs teneurs en métaux lourds (Cu, Pb, Ni et Zn) sont assez élevées mais inférieures aux valeurs limites, avec une prédominance du Zn et du Pb. La qualité des composts est acceptable et est améliorée par l'ajout du phosphate de Kodjari.*

## Summary

### Composting and Compost Quality of Urban Solid Wastes in Bobo-Dioulasso Town, Burkina Faso

*A study of urban solid wastes composting was conducted to evaluate wastes compost quality. Wastes of municipal dumps of Bobo-Dioulasso have been collected, separated and composted with cow manure, grass and Kodjari phosphate rock. During composting the pH increased up to 8.6, the moisture up to 68% and the temperature up to 65 °C before decreasing and then stabilizing at 7.1; 30% and 31 °C respectively. Particle size distribution of composts showed that the fraction  $\leq 2$  mm is dominant, about 65%. The organic matter, C, N, P and K contents of the composts are acceptable but the C/N ratio was relatively low in comparison with international standard. The heavy metals (Cu, Pb, Ni and Zn) contents in composted urban wastes were relatively high with higher content of Zn and Pb. The compost obtained was of good quality and the addition of Kodjari phosphate rock enhanced this quality.*

## Introduction

Les sols du Burkina Faso sont insuffisamment pourvus en éléments nutritifs assimilables par les plantes (N, P, Ca, etc.) (6, 14). Ainsi, ils ne peuvent en l'état assurer une production agricole acceptable sans que des apports massifs d'engrais chimiques ou d'amendements organiques ne leur soient appliqués. Par ailleurs, l'urbanisation galopante engendre des déchets dans les grandes villes du Burkina Faso. Ces déchets s'amoncellent dans des décharges anarchiques malgré les efforts des municipalités à les résorber. Car les méthodes traditionnelles d'incinération et d'enfouissement n'arrivent plus à juguler les déchets produits. Les déchets ont des teneurs élevées en éléments nutritifs et en métaux lourds sous des formes et de disponibilité très variées. Ainsi, les éléments nutritifs contenus dans ces déchets sont de plus en plus recyclés comme fertilisant dans l'agriculture urbaine et périurbaine par les producteurs, le plus souvent en application directe car la proportion compostée reste faible. Les risques de pollution des sols et de la nappe phréatique et aussi de contamination de la chaîne alimentaire à long terme existent. Mais le compostage des déchets urbains

avant leur utilisation peut réduire significativement les problèmes de pollution. Car, il permet le tri de certains éléments indésirables et l'hygiénisation du compost produit, ce qui va limiter la contamination de l'environnement. Le compostage de déchets urbains est de plus en plus reconnu comme une méthode de gestion viable pour les débris organiques solides. Les composts produits présentent des teneurs élevées de matière organique et d'éléments nutritifs, N, P, K (8), contribuent à la nutrition des plantes (8, 12) et permettent l'augmentation significative des rendements des cultures (8). Le compostage est actuellement considéré comme une composante écologiquement durable dans un système de gestion intégrée des déchets et aurait à cet effet un triple avantage: l'assainissement de l'environnement urbain, la réduction des risques pour la santé et l'accroissement de la productivité agricole par le renouvellement des éléments nutritifs des sols. En dépit de ces aspects positifs, des études ont montré que le compostage n'est pas exempt de problèmes de pollution. En effet les composts de déchets urbains peuvent contenir des éléments indésirables tels que les métaux lourds

INERA, Station de Recherches Agricoles de Farako-Bâ, 01 B.P. 910, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

Auteur correspondant: E. Compaoré Tél: (226) 20 98 23 29/ Fax: (226) 20 97 01 59; E-mail: [ecompaorez@hotmail.com](mailto:ecompaorez@hotmail.com)

Reçu le 11.03.10 et accepté pour publication le 20.10.10.

(plomb, mercure, cadmium, chrome...), les polluants organiques et les microorganismes pathogènes.

Cependant, la mise au point ou l'identification de techniques de compostage de déchets urbains et l'évaluation de la qualité des composts de déchets sont indispensables pour la fabrication de composts de qualité.

Cette étude a donc pour objet de tester le mode compostage aérobie en fosse, le mode le plus répandu et d'évaluer la qualité du compost de déchets dont les principaux critères d'évaluation sont la maturité, la présence d'impuretés, la teneur en éléments fertilisants et la concentration en métaux lourds et en contaminants organiques.

### Matériel et méthodes

L'expérimentation a été conduite dans la station de recherche de Farako-Bâ, Burkina Faso située entre la longitude 04° 20 Ouest et la latitude 11° 06 Nord. La température minimale est de 10 °C et la maximale de 37 °C, l'évapotranspiration assez forte, varie en moyenne de 1700 mm à 1800 mm par an.

### Matériel expérimental

Les déchets solides provenaient des dépôts sauvages de la ville de Bobo-Dioulasso. Le fumier a été ramassé dans l'étable de la station de Farako-Bâ. La paille a été prélevée dans la végétation naturelle de la dite station. Le phosphate naturel de Kodjari (PNK) a été extrait de la mine de Kodjari (Est du Burkina Faso). Il est difficilement soluble dans l'eau et contient 25% de  $P_2O_5$ .

### Méthode de compostage

La technique de compostage adoptée fut le compostage aérobie en fosses. C'est un processus de dégradation des déchets organiques en présence de l'oxygène de l'air. Les fosses ont été construites en ciment de capacité 4,5 m<sup>3</sup> (longueur 2 m, largeur 1,5 m et profondeur 1,5 m) et à fond étanche (en béton) pour éviter les pertes des éléments solubles par lixiviation pendant l'arrosage. Chaque fosse reçoit 700 kg de déchets en couches successives à raison de 100 kg de déchets pour 12 kg de paille hachée, 3 kg de phosphate naturel de Kodjari (PNK) et 5 kg de fumier. Les traitements répétés 3 fois étaient les suivants:

T<sub>0</sub> - déchets solides seuls;

T<sub>1</sub> - déchets solides + PNK + fumier de ferme + paille;

T<sub>2</sub> - déchets solides + PNK + fumier de ferme.

Le contenu des fosses a été arrosé à 30% du poids des déchets soit environ 250 litres le 1<sup>er</sup> jour et 200 litres le 3<sup>ème</sup> jour. Cette quantité est réduite en fonction du taux d'humidité constaté. Le contenu des fosses a été retourné chaque semaine 5 fois et par la suite une fois par mois afin d'assurer une bonne aération et de permettre une fermentation aérobie.

### Caractérisation physique et chimique du compost

- Le taux d'humidité du substrat a été mesuré en séchant une masse de compost frais (MF) pendant 48 heures à 70 °C à l'étuve. Après étuvage, la masse sèche (MS) est pesée. Le taux d'humidité a alors été exprimé en adoptant la formule suivante (13):

$$\text{Teneur en eau (\%)} = 100 \times \frac{MF \times MS}{MF}$$

- La température du substrat prise chaque semaine a été effectuée en fin de matinée grâce à un thermomètre métallique.

- Les composts séchés ont été fractionnés à l'aide de tamis de 10, 5 et 2 mm.

- Le pH (1: 2,5 H<sub>2</sub>O), le carbone organique (Walkley-Black), l'azote total (Kjedhal), le phosphore total et le potassium total (attaque à l'acide perchlorique, 70%) et le phosphore assimilable (Bray-I) ont été déterminés.

- Les concentrations totales en métaux lourds ont été déterminées en minéralisant un échantillon de compost avec un mélange de HNO<sub>3</sub>, HClO<sub>4</sub> et HF. Les résidus ont été repris avec du NO<sub>3</sub> et du HCl.

### Résultats et discussion

#### Evolution de quelques paramètres physiques et chimiques des déchets solides au cours du compostage

Le processus de compostage est souvent divisé en 2 phases (3):

- une première phase ou phase active caractérisée par la disponibilité de matière organique facilement décomposable, une activité microbienne intense, des températures élevées, etc.

- une seconde phase ou stabilisation intervient lorsque les matières organiques facilement dégradables sont épuisées. Cette phase est caractérisée par un processus de minéralisation et d'humification lente.

Les résultats obtenus dans cette étude indiquent que les paramètres physico-chimiques des substrats tels que le pH, le taux d'humidité et la température ont évolué globalement au cours du compostage suivant ces deux phases.

#### Le pH

Le pH a augmenté au cours de la phase active (Figure 1). Dans le traitement T<sub>1</sub> (ordures ménagères + PKN + fumier + paille), il a augmenté progressivement de 6,5 à 8,6 au bout de la 5<sup>ème</sup> semaine. Cette valeur est restée stable de la 5<sup>ème</sup> à la 9<sup>ème</sup> semaine, puis a diminué à 7,2 à la fin du compostage. Les traitements témoin (ordures ménagères seules) et T<sub>2</sub> (ordures ménagères + PKN + fumier de ferme), ont aussi évolué comme le T<sub>1</sub> mais, avec cependant, des valeurs relativement plus faibles. Apparemment cette augmentation du pH est due à la dégradation des acides gras à chaînes courtes et à la libération d'ammoniac dans le processus d'ammonification suite à la dégradation des acides organiques (9). La stabilisation du pH à

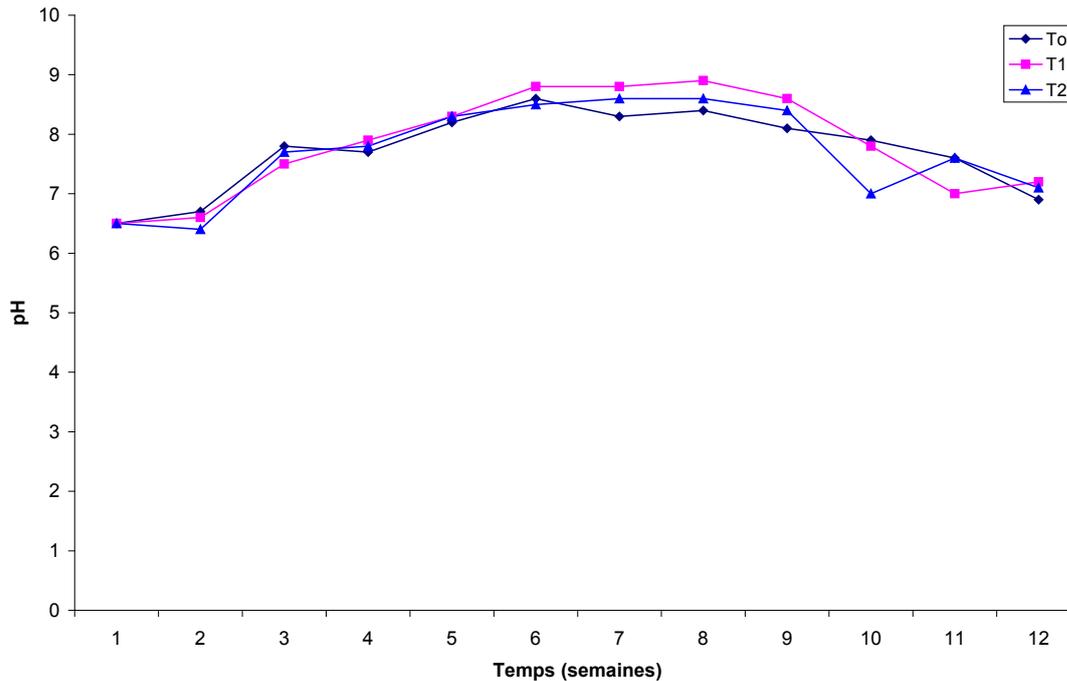


Figure 1: Evolution du pH durant le compostage.

la fin du processus est attribuée à l'oxydation de l'ammonium par les bactéries et la précipitation du carbonate de calcium (1). La composition du substrat de départ influence aussi l'évolution du pH au cours du compostage d'où la légère différence entre les traitements.

### Le taux d'humidité

Les courbes du taux d'humidité connaissent également deux phases (Figure 2), une première phase très courte d'augmentation du taux d'humidité suivi d'une phase plus longue de baisse et de stabilisation. Le taux d'humidité a augmenté jusqu'à 68% dans le traitement  $T_1$  à la deuxième semaine avant de baisser progressivement jusqu'à la 6<sup>ème</sup> semaine et se stabiliser. A partir de cette période, il est resté constant jusqu'à la

12<sup>ème</sup> semaine. A la fin du compostage, le taux d'humidité était de 30%. Les traitements  $T_0$  et  $T_2$  ont présenté les mêmes tendances, avec des valeurs presque similaires au  $T_1$ . Les fluctuations du taux d'humidité observées pourraient être dues d'une part à la présence des microorganismes aérobies et d'autre part à l'hétérogénéité et à la qualité des substrats originaux (paille, fumier, déchets). En effet, par leur respiration, les microorganismes vont épuiser l'oxygène de la masse en compostage et rendre le milieu anaérobie d'où une élévation de température. Le taux d'humidité aurait alors tendance à diminuer sous l'action conjuguée de la montée de température et l'aération due au retournement qui entraîne des pertes d'eau sous forme de vapeur (9). Le taux d'humidité plus élevé dans le traitement  $T_1$  est probablement dû à la présence de la paille.

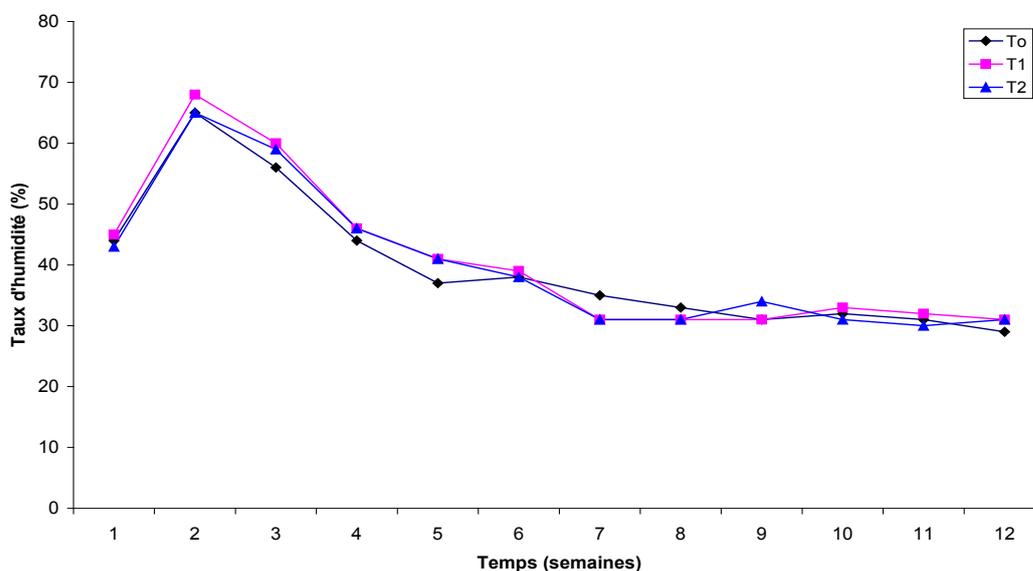


Figure 2: Evolution du taux d'humidité durant le compostage.

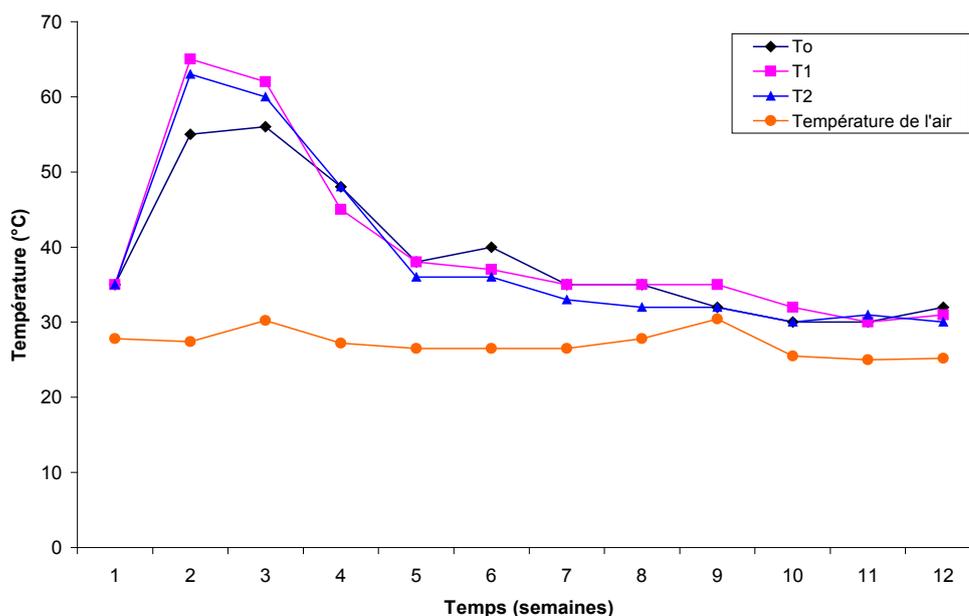


Figure 3: Evolution de la température durant le compostage.

### La température

Tous les traitements ont atteint rapidement des températures  $\geq 55$  °C dès la première semaine de décomposition et maintenues pendant au moins une dizaine de jours avec un maximum de 65 °C dans le traitement T<sub>1</sub> (Figure 3). Ces températures élevées pourraient entraîner la réduction des pathogènes et l'élimination des graines d'adventices (15). Les températures élevées caractérisent les processus de compostage aérobie et sont les indicateurs d'une activité microbienne importante. La chaleur générée accélère la décomposition des protéines, des graisses et des sucres complexes telles la cellulose et l'hémicellulose et réduit la durée du processus. L'élévation de la température au début du compostage serait due à la forte activité microbienne induite par la présence de matières organiques facilement biodégradables (17). A cette phase thermophile a succédé une phase (phase de maturation) au cours de laquelle la température dans tous les traitements s'est abaissée progressivement jusqu'à la 6<sup>ème</sup> semaine où elle s'est stabilisée à une température inférieure à 40 °C. Au bout de 90 jours de compostage les températures avaient des valeurs stables et se rapprochèrent de la température ambiante. Cette baisse de température peut être expliquée par un ralentissement de l'activité des microorganismes dû à l'épuisement des matières organiques facilement dégradables (13).

Presque tous ces trois paramètres caractéristiques du compostage sont compris dans les fourchettes normales et se sont tous stabilisés bien avant la fin du processus de compostage ce qui dénote d'une décomposition des substrats et une bonne maturation du compost.

### Qualité des composts de déchets urbains solides

La qualité du compost est souvent identifiée comme un des problèmes les plus importants de son utilisation comme amendement. Les principaux critères de

qualité des composts testés ont été: la maturité, les impuretés, les teneurs en éléments minéraux et en éléments traces.

### -La maturité

La maturité du compost est une importante caractéristique à considérer pour l'évaluation de sa qualité. Les méthodes d'évaluation de la maturité du compost sont nombreuses, car il est impossible de trouver un seul test qui puisse valablement évaluer ce critère. L'utilisation de plusieurs indicateurs tels que le rapport C/N, le test de germination, la croissance des plantes etc., s'avère nécessaire. Le rapport C/N contrôle l'équilibre microbiologique du sol. C'est le paramètre le plus communément mesuré pour évaluer la maturité d'un compost. Il a été établi qu'un rapport C/N voisin de 10-15 correspond à un compost mature (10). Les rapports C/N déterminés dans cette étude variaient de 10,5 à 13,8 et montrent ainsi que ces composts étaient presque minéralisés. Des tests de germination et de croissance du maïs et de l'arachide effectués avec les composts étudiés ont donné des résultats probants (11). Ce qui confirme que les composts produits étaient mûrs.

### -La granulométrie

Les valeurs moyennes des différentes fractions  $> 10$  mm, 5-10 mm, 2-5 mm et  $\leq 2$  sont respectivement de 10, 11, 13 et 65% (Tableau 1). Ainsi les particules

Fractions	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	%	T <sub>2</sub>	Moyenne
$> 10$ mm	9,3	11,6		10,5	10,5
5 - 10 mm	9,3	13,1		11,8	11,4
2 - 5 mm	13,3	13,7		12,3	13,1
$\leq 2$ mm	67,9	61,4		65,2	64,8

T<sub>0</sub>= déchets solides seuls, T<sub>1</sub>= déchets solides + PNK + fumier de ferme + paille, T<sub>2</sub>= déchets solides + PNK + fumier de ferme.

dont la taille est inférieure ou égale à 2 mm constituent la proportion la plus importante quelque soit le traitement.

Les composts présentait une structure dont les particules sont plus petites et assez homogènes, et dont la texture se rapproche de celle d'un sol. Ce résultat est en accord avec ceux obtenus par plusieurs auteurs dont Soudi (13) et Charnay (4). Le fort taux d'éléments fins du compost pourrait s'expliquer par le processus de décomposition-dégradation au cours du compostage et les teneurs élevées en éléments fins des déchets. Les fortes proportions des éléments fins témoignent d'une bonne qualité des composts bien que les refus avoisinent les 10%. Car les normes internationales (AFNOR) d'appréciation des substances organiques qualifient de très riches les composts dont les particules fines (< 10 mm) sont supérieures à 60% et ayant moins de 5% d'éléments indésirables.

#### - Les teneurs en éléments chimiques

Les teneurs en matière organique, carbone, azote, phosphore et potassium sont acceptables et les rapports C/N sont faibles par rapport aux normes internationales (Tableau 2). Les apports de phosphate naturel et de paille ont entraîné un accroissement des teneurs en P et C. Par exemple, le P assimilable (Pass) a été multiplié par 4,8 fois rapport au témoin. Les teneurs en éléments chimiques déterminées sont comparables à celles obtenues par Guene (7) à Ouagadougou, et légèrement plus faibles que celles déterminées par Waas (16) dans cette même ville. Selon la norme FAO, les composts fabriqués ont des teneurs faibles en matière organique, en azote et un rapport C/N bas, mais des teneurs élevées en Pt et K (Tableau 2).

Cependant, comparativement à la norme AFNOR, les composts ont des teneurs relativement élevées en matière organique, en azote, en P et K, mais avec des rapports C/N relativement faibles (Tableau 2). Ces faibles rapports de C/N peuvent s'expliquer entre autre par la nature du substrat organique utilisé dont le rapport C/N était faible (20,5) et la forte proportion en terre contenue dans les ordures (18).

Les teneurs en éléments minéraux des composts sont liées à la nature des déchets. En effet, la valeur

fertilisante du compost des déchets urbains solides est tributaire de la teneur initiale en éléments majeurs des déchets (13). L'adjonction de la paille au niveau du traitement T<sub>1</sub> pourrait expliquer la plus forte teneur en carbone dans ce traitement. Les traitements T<sub>1</sub> et T<sub>2</sub> ont des teneurs élevées en Pt et Pass. Cela pourrait provenir de l'ajout du phosphate naturel de Kodjari dans le substrat. En effet, l'apport de phosphate naturel accroît davantage les teneurs de Pt et de Pass et ce, dû à l'action des anions organiques (citrates et oxalates) provenant de la décomposition de la matière organique (5). Les composts de déchets urbains étudiés ont des teneurs en éléments fertilisants acceptables et peuvent alors être utilisés comme fertilisants.

#### - Les teneurs en métaux lourds

Les moyennes des concentrations de Zn, Ni, Pb et Cu sont respectivement de 130; 13,7; 37,5 et 15 mg.kg<sup>-1</sup> (Tableau 3). Elles sont relativement importantes, mais restent en dessous des valeurs limites des normes française et suisse (Tableau 3).

Les teneurs en métaux lourds des composts sont comparables à celles obtenues par Guene (7) dans les déchets solides de Ouagadougou. Mais elles sont élevées par rapport à celles obtenues par Wass (16) dans cette même ville. Ces différences observées pourraient être dues d'une part, à la nature des déchets et d'autre part, à la technique de compostage et aux méthodes d'analyse. Les teneurs en métaux lourds des composts sont inférieures à celles déterminées dans les déchets bruts utilisés pour le compostage (18). Cette baisse des teneurs en métaux serait probablement due à la séparation des matières indésirables avant le processus de compostage (2). Le compostage a donc entraîné une réduction des teneurs en métaux lourds du compost. Les teneurs en métaux des composts sont relativement importantes bien qu'elles soient inférieures aux valeurs limites. Ainsi, il y a lieu de craindre des risques d'accumulation de ces éléments traces suite à un épandage régulier de compost dans les champs du fait de leur temps de demie vie long (Tableau 3).

#### Conclusion

La présente étude a été conduite en vue de contribuer à une meilleure connaissance du compostage des

Tableau 2  
Caractéristiques chimiques des composts de déchets

Caractéristiques chimiques	T0	T1	T2	Moyenne	Norme FAO	Norme AFNOR
pH	7,3	7,0	6,8	7,0		
C (%)	4,07	6,76	5,33	5,4		
MO (%)	7,01	11,65	9,18	9,3	10 - 30	> 5
N (%)	0,36	0,49	0,51	0,5	0,4 - 0,5	> 0,25
C/N	11,30	13,79	10,45	11,8	15 - 20	< 20
Pt (mg P. kg <sup>-1</sup> )	1031,0	4571,4	5283,8	3628,7		
Pass (mg P. kg <sup>-1</sup> )	27,6	112,8	132,9	91,1		
Kt (%)	1,26	1,06	1,02		0,4 - 2,3	> 1

**Tableau 3**  
**Teneur en métaux lourds des composts**

Métal	T0	T1	T2	Moyenne	Normes Françaises	Normes suisses	Temps de demi-vie dans le sol
	mg kg <sup>-1</sup>						années
Zn	137,5	122,5	130	130	300	400	2100
Ni	12,5	15	13,5	13,7	50	30	1700
Pb	37,5	32,5	42,5	37,5	100	120	860
Cu	14,5	17,5	13,0	15,0	100	100	2300

déchets urbains solides et de caractériser la qualité du compost de déchets. Le compost obtenu présente des teneurs en métaux lourds largement inférieurs à la norme française et suisse. Cependant, l'utilisation de ce produit doit être contrôlée et réglementée dans la mesure où les métaux lourds peuvent s'accumuler dans le sol et peut à long terme passer dans la chaîne alimentaire ou polluer la nappe phréatique. Le compostage de déchets urbains permet ainsi d'obtenir de composts de qualité pour la fertilisation. Mais le processus de compostage s'avère quelque peu exigeant (coût et technique). Il importe alors de trouver des techniques simples et pratiques capables de minimiser ces obstacles.

D'après les résultats de cette étude, il est avéré que le compost obtenu avec un mélange de paille, de fumier de ferme et du phosphate de Kodjari a une qualité supérieure à celle obtenue dans le cas d'ordure seule

ou avec le fumier. Cette technique constitue par ailleurs une voie d'utilisation du phosphate de Kodjari.

Les résultats auxquels nous sommes parvenus montrent l'intérêt du compostage des déchets. Ainsi, la filière de traitement des déchets par compostage présente un grand intérêt pour les pays en développement et particulièrement pour le Burkina Faso du fait de la nature organique des ordures et particulièrement du fait du grand besoin de matière organique de ses sols.

### Remerciements

Cette étude a été financée par la coopération française au Burkina Faso à travers le Fonds de Solidarité Prioritaire (FSP), Appui au Développement de la Recherche au Burkina Faso. Les auteurs tiennent à remercier le Dr Ouangré et Monsieur O. Amoro pour leur appui technique efficace.

### Références bibliographiques

- Beck-Friis B., Smars S., Jonsson H., Ekland Y. & Kirchmann H., 2003, Composting of source-separated household organics at different oxygen levels: gaining and understanding of the emission dynamics. *Compost. Sci. Util.* 1, 41-50.
- Bidlingmaier W., Sidaine J.M. & Papadimitriou E.K., 2004, Separate collection and biological waste treatment in the European Community. *Environmental Science & Bio/Technology*, 3, 307-320.
- Brewer L. & Sullivan D.M., 2003, Maturity and stability evaluation of composted yard trimmings. *Compost. Sci. Util.* 2, 96-112.
- Charnay F., 2005, Compostage des déchets dans les pays en développement: élaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost. Thèse de doctorat, université de Limoge (France), 448 p.
- Compaoré E., Frossard E., Fardeau J.C., Morel J.L. & Sédogo M.P., 2000, Efficacité d'un phosphate naturel de Kodjari, de son dérivé partiellement acidifié et d'un compost estimé par la méthode des cinétiques d'échange isotopique. *Science et Technique*, 24, 1, 67-81.
- Compaoré E., Frossard E., Fardeau J.C., Sinaj S., Morel J.L., 2003, Influence of land-use management on isotopically exchangeable phosphate in soils from Burkina Faso. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 34, 1 & 2, 201-223.
- Guene O., 1995, Compostage artisanal intégré à la gestion des ordures ménagères, données de terrain et outils de diffusion, CREPA, Ouagadougou (Burkina Faso), 68 p.
- Hue N.V., Ikwa H. & Silva J.A., 1994, Increasing plant-available phosphorus in an ultisol with a yard-waste compost. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 25, 19 & 20, 3291-3303.
- Mustin M., 1997, Le compost: gestion de la matière organique, ed François Dubusc, 954 p.
- Nanéma S.L., 2007, Compostage et évaluation de l'efficacité agronomique du compost de déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso, mémoire d'ingénieur, IPR/IFRA, Katiébougou (Mali), 67 p.
- Namkoong W., Hwang E.Y., Cheong J.G. & Choi J.Y., 1999, A comparative evaluation of maturity parameters for food waste composting. *Compost. Sci. Util.* 7, 55-62.
- Sims J.T., 1990, Nitrogen mineralization and elemental availability in soils amended with composted sewage sludge. *J. Environ. Qual.* 19, 669-675.
- Soudi B., 2001, Compostage des déchets ménagers et valorisation du compost: cas des petites et moyennes communes au Maroc, ed Actes, 104 p.
- Stoorvogel J.J., Smaling E.M.A. & Jansen B.H., 1993, Calculating soil nutrient balances at different scale. I. Supra-national scale. *Fert. Res.* 35, 227-235.
- Tognetti C., Mazzarino M.J. & Laos F., 2007, Cocomposting biosolids and municipal organic waste: effects of process management on stabilization and quality. *Biol. Fertil. Soils*, 43, 387-397.
- Waas E., 1996, Valorisation des déchets organiques dans les quartiers populaires des villes africaines, SKAT centre de coopération suisse pour la technologie et le management, 143 p.
- Waksman S.A., Cordon T.C. & Hulpoi N., 1983, Influence of temperature upon the microbiological population and process in composts of stable manure. *Soil Sci.* 12, 11-15.
- Yé L., 2007, Caractérisation des déchets urbains solides utilisables en agriculture urbaine et périurbaine: cas de Bobo-Dioulasso, mémoire de DEA, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso), 48 p.

E. Compaoré, Burkinabè, Ingénieur Agronome de l'Institut Supérieur Polytechnique de Ouagadougou, 1986. DEA, Institut National Polytechnique de Lorraine (France), 1993. Docteur de l'Institut National Polytechnique de Lorraine (France), 1996. Chargé de Recherche (Chimie et Fertilité des sols et Environnement), depuis juillet 2002. Coordonnateur du Programme National de recherche sur les Olé- Protéagineux au CRREA Ouest, Station de recherche de Farako-Bâ, Bobo-Dioulasso, depuis juin 1998. INERA/CNRST 01 BP 910, Bobo-Dioulasso 01; Tel: (226) 20 98 23 29 Fax: (226) 20 97 01 59

S.L. Nanéma, Burkinabè, Ingénieur Agronome de l'IPR/IFRA, Katiébougou (Mali), 2007. Ingénieur Agronome au Bureau National des Sols (BUNASOL), depuis février 2008. Bureau National des Sols (BUNASOL), 03 BP 7142, Ouagadougou 03. Tel: 50-36-18-85/89

# Importance des forêts secondaires pour la collecte des plantes utiles chez les *Badjoué* de l'Est Cameroun

G.M. Nguenang<sup>1</sup>, E. Fongnzossie Fedoung<sup>1</sup> & B.A. Nkongmeneck<sup>1</sup>

Keywords: Dja- Secondary Forest- Use Value- Ethnobotany- Management- Conservation- Cameroon

## Résumé

Les forêts secondaires sont des composantes importantes de nombreux paysages et de l'économie de subsistance des populations pauvres. Plusieurs chercheurs se sont penchés sur la question de l'importance de ces formations pour les peuples des forêts denses d'Afrique centrale. Très peu d'études se sont cependant penchées sur l'évaluation du niveau d'importance qu'elles représentent pour les populations locales par rapport à la forêt mature. Cette étude a pour but d'estimer la valeur utile des formations secondaires pour la collecte des produits forestiers chez les *Badjoué* de l'Est-Cameroun. L'étude a été menée en périphérie Nord de la réserve de faune du Dja, dans le village Doumo-Pierre. Une enquête ethnobotanique auprès de la population de ce village a été menée afin d'évaluer la valeur utile des différentes formations végétales. Nos résultats permettent de relever que les formations de forêts secondaires ont une valeur utile importante pour la collecte des produits forestiers par les peuples de forêt. Ces derniers restent cependant également fortement dépendants de la forêt mature pour leur survie. Ce résultat implique que les politiques nationales de conservation et d'aménagement forestier devraient davantage prendre en compte les besoins des populations locales dans les processus de zonage des massifs forestiers.

## Introduction

Les forêts secondaires connaissent une extension spectaculaire dans les régions tropicales du fait de la demande économique mondiale en produits forestiers, de la croissance démographique et des techniques culturales parfois peu adaptées à ce type d'écosystème. D'après Brown et Lugo (3), elles couvriraient 40% de la superficie totale des zones tropicales et leur vitesse de formation actuelle est estimée à 9 millions d'hectares par an. Gómez-Pompa et Vasquez-Yanes (10), définissent notre époque comme «l'ère des forêts secondaires» dans la mesure où, à quelques exceptions près, dans plusieurs pays tropicaux, les statistiques montrent que la superficie des forêts secondaires tend à dépasser celle des forêts primaires.

Les forêts dégradées et secondaires sont des composantes importantes de nombreux paysages et des économies vivrières des populations pauvres. Elles

## Summary

### Importance of Secondary Forests for the Collect of Useful Plants among *Badjoue* of the East Cameroon

Secondary forests are important components of many landscapes and livelihoods of the poor populations. Several researchers have investigated issues related to their importance for the forest people of central Africa. Very few studies have however been focused on the level of importance secondary forests and mature forests represent to the local population. The aim of this study was to estimate the use-value of secondary forests for the *Badjoue* people of East Cameroon. The study was conducted in the Doumo-Pierre village located at the northern periphery of the Dja fauna reserve. To estimate the importance of different vegetation types for the collection of useful plants, we carried out an ethnobotanical surveys by making interviews with villagers. Our results show that secondary forests have important use-value for the gathering of the forest products by the forest people. The latter remain however strongly dependent on the mature forest for their livelihood as well. The implication of these results is that national forest conservation and management policies must growingly take into account local people's needs in the process of forest zoning.

peuvent être utilisées pour augmenter le potentiel des fonctions de la forêt à l'intérieur d'un paysage (12).

Plusieurs chercheurs se sont penchés sur les questions de l'importance des formations secondaires pour les peuples de forêt (4-5). Dounias (8), a étudié chez les *Mvae* du sud Cameroun la perception et l'importance des recrus forestiers post-agricoles. Vermeulen (15), étudiant l'anthropologie des peuples *Badjoué* du sud-est Cameroun, montre que leur stratégie de gestion des ressources naturelles est axée sur une maîtrise foncière coutumière particulièrement liée aux formations secondaires. Carrière et al. (5), ont fait une étude sur le savoir et l'usage des recrus post-agricoles du pays Bestsileo à Madagascar.

Ces études soulignent globalement que l'aménagement durable des forêts secondaires est important pour la préservation de la diversité biologique, dans la mesure où il permet de réduire les diverses

<sup>1</sup>Laboratoire de systématique et d'écologie végétales, Université de Yaoundé 1, B.P. 812, Yaoundé, Cameroun.

\*Email : [gnguenang@hotmail.com](mailto:gnguenang@hotmail.com); Tel. (237)75947756

Reçu le 26.07.10 et accepté pour publication le 05.11.10.

contraintes qui pèsent sur les forêts tropicales ombrophiles, et d'augmenter la fourniture de biens et services aux populations. Ces écosystèmes offrent de nombreuses ressources économiques à travers les produits forestiers non ligneux aux communautés locales (3). Selon les estimations de l'Organisation Mondiale de la Santé, 80% des personnes qui vivent dans les pays en développement utilisent des plantes sauvages pour satisfaire certains de leurs besoins en matière de santé et d'alimentation. Ainsi, des milliards de personnes, notamment celles qui vivent en milieu rural dans les pays en développement utilisent quotidiennement des produits forestiers autres que le bois d'œuvre (14).

Vermeulen et Doucet (7), ont fait une étude pour évaluer le degré de dépendance des populations locales à la forêt concernant la collecte des produits forestiers non ligneux. Très peu d'études sont toutefois disponibles sur le niveau d'importance que représentent les forêts secondaires par rapport à la forêt mature pour la collecte des produits forestiers par les populations locales. Dans cette étude, nous essayons de mettre en exergue l'importance des formations secondaires post-agricoles pour la collecte des plantes utiles chez les *Badjoué*, et ce, par rapport à la forêt mature peu ou pas perturbée. Nos résultats sont ensuite discutés en faisant une analyse globale de l'importance des formations secondaires dans le système traditionnel de production des *Badjoué*.

## Méthodologie

### Site d'étude

L'étude a été menée dans le village Doumo-Pierre, situé à 15 km environ à vol d'oiseau de la périphérie Nord de la Réserve de faune du *Dja* au Sud Est Cameroun entre 2° 29' de latitude Nord et 13° 04'

de longitude Est (Figure 1). Le village est constitué de 87 habitants ressortissants du groupe *Badjoué* répartis en 43% de femmes et 57% d'hommes dans 18 ménages. Il est difficilement accessible par automobile, les populations sont donc toujours fortement dépendantes des ressources naturelles pour leur vie et survie.

### Enquêtes ethnobotaniques

Une enquête ethnobotanique a été menée entre les mois de février et de mai 2001 auprès de la population du village afin d'évaluer l'importance des différentes formations végétales pour la collecte des plantes utiles.

Sur la base d'un guide d'entretien, chaque enquêté devait citer les plantes utiles par catégories d'usage local prédéfini. Les sept catégories d'usage considérées étaient les plantes utilisées dans (i) l'artisanat, (ii) la construction des cases, (iii) l'alimentation, (iv) la médecine traditionnelle, ou comme (v) bois de chauffe; (vi) les arbres à chenilles et (vii) les champignons comestibles.

Les plantes utilisées dans l'alimentation se sont référées soit aux fruitiers sauvages, soit aux plantes non cultivées utilisées comme condiments ou à feuilles consommées comme légume. Les plantes utilisées en médecine traditionnelle ont concerné les plantes reconnues par la plupart des habitants du village comme utiles et fréquemment utilisées pour soigner des maladies courantes comme le paludisme, la diarrhée, les maux de tête, la toux et les vers intestinaux (1).

Un coefficient d'importance est affecté à chaque plante citée par les enquêtés selon une échelle à quatre valeurs: [1] pour les plantes utilisées à défaut quand on n'a pas le choix; [2] pour les plantes peu

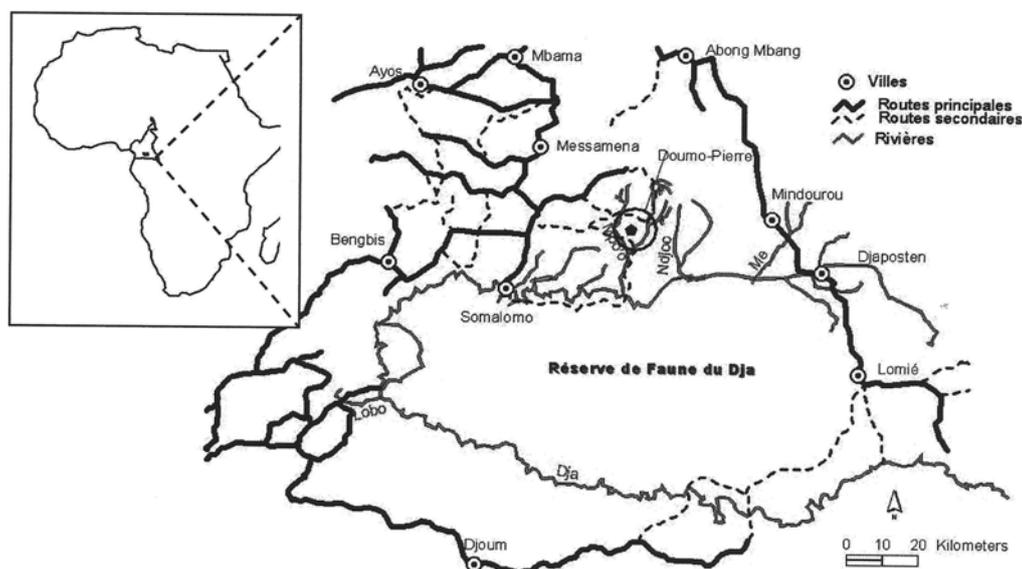


Figure 1: Localisation de la zone d'étude (Doumo-Pierre).

importantes; [3] pour les plantes importantes; [4] pour les plantes très importantes, de «premier choix» dans la catégorie d’usage considérée.

Les plantes recensées ont été classées en fonction de leur zone de collecte préférentielle par les villageois en considérant les quatre faciès majeurs suivants reconnus par les *Bajoué* (7): (i) *Ebour*, jeune ou vieille jachère âgée de 4 à 11 ans dominée soit par l’adventice *Chromolaena odorata* au stade de jeune jachère ou alors, par le parasolier (*Musanga cecropioides*) au stade de vieille jachère; (ii) *Kwalkomo*, correspondant à la forêt secondaire, avec les espèces caractéristiques telles que: *Zanthoxylum gillettii*, *Pentaclerathra macrophylla*, *Terminalia superba*; (iii) *Ekomo*: correspondant à la forêt mature peu ou pas perturbée, avec d’une part, les espèces telles que: *Heisteria zimmereri*, *Pentaclethra macrophylla*, *Strombosiopsis tetrandra*, *Piptadeniastrum africanum*, *Uapaca paludosa*, marquant la strate arborescente et d’autre part, les espèces des genres *Rinorea* et *Drypetes* dominant la strate arbustive; (iv) *Zam*: correspondant à la forêt marécageuse à raphiale.

**Valeur utile «VU» des différents types de végétation**

Nous avons calculé la valeur utile «VU» (*use-value*) de chaque type de végétation pour les différentes catégories d’usage des plantes. La formule ci-dessous utilisée pour le calcul de la valeur utile est inspirée et adaptée de Oliver & Gentry (13):

$$VU_{xy} = \frac{\sum_i^{N_i} \sum_e^{n_e} \delta_{e,xyi}}{N_i}$$

$n_e$  = nombre d’espèces recensées  
 $N_i$  : nombre total d’interviewés

Où  $VU_{xy}$  est la valeur utile du type de végétation «x» pour la catégorie d’usage «y» considérée et  $\delta_{e,xyi}$  est le coefficient affecté à l’espèce «e» par l’interviewé «i».

**Résultats et discussions**

Trente-quatre personnes au total ont été interviewées soit un taux d’échantillonnage de 40% de la population totale du village. 41% des interviewés étaient des femmes et 15% étaient des personnes du troisième âge au-delà de 70 ans (hommes et femmes confondus). 812 répétitions d’usages de 140 espèces de plantes et 24 champignons comestibles ont été enregistrés pour les 7 catégories d’usages des plantes considérées.

La liste des plantes utiles par catégorie d’usages recensées est donnée en annexe.

Les valeurs utiles suivantes de 18,7; 17,3; 29,4 et 1,9 ont été obtenues respectivement pour l’*Ebour*, le *Kwalkomo*, l’*Ekomo* et le *Zam* (Figure 2).

En considérant l’ensemble des formations secondarisées (l’*Ebour* et le *Kwalkomo*), leur valeur utile atteint 36,0. Cela dénote ainsi que ces formations constituent pour la population *Badjoué* des zones importantes de collecte des plantes utiles. Comme le montre la figure 2, cette population reste cependant liée à la forêt mature dont la valeur utile tend à être la plus importante lorsqu’on on considère à part chaque type de végétation.

La valeur utile des différents types de formation végétale varie aussi en fonction des catégories d’usages de plantes considérées (Tableau 1).

Les plantes de la pharmacopée traditionnelle, utilisées pour soigner les maladies courantes, se collectent le plus dans les jachères. La valeur utile de 3,8 pour ces plantes médicinales a été obtenue pour l’*Ebour* alors qu’elle est de 1,8 et 1,2 pour le *Kwalkomo* et l’*Ekomo* respectivement.

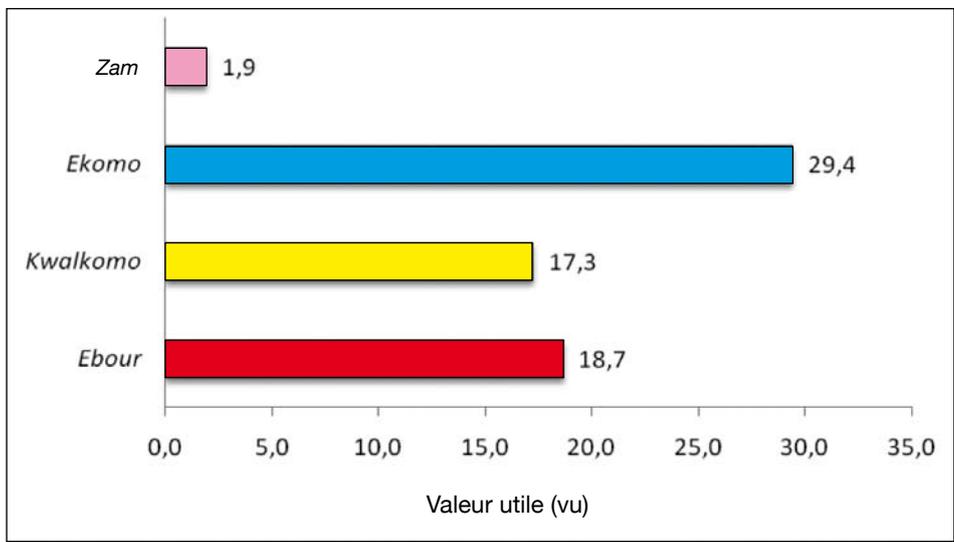


Figure 2: Valeur utile (VU) des différentes formations végétales chez les *Badjoué* de Doumo-Pierre.

**Tableau 1**  
**Valeur utile (VU) des différentes formations végétales par catégories d'usage des produits forestiers d'après les Badjoué de Doumo-Pierre**

Utilisation / Végétation	Arbre à chenille	Alimentaire (sauvage)	Artisanat	Bois de chauffe	Bois de construction	Médicinale	Champignon
<i>Ebour</i>	0,9	7,0	0,3	6,1	0,4	3,8	0,2
<i>Kwalkomo</i>	2,5	4,0	0,3	4,5	0,9	1,8	3,3
<i>Ekomo</i>	2,3	9,4	1,8	2,9	4,5	1,2	7,5
<i>Zam</i>	0,6	0,9	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0

Les plantes alimentaires sauvages se recrutent principalement dans la forêt mature. On note cependant que les fruitiers sauvages tels que *Irvingia gabonensis*, *Anonidium mannii*, *Antrocaryon klaineum*, *Gambeya lacourtian* sont plus caractéristiques de la forêt mature alors que les plantes sauvages à feuilles consommées se trouvent plus dans les jeunes formations secondaires (Tableau 2).

Les arbres à chenilles sont caractéristiques de la

forêt mature et des forêts secondaires et sont moins représentés dans les jachères et la forêt marécageuse (Tableau 3).

Notons en fin que chez les *Badjoué*, la collecte des champignons, des plantes utilisées dans l'artisanat et dans la construction, est plus importante dans la forêt mature. Les raphias utilisés principalement pour la construction des toitures des cases se trouvent essentiellement dans les marécages.

**Tableau 2**  
**Liste des plantes alimentaires (non cultivées) classées par ordre d'importance\* décroissante**

Nom Badjoué	Nom latin	<i>Ebour</i>	<i>Kwalkomo</i>	<i>Ekomo</i>	<i>Zam</i>
<b>(A) Feuilles consommées</b>					
<i>Etilé</i>	<i>Aframomum cf. danielli</i>	51			
<i>Assa'a</i>	<i>Macaranga</i> spp.	38			
<i>Ezio</i>	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn (bracken)	31			
<i>Ekeugbwa</i>	<i>Paullina pinnata</i> L.	21			
<i>Alongtéré</i>	<i>Myrianthemum mirabile</i> Gilg	9			
<i>Eboma</i>	<i>Piper umbellatum</i> L.				
<i>Ebolème</i>	<i>Palisota</i> sp.		8		9
<b>(B) Fruits de bouche/condiments</b>					
<i>Odjo</i>	<i>Baillonella toxisperma</i> Pierre			32	
<i>Nso</i>	<i>Trichoscypha acuminata</i> Engl.			29	
<i>Osissom</i>	<i>Uapaca</i> spp.			25	
<i>Onua</i>	<i>Irvingia gabonensis</i> (Aurey-Lecomte ex O'Rorke) Bail			24	
<i>Nko'o</i>	<i>Trichoscypha arborea</i> (A Chev.) A. Chev			23	
<i>Bom</i>	<i>Anonidium mannii</i> (Olv.) Engl. & Diels			22	
<i>Obom</i>	<i>Gambeya lacourtiana</i> (De wild) Aubr.			21	
<i>Elen</i>	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	20			
<i>Vol</i>	<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel		20		
<i>Mbanwoh</i>	<i>Piper guineense</i> Schum. & Thonn.		19		
<i>Ekoudoum</i>	<i>Nauclea diderrichii</i> (De Wild) Merrill		18		
<i>Nuang</i>	<i>Carpolobia alba</i> G. Don f.	17			
<i>Ekoho</i>	<i>Landolphia</i> spp.			16	
<i>Pan</i>	<i>Tabernaemontana crassa</i> Benth.		16		
<i>Efehe enko'o</i>	<i>Marantochloa purpurea</i> (Ridl.) Milne-Redh.	15			
<i>Komtile</i>	<i>Myrianthus arboreus</i> P. Beauv.	15			
<i>Assadju</i>	<i>Tetrapleura tetraptera</i> (Schum. & Thonn.) Taub		14		
<i>Ngwel</i>	<i>Garcinia cola</i> Hecquet			14	
<i>Namen</i>	<i>Santiria trimera</i> (oliv.) Aubrév.			13	
<i>Autres (24)</i>		10	42	114	21

\* les chiffres dans le tableau se réfèrent à la somme des coefficients d'importance relevés par les interviewés pour l'espèce considérée.

**Tableau 3**  
**Liste des arbres à chenilles classés ordre d'importance\* décroissante**

Nom <i>Badjoué</i>	Nom latin	<i>Ebour</i>	<i>Kwalkomo</i>	<i>Ekomo</i>	<i>Zam</i>
<i>Bih</i>	<i>Petersianthus macrocarpus</i> (Beauv.) Liben		29		
<i>Oibé</i>	<i>Bridelia grandis</i> Pierre ex Hutch.	27			
<i>Odjuh</i>	<i>Triplochiton scleroxylon</i> K. Schum.		25		
<i>Epooh</i>	<i>Sterculia tragacantha</i> Lindl.				22
<i>Ossome</i>	<i>Uapaca</i> spp.			21	
<i>Odjoh</i>	<i>Baillonella toxisperma</i> Pierre			18	
<i>Ossie</i>	<i>Entandrophragma utile</i> (Dawe & Sprague) Sprague			18	
<i>Doumo</i>	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaerth.		10		
<i>Elonge</i>	<i>Erythrophleum suaveolens</i> (Guil. & Perr.)			9	
<i>Ossaa</i>	<i>Albizia</i> sp.		7		
<i>Liène</i>	<i>Irvingia grandifolia</i> (Engl.) Engl.			6	
<i>Kolboure</i>	Indéterminée			6	
<i>Ngwakom</i>	Indéterminée		6		
<i>Ndouam</i>	<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.		3		
<i>Etol</i>	<i>Ficus mucuso</i> Welw. Ex Ficalho	3			
<i>Lolo</i>	Indéterminée		2		

\* les chiffres dans le tableau se réfèrent à la somme des coefficients d'importance relevés par les interviewés pour l'espèce considérée.

## Discussions

Emrich *et al.* (9) font remarquer que, comparée à la forêt primaire, la diversité des plantes utiles est moins importante dans la forêt secondaire et même, la perturbation de la végétation originale s'accompagne souvent des pertes de certains produits traditionnels et des connaissances de leur utilisation. Dounias (8), relève chez les *Mvae* du Sud Cameroun que l'ampleur de la collecte des produits forestiers est faible durant la phase du recrû naissant et qu'elle croît pour devenir importante dans la forêt âgée.

Chez les essarteurs traditionnels de forêt, les espèces d'arbres utiles sont souvent préservées lors des travaux d'essartage. Ces arbres laissés et souvent caractéristiques de la forêt originale se trouvent ainsi, encastrés de manière plus ou moins éparse, dans les recrûs post-agricoles (4). Ce qui a pour conséquence d'accroître la valeur utile des ces formations secondaires. Elles présentent en outre généralement l'avantage d'être situées plus près des villages que la forêt mature.

Les formations secondaires des recrûs post-agricoles jouent un rôle très important pour la collecte du bois de chauffe pour les villageois et notamment pour les femmes. Les valeurs utiles suivantes 6,1; 4,5 et 2,9 ont été obtenues respectivement pour l'*Ebour*, le *Kwalkomo* et l'*Ekomo*. Carrière *et al.* (5), font des observations similaires chez les Betsileo de Madagascar où ils montrent que le bois de chauffe constitue la principale catégorie des plantes utiles à usage domestique collectées dans les recrûs post-agricoles et vient en premier rang devant les autres usages comme les usages pharmaceutiques, l'artisanat et la construction.

Le palmier à huile (*Elaeis guineensis*) constitue une des plantes alimentaires naturelles emblématiques de recrû forestier chez les *Badjoué*. Les noix de palme sont utilisées pour la production de l'huile de cuisine et le tronc est saigné pour la production du vin de palme. La consommation du vin de palme est pour de nombreux essarteurs en Afrique centrale, un acte quotidien dont l'importance sociale et économique a été largement soulignée (15, 16). Dounias (8), qualifie le palmier à huile comme l'essence la plus représentative des activités de cueillette en forêt secondaire en Afrique centrale. Le *turn-over* démographique de ce palmier a amené Vermeulen *et al.* (16) à parler de peuplement «domestique» d'*Elaeis guineensis*. Pour la production de vin de palme, les *Badjoué* utilisent systématiquement comme agent fermentant, l'écorce ou la racine de *Garcinia kola*. Cette dernière ressource est victime d'une surexploitation intense qui pose le problème de la pérennité du peuplement dans la zone agroforestière de la forêt du *Dja*.

Les recrûs post-agricoles constituent des entités importantes de l'espace-ressource chez les *Badjoué*. Outre la collecte des produits forestiers utiles, les recrûs post-agricoles jouent un rôle important dans les autres aspects du système traditionnel de production notamment, l'agriculture de subsistance. Gomez *et al.* (10) stipulent à cet effet que l'agriculture itinérante sur brûlis est une manière naturelle d'utiliser les propriétés de régénération de la forêt au bénéfice de l'homme. Pour Boissau (2), l'action de l'homme n'a pas du tout pour but de perturber la forêt, mais de transformer le

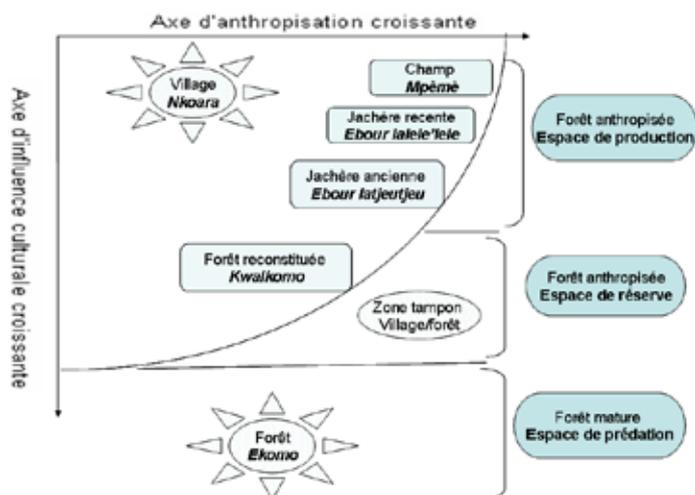


Figure 3: Typologie spatiale de l'agroécosystème *Badjoué* (Adaptée de Dounias (8) et Vermeulen (15)).

milieu tout en respectant ses dynamiques afin de lui emprunter ce dont il a besoin.

Les recrûs post-agricoles chez les *Mvae* décrits par Dounias (8) sont très comparables à ceux des *Badjoué* (15). Ils se présentent en tant qu'entités spatiales au sein de l'agroécosystème, entités de déprise agricole au sein du système agraire, et entités foncières au sein du terroir.

En tant qu'entités au sein de l'agroécosystème, les différentes unités de recrûs post-agricoles permettent de distinguer l'espace de leur production qu'elles représentent et l'espace de prédation représenté par la forêt. Le milieu naturel est assez socialisé, l'influence culturelle est plus importante dans la forêt mature (Figure 3).

En tant qu'entité au sein du système agraire, les travaux de De Wachter (7), ont montré que les jachères représentaient chez les essarteurs *Badjoué*, près de 64% des surfaces défrichées pour l'agriculture.

En tant qu'entité foncière au sein du terroir, chez les *Badjoué* comme chez la plupart des essarteurs traditionnels, le droit foncier porte en grande partie

sur les terres de cultures et les recrûs post-agricoles. Dès qu'une parcelle est défrichée, le défricheur et ses descendants conservent une prééminence sur ce qui deviendra jachère, pour la défricher à nouveau une dizaine d'années après (15).

## Conclusion

Les formations secondaires jouent un rôle considérable dans la collecte des produits forestiers et dans le système de production *Bajoué*. Cependant, nos données nous permettent de faire le constat selon le quel la forêt mature peu ou pas perturbée reste pour ces derniers un lieu important de collecte des produits forestiers. Les réglementations mises en place dans le cadre des différentes politiques nationales d'aménagement et qui tendent à confiner les activités des populations riveraines dans les zones agroforestières en empêchant leur accès à la forêt mature adjacente, devraient prendre en compte le rôle capital de la forêt mature pour la survie des populations locales. Ainsi, les processus de zonage, de classement des aires protégées ou de toutes autres forêts du domaine permanent de l'Etat, doivent tenir compte des besoins des populations locales afin de garantir pour elles une utilisation optimale des espaces-ressources.

## Remerciements

Cette étude a été menée dans le cadre de la collaboration entre Laboratoire de Systématique et d'Ecologie végétales de l'Université de Yaoundé I et le Projet PFC (Mise en place des Forêts Communautaires en périphérie nord de réserve de faune du Dja; financé par l'Union Européenne: DGVIII). Nous tenons à remercier ce Projet qui nous a accordé toutes les facilités logistiques de terrain pour mener cette étude.

Nos remerciements vont également à l'endroit des tous les habitants du village Doumo-Pierre qui nous ont favorablement accueilli. Je pense particulièrement à Odiem A., Mabom A., Papa Jacques et Papa Timothée (paix à son âme).

## Références Bibliographiques

- Betti J.L., 2004, An ethnobotanical study of medicinal plant among the baka pygmies in the Dja biosphere reserve, Cameroon. African Study Monographs, **25**,1, 1-27.
- Boissau S, 1998, Unifier Malthus et Boserup ? L'exemple de la relation population - forêt. Mémoire de D.E.A. Ecole des Hautes Etudes en Sciences sociale - CIRAD, France. 106 p.
- Brown S. & Lugo A.E., 1990, Tropical secondary forests. Journal of Tropical Ecology, **6**, 1-32.
- Carriere S.M., 2002, L'abattage sélectif: une pratique agricole ancestrale au service de la régénération forestière. Bois et Forêts des Tropiques, **272**, 45-62.
- Carriere S.M., Andrianotahiananahary H., Ranaivoarivelo N., Randriamalala J., 2005, Savoir et usages des recrûs post-culturels du pays Betsileo: valorisation d'une biodiversité oubliée à Madagascar. Vertigo **6**(1). [online] URL: [http://vertigo.revues.org/index\\_3047.html](http://vertigo.revues.org/index_3047.html).
- Chokkalingam U., De Jong W., Smith J., Sabogal C., 2001, Secondary forest in Asia: their diversity, importance, and role in future environmental management. Journal of Tropical Science. Special issues, **13**,4, 5-20.
- De Wachter P., 2001, L'agriculture itinérante sur brûlis, base de l'économie *Badjoué*. pp. 15-42, in: Delvingt W. (ed.), La forêt des hommes. Presses agronomiques de Gembloux, Belgique. 286 p.
- Dounias E., 1996, Recrûs forestiers post-agricoles : perception et usages chez les *Mvae* du Sud-Cameroun. Journ. d'Agric. Trad. Et de Bota. Appl. **38**, 1, 153-178.
- Emrich A., Pokorny B., Sepp C., 2000, The significance of secondary forest management for development policy. GTZ/TÖB/ECO: Eschbonn. 198 p.
- Gomez-Pompa A. & Yanes-Vasquez C., 1974, Studies on the secondary

- succession of tropical lowlands: the live cycle of the secondary species. Proc. Intern. Congr. Ecology, La Haye, 336-342.
11. Kanel K.R. & Shrestha K., 2001, Tropical secondary forests in Nepal and their importance to local people. Journal of Tropical Science, 13,4, 691-704.
  12. OIBT, 2002, Directives pour la restauration, l'aménagement et la réhabilitation des forêts tropicales dégradées et secondaires. Organisation Internationale des Bois Tropicaux. Série développement de politique OIBT n°13, 92 p.
  13. Oliver P. & Gentry A.H., 1993, The useful plants of Tambopata, Peru. II. Statical hypothesis tests with a new quantitative techniques. Economie botany, 47, 1, 15-32.
  14. Tinde Van A., 2006, Les produits forestiers autres que le bois d'œuvre: la valeur des plantes sauvages. Agrodok, 39. Fondation Agromisa et CTA, Wageningen. 80 p.
  15. Vermeulen C., 2000, Le facteur humain dans l'aménagement des espaces ressources en Afrique centrale forestière: application au *Badjoué* de l'Est -Cameroun. Thèse de Doctorat en Agronomie et Ingénierie Biologique, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, 381 p.
  16. Vermeulen C., Fankap R., 2001, Exploitation des palmiers et de *Garcinia kola* pour la fabrication du vin de palme en pays *Badjoué* ou quand trop boire nuit à la santé de l'écosystème. pp. 93-108, in: Delvingt W. (ed.), La forêt des hommes. Presses agronomiques de Gembloux, Belgique. 286 p.
  17. Vermeulen C. & Doucet J.-L., 2005, Conservation and sustainable use of non-timber forest products in favour of local communities within integrated forest management in Central Africa. Tropical Forest in a Changing Global Context. Royal Academy of Overseas Sciences. UNESCO-MAB, 267-280.

G.M. Nguenang, Camerounais, Doctorat PhD en évaluation. Université de Yaoundé 1, Chercheur, Assistant Technique Forêt /Environnement à la coopération technique allemande (GTZ /Cameroun).

E. Fongnzossie Fedoung, Camerounais, Doctorat PhD en évaluation. Université de Yaoundé 1, Chercheur et Programm officer OPED (Organization for Environment and Sustainable Development)/Cameroun.

B.A. Nkongmeneck, Camerounais, Doctorat d'Etat, Maître de Conférence, Enseignant et responsable du laboratoire d'écologie végétale à l'Université de Yaoundé 1. Président du Réseau camerounais d'ethnobotanique et Directeur du Musée Ecologique du Millénaire (MEM) au Cameroun.

### Annexe

#### Liste des plantes utiles par catégorie d'usages recensées chez les *Badjoué* de *Doumo-Pierre*

Nom latin	Famille	Nom Badjoué	Usages domestiques*					
			A	B	C	D	E	F
<i>Aframomum cf. danielli</i>	Zingiberaceae	Etilé					+	+
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Asteraceae	Anoumpor						+
<i>Albizia adianthifolia</i> (Schum) W.F. Wigth	Mimosaceae	Ossa'a		+				+
<i>Allanblackia floribunda</i> Oliv.	Clusiaceae	Bièh					+	+
<i>Alstonia boonei</i> De wild.	Apocynaceae	Lomo		+				+
<i>Annikia chlorantha</i> (Oliv.) Stten & P.J. Maas	Annonaceae	Piéyé		+		+		+
<i>Anonidium mannii</i> (Olv.) Engl. & Diels	Annonaceae	Bom		+		+		+
<i>Antrocaryon klaineanum</i> Pierre	Anacardiaceae	Enkokoh						+
<i>Baillonella toxisperma</i> Pierre	Sapotaceae	Odjoh		+	+	+	+	
<i>Beilschmiedia</i> sp.	Lauraceae	Tom		+				+
<i>Bertiera racemosa</i> (G. Don) K. Schum.	Rubiaceae	Empassa				+		
<i>Bridelia grandis</i> Pierre ex Hutch.	Euphorbiaceae	Olibé		+	+			
<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.	Burseraceae	Ndouam			+		+	+
<i>Carpolobia alba</i> G. Don f.	Polygalaceae	Nuang		+			+	
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaerth.	Bombacaceae	Doumo		+	+			
<i>Celtis mildbraedii</i> Engl.	Ulmaceae	Odou				+		
<i>Chromoleana odorata</i> (L.) R.M. king & H. Robinson	Asteraceae	Zapi						+
<i>Chytranthus cf. gilletii</i>	Sapindaceae	Enka					+	
<i>Chytranthus cf. talbotii</i>	Sapindaceae	Etolo					+	
<i>Cleistopholis glauca</i> Pierre ex Engl. & Diels	Annonaceae	Mbol		+			+	+
<i>Cola acuminata</i> (P. Beauv.) Schott & Endl.	Sterculiaceae	Ebil					+	
<i>Combretum</i> sp.	Combretaceae	Amiomlo		+				
<i>Cucumis melo</i> L.	Cucurbitaceae	Tomsagwel						+
<i>Dacryodes edulis</i> (G. Don)H.J. Lan	Burseraceae	Pia esia					+	
<i>Dacryodes macrophylla</i> (Oliv.) H.J. Lam.	Burseraceae	Po					+	
<i>Desbordesia glaucescens</i> (Engl.) Van Thiegh	Irvingiaceae	Oléa				+		
<i>Diospyros hoyleana</i> F. White	Ebenaceae	Elong				+		
<i>Distemonanthus benthamianus</i> Baill.	Caesalpiniaceae	Siel		+		+		
<i>Dracaena arborea</i> (Wild.) Link	Dracaenaceae	Dihézien		+				
<i>Drypetes gossweileri</i> S. Moore	Euphorbiaceae	Okoro						+
<i>Duboscia viridiflora</i> (K.Schum.) Mild	Tiliaceae	Oka		+				
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	Palmaceae	Elen					+	
<i>Entandrophragma utile</i> (Dawe & Sprague) Sprague	Meliaceae	Ossié			+	+		
<i>Erythrophleum suaveolens</i> (Guil. & Perr.) Brenan	Caesalpiniaceae	Élong		+	+	+		
<i>Ficus exasperata</i> Vahl.	Moraceae	Fompim		+				+
<i>Ficus mucoso</i> Welw. Ex Ficalho	Moraceae	Etol		+	+			
<i>Funtumia elastica</i> (Preuss) Stapf	Apocynaceae	Ndama		+				
<i>Gambeya lacourtiana</i> (De wild) Aubr.	Sapotaceae	Obom					+	
<i>Garcinia cola</i> Hecket	Clusiaceae	Ngwel					+	
<i>Greenwayodendron suaveolens</i> (Engl. & Diels) Verdc.	Annonaceae	Dop		+		+		
<i>Haumania danckelmaniana</i> (J. Braun & K. Schum.) Milne-Redh.	Marantaceae	Ciel					+	

<i>Heisteria zimmereri</i> Engl.	Olacaceae	Ebarakoul	+	+		
<i>Hylocladon gabunenses taubert</i>	Caesalpiniaceae	Lan		+		
<i>Hypselodelphys zenkeriana</i> (K.Schum.) Milne -Redh.	Marantaceae	Epooho			+	
<i>Irvingia gabonensis</i> (Aurey-Lecomte ex O'Rorke) Bail.	Irvingiaceae	Onua	+		+	
<i>Irvingia grandifolia</i> (Engl.) Engl.	Irvingiaceae	Lien		+	+	
<i>Klainedoxa gabonensis</i> Pierre	Irvingiaceae	kwaldjuéhé			+	+
<i>Laccosperma secundiflorum</i> (P. Beauv.) Kuntze	Palmaceae	Akalo	+			
<i>Landolphia</i> spp.	Apocynaceae	Ekoho			+	
<i>Laportea aestuans</i> (L.) Chew	Urticaceae	Akiba				+
<i>Macaranga</i> spp.	Euphorbiaceae	Essie	+		+	
<i>Maesobotrya klaineana</i> (Pierre) J. Léonard	Euphorbiaceae	Ozedenkono	+			
<i>Mammea africana</i> Sabine	Clusiaceae	Obore			+	+
<i>Manilkara letouzei</i> Aubrev.	Sapotaceae	Kwan				+
<i>Manniophyton fulvum</i> Müll. Arg.	Euphorbiaceae	Koukoho				+
<i>Marantochloa filipensis</i> (Benth.) Hutch.	Marantaceae	Ndouhourou	+			
<i>Marantochloa purpurea</i> (Ridl.) Milne-Redh.	Marantaceae	Eféhé enko'ò			+	
<i>Margaritaria discoidea</i> (Baill.) Webster	Euphorbiaceae	Biyé	+		+	
<i>Massularia</i> sp.	Rubiaceae	Somo			+	
<i>Megaphrynium macrostachyum</i> (Benth.) Milne - Redh.	Marantaceae	Ekouwouh	+			
<i>Microdesmis puberula</i> Hook. f. ex Planch.	Pandaceae	Lino	+			
<i>Mikania cordata</i> (Burm.f.) B.L.	Asteraceae	Nka kouan				+
<i>Millitia</i> sp.	Fabaceae	Eguilloum				+
<i>Monodora myristica</i> (Gaertn.) Duanal	Annonaceae	Ntoulom			+	
<i>Morinda lucida</i> Benth	Rubiaceae	Enteuneu	+			+
<i>Musanga cecropioides</i> R. Br. Ex Tedlie	Cecropiaceae	Esséa	+		+	
<i>Myrianthemum mirabile</i> Gilg	Melastomataceae	Alongtéré				+
<i>Myrianthus arboreus</i> P. Beauv.	Cecropiaceae	Komtilé	+		+	+
<i>Nauclea diderrichii</i> (De Wild) Merril	Rubiaceae	Enkoudoum			+	+
<i>Nesogorrdonia papeverifera</i> (A. Chev.) Cap.	Sterculiaceae	Nka	+			
<i>Oncocalamus mannii</i> (H.Wendl.) H. Wendl.	Palmaceae	Lôh	+			
<i>Ouratea</i> sp.	Ochnaceae	Duhédjiel			+	
<i>Pachypodanthium staudtii</i> (Engl. & Diels)	Annonaceae	Ntomo			+	
<i>Palisota</i> sp.	Commelinaceae	Ebolème				+
<i>Panda oleosa</i> Pierre	Pandaceae	Nkèl				+
<i>Paullina pinnata</i> L.	Euphorbiaceae	Egbwa			+	+
<i>Pentadiplandra brazzeana</i> Baillon	Pentadiplandraceae	Pankol			+	+
<i>Petersianthus macrocarpus</i> (Beauv.) Liben	Lecythidaceae	Bih		+	+	
<i>Piper guineense</i> Schum. & Thonn.	Piperaceae	Mbanwoh				+
<i>Piper umbellatum</i> L.	Piperaceae	Eboma				+
<i>Piptadeniastum africanum</i> (Hook.f.) Brenan	Mimosaceae	Toum	+			
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn (bracken)	Dennstaedtiaceae	Ezio				+
<i>Pterocarpus soyauxii</i> Taub.	Fabaceae	Ntime			+	
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Exell	Myristicaceae	Teng	+			
<i>Raphia</i> sp.	Palmaceae	Zam			+	+
<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel	Euphorbiaceae	Vol	+			+
<i>Rinorea oblongifolia</i> (C.H. Wright) Marqua	Violaceae	Mpèh	+		+	
<i>Rothmaria</i> sp.	Rubiaceae	Louap	+			
<i>Santiria trimera</i> (oliv.) Aubrév.	Burseraceae	Namen				+
<i>Sorindeia grandifolia</i> Engl.	Anacardiaceae	Nso kième			+	
<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Bignoniaceae	Balabala				+
<i>Sterculia tragacantha</i> Lindl.	Sterculiaceae	Epooh		+		
<i>Strombosia pustulata</i> Oliv.	Olacaceae	Pim	+		+	
<i>Strombosiopsis tetrandra</i> Engl.	Olacaceae	Tim			+	
<i>Strychnos</i> spp.	Loganiaceae	Nkolinko	+			
<i>Tabernaemontana crassa</i> Benth.	Apocynaceae	Pan	+		+	+
<i>Tabernaemontana penduliflora</i> K. Schum.	Apocynaceae	Pandjèle	+		+	+
<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels	Combretaceae	Olen	+		+	+
<i>Tetrapleura tetraptera</i> (Schum.&Thonn.)Taub	Mimosaceae	Assadju				+
<i>Trichoscypha abut</i> Engl. & Brehmer	Anacardiaceae	Nso abourabou				+
<i>Trichoscypha acuminata</i> Engl.	Anacardiaceae	Nso			+	+
<i>Trichoscypha arborea</i> (A Chev.) A. Chev	Anacardiaceae	Nko'ò			+	+
<i>Triplochiton scleroxylon</i> K. Schum.	Sterculiaceae	Ogu	+	+		
<i>Uapaca</i> spp.	Euphorbiaceae	Ossom	+	+	+	+
<i>Uvariopsis letestui</i> Pellegr.	Annonaceae	Mpintà'a	+			+
<i>Vernonia conferta</i> Benth.	Asteraceae	Mbanga	+		+	+
<i>Xylopia hypolampra</i> Mildbr.	Annonaceae	Nkounbiè			+	+
<i>Zanthoxylum hetzii</i> (Aubr. & Pellegr.) Waterman	Rutaceae	Djou			+	

\* A: Artisanat; B: Bois de chauffe; C: Arbres à chenilles; D: Construction case; E: Alimentation, F: Médicinale

# Evaluation de la contamination de la chaîne trophique par les éléments traces (Cu, Co, Zn, Pb, Cd, U, V et As) dans le bassin de la Lufira supérieure (Katanga/RD Congo)

B. Katemo Manda<sup>1</sup>, G. Colinet<sup>2</sup>, L. André<sup>3</sup>, A. Chocha Manda<sup>1</sup>, J.-P. Marquet<sup>4</sup> & J.-C. Micha<sup>5\*</sup>

Keywords: Effluent- Plancton- *Phragmites australis*- *Oreochromis macrochir*- *Tilapia rendalli*- *Clarias gariepinus*- Katanga/DR Congo

## Résumé

Sept éléments traces (Cu, Co, Zn, Cd, Pb, U, V et As) ont été analysés à l'aide d'un HR ICP-MS dans des échantillons d'eau, de plancton, de feuilles de *Phragmites australis* ainsi que de muscles et de branchies de trois espèces des poissons (*Oreochromis macrochir*, *Tilapia rendalli* et *Clarias gariepinus*) récoltés dans le bassin de la Lufira supérieure. Les résultats indiquent une forte teneur en cuivre (70,9 ppm) et cobalt (32,3 ppm) dans les effluents du complexe hydrométallurgique de Shituru. Si la contamination des cours d'eau diminue avec l'éloignement de la source de pollution, les valeurs sont très élevées dans le lac Tshangalele pour le plancton et les feuilles de *P. australis*. Pour les poissons, les résultats indiquent que le Pb, U, V, Cu, Co et Cd s'accumulent préférentiellement dans les branchies alors que le Zn s'accumule plus dans les muscles. L'As s'accumule dans le même ordre de grandeur dans les deux organes. Ces résultats confirment la pollution du bassin de la Lufira par les effluents du complexe hydrométallurgique de Shituru.

## Summary

### Evaluation of Contamination of the Food Chain by Trace Elements (Cu, Co, Zn, Pb, Cd, U, V and As) in the Basin of the Upper Lufira (Katanga/DR Congo)

Seven trace elements (Cu, Co, Zn, Cd, Pb, U, V and As) were analyzed using a HR ICP-MS in samples of water, plankton, leaves of *Phragmites australis*, muscle and gills of three fish species (*Oreochromis macrochir*, *Tilapia rendalli*, *Clarias gariepinus*) collected in the basin of the upper Lufira. The results indicate a high copper (70.9 ppm) and cobalt (32.3 ppm) content in the effluent of complex hydrometallurgical Shituru. If contamination of rivers decreases with distance from the pollution source, the values are very high in lake Tshangalele for plankton and leaves of *P. australis*. For fish, the results indicate that Pb, U, V, Cu, Co and Cd accumulates preferentially in the gills but Zn accumulates more in the muscles. As accumulates in the same order of magnitude in both organs. These results confirm the pollution of the basin by the effluents from Lufira complex hydrometallurgical Shituru.

## Introduction

Les problèmes posés par la dispersion des polluants dans l'environnement suscitent l'intérêt de la communauté scientifique depuis maintenant de nombreuses années car la protection de l'environnement passe par la connaissance du devenir de ces polluants dans l'environnement et de leurs effets sur les écosystèmes aquatiques.

Parmi les contaminants majeurs de l'environnement, les métaux lourds posent de sérieux problèmes écologiques, tant par le caractère ubiquiste de leur présence au sein de la biosphère que par leur toxicité et leur bioaccumulation potentielle dans plusieurs espèces aquatiques induisant des effets dévastateurs sur la balance écologique de l'environnement aquatique (1, 3).

Ces dernières années, on assiste à une intensification

de l'exploitation minière dans la ceinture du cuivre au Katanga. Parmi les minerais exploités, on cite le cuivre (Cu), le cobalt (Co), le zinc (Zn), le plomb (Pb), l'uranium (U), l'arsenic (As) et le cadmium (Cd) (2). Dans la région de Likasi, les eaux de lavage des minerais et les effluents des usines contiennent des métaux lourds qui sont rejetés sans traitement préalable dans le bassin de la Lufira supérieure. Ainsi donc pour maintenir la qualité des produits halieutiques, il est important d'évaluer le niveau de la pollution des cours d'eau et de la chaîne trophique car aucune étude de ce genre n'a jusque là été faite dans la ceinture du cuivre au Katanga.

Cette étude poursuit deux objectifs, d'abord identifier la source de pollution dans le bassin de la Lufira supérieure, en suite mesurer l'accumulation des

<sup>1</sup> Unité de recherche en aquaculture, Université de Lubumbashi, Lubumbashi, RD Congo.

<sup>2</sup> Unité de Science du sol, Gembloux Agro Bio Tech, Université de Liège, Gembloux, Belgique.

<sup>3</sup> Minéralogie-Pétrographie/Géochimie, Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren, Belgique.

<sup>4</sup> Projet de développement de la pêche artisanale et de l'aquaculture au Katanga de la coopération technique Belge, Lubumbashi, RD Congo.

<sup>5</sup> Unité de Recherche en Biologie des Organismes, Faculté Universitaire Notre-Dame de la Paix, Namur, Belgique.

\*Auteur correspondant

Reçu le 25.10.10 et accepté pour publication le 08.11.10.

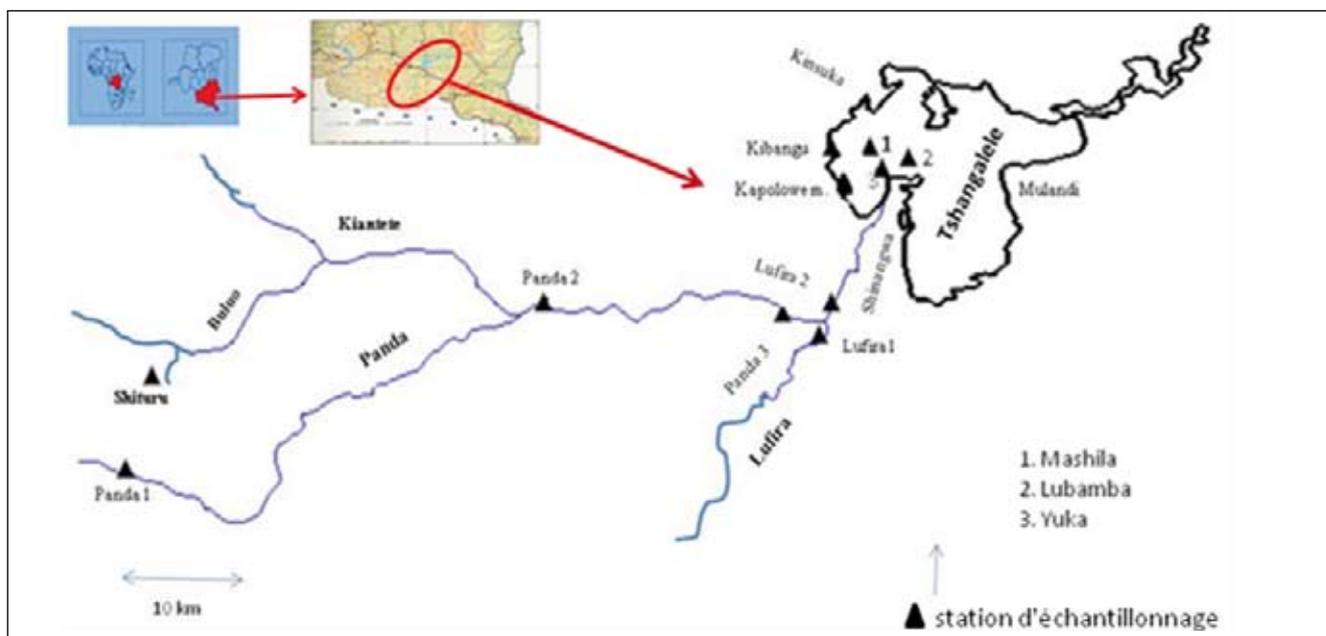


Figure 1: Le bassin de la Lufira supérieure et la zone d'étude.

éléments traces dans la chaîne trophique afin d'évaluer les risques sur la santé humaine.

## Matériels et méthode

### 1. Echantillonnage

Les échantillons d'eau, de plancton, des feuilles de *Phragmites australis* (Cav.) et de trois espèces des poissons à savoir *Oreochromis macrochir* (Boulenger, 1912), *Tilapia rendalli* (Boulenger, 1897) et *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) ont été récoltés dans le bassin de la Lufira supérieure (Figure 1).

Le traitement des feuilles de *P. australis* consistait à nettoyer l'échantillon composite de 10 plantes à l'eau du robinet puis à l'eau déminéralisée, à le faire sécher à l'étuve pendant 72 heures à 80 °C, à le découper et le broyer dans un broyeur universel M20.

La pêche de plancton dans le lac Tshangalele s'est faite à l'aide d'un filet à plancton à mailles de 150 µm. Les échantillons ont été surgelés puis séchés à l'étuve (80 °C pendant 48 h) avant leur stockage dans des flacons en plastiques.

Quant aux poissons, dix individus par site ont été récoltés et placés au froid immédiatement après le

prélèvement. Au laboratoire, les branchies et 2 cm<sup>2</sup> de muscle pris au niveau du pédoncule caudale ont été prélevés et séchés à l'étuve (80 °C) jusqu'à ce que le poids ne varie pas et enfin les échantillons ont été broyés et conservés dans un endroit obscur à 4 °C.

### 2. Analyse au laboratoire et traitement statistique

L'analyse d'éléments traces métalliques (Co, Cu, Zn, As, Cd, Pb, U et V) dans les échantillons d'eau, de feuilles de *P. australis* et des muscles et branchies des poissons a été réalisée au laboratoire du Musée Royale d'Afrique centrale à Tervuren (Belgique). Les analyses ont été réalisées en moyenne résolution (R= 4000) pour tous les éléments à l'exception de l'arsenic qui nécessite la haute résolution (R= 10000) à l'aide d'un ICP-MS haute résolution (ELEMENT 2 de Thermo Finnigan). Le plancton a été analysé à Lubumbashi (RD Congo) au laboratoire de l'Office Congolais de Contrôle et le programme analytique concernait les éléments Cu, Co, Zn et Pb.

L'analyse de la variance et le test t ont été utilisés pour traiter les données grâce au logiciel Statistica 7.1 (Stat soft, Inc.)

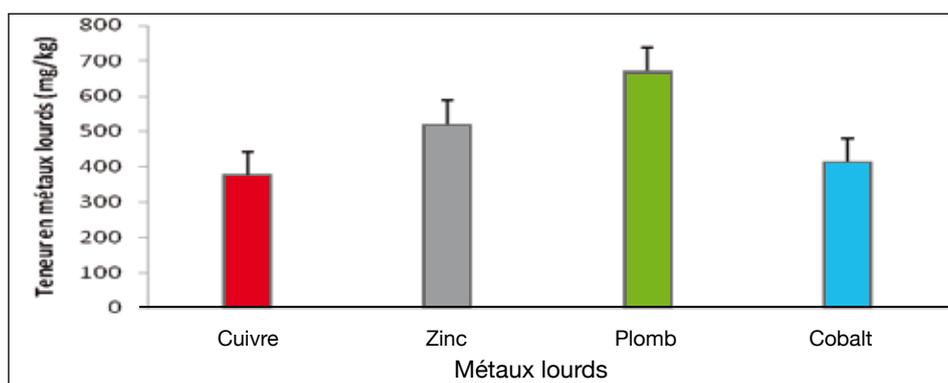


Figure 2: Teneurs des planctons en quelques métaux lourds (mg/kg) dans le lac Tshangalele en 2009.

## Résultats

Les résultats relatifs à la concentration en éléments traces dans l'eau sont présentés dans le tableau 1. Ces résultats indiquent une forte concentration en éléments traces dans les effluents du complexe hydrométallurgique de Shituru qui pollue fortement la rivière Panda où les valeurs du Pb sont multipliées par 6, celles du Zn par 9 et celles du Cd par 22 mais les plus fortes contaminations concernent le Cu et le Co où les valeurs en aval de Shituru représentent respectivement 84 et 68 fois celles de l'amont.

Dans le lac Tshangalele, les résultats indiquent qu'hormis les sites situés loin de l'embouchure de la rivière Lufira, tous les autres présentent des fortes teneurs en éléments traces et les plus fortes valeurs concernent le Cu, le Co et le Zn.

Si les valeurs des métaux lourds dans l'eau diminuent avec l'éloignement de la source de pollution, on constate que les valeurs des métaux lourds dans le niveau supérieur de la chaîne trophique sont très élevées. Pour le plancton pêché dans le lac Tshangalele, les résultats (Figure 2) indiquent une forte contamination en tous les métaux lourds analysés.

Les résultats d'analyse des métaux lourds dans les feuilles de *P. australis* démontrent une forte contamination des feuilles. Ici tous les échantillons ont été prélevés en aval du complexe hydrométallurgique de Shituru et indiquent en général une diminution de la contamination en métaux lourds avec l'éloignement de la source de pollution (Tableau 2).

Les poissons attirent l'attention car ils sont au sommet de la chaîne trophique dans le milieu aquatique et

peuvent, par conséquent, affecter directement la santé humaine. Dans cette étude, deux espèces de la famille des Cichlidae et une de la famille des Clariidae ont été étudiées en raison de leurs régimes alimentaires différents et de leur importance par rapport à la pêche.

La première espèce en termes de capture de pêche est l'*O. macrochir* qui est planctonophage et la seconde espèce est le *T. rendalli* qui est macrophytophage tandis que *Clarias gariepinus* est omnivore à tendance carnivore.

L'analyse des résultats présentés dans le tableau 3a sur les muscles et les branchies d'*O. macrochir* indique que dans le lac Tshangalele, les échantillons prélevés sur les sites se trouvant loin de l'embouchure de la Lufira contiennent moins des contaminants (2 à 10 mg/kg pour le Co; 3 à 5 mg/kg pour le Cu et 72 à 73 mg/kg pour le Zn) que ceux prélevés dans les sites proches de l'embouchure (34 à 84 mg/kg pour le Co; 19 à 37 mg/kg pour le Cu et 100 à 184 mg/kg pour le Zn)

La comparaison des résultats obtenus sur les branchies et les muscles (Tableau 4a) indique que les polluants ne sont pas accumulés de la même manière dans ces organes. Quel que soit l'élément, les branchies semblent contenir plus des contaminants que les muscles (58,91 contre 6,79 mg/kg pour le Co ou 38,25 contre 3,85 mg/kg pour le Cu) à l'exception du zinc qui ne montre pas de différence ( $p < 0,05$ ) entre les deux organes (108,65 mg/kg pour les branchies contre 112,04 mg/kg pour les muscles).

**Tableau 1**  
Concentration en métaux lourds dans les eaux du bassin hydrographique de la Lufira et dans son lac de barrage Tshangalele (moyenne de 2 échantillons prélevés en septembre 2008 et avril 2009)

SITE	Métaux lourds (mg/l)							
	Pb	U	V	As	Cd	Co	Cu	Zn
Panda 1	0,006 <sup>a</sup>	0,015 <sup>a</sup>	0,002 <sup>a</sup>	0,001 <sup>a</sup>	0,001 <sup>a</sup>	0,187 <sup>a</sup>	0,336 <sup>a</sup>	0,160 <sup>a</sup>
Shituru	0,078 <sup>c</sup>	0,023 <sup>b</sup>	0,036 <sup>b</sup>	0,012 <sup>b</sup>	39,7 <sup>b</sup>	32,3 <sup>b</sup>	70,9 <sup>c</sup>	2,38 <sup>b</sup>
Panda 2	0,034 <sup>b</sup>	0,002 <sup>a</sup>	0,011 <sup>a</sup>	0,005 <sup>a</sup>	0,022 <sup>a</sup>	12,8 <sup>a</sup>	28,2 <sup>b</sup>	1,41 <sup>a</sup>
Panda 3	0,006 <sup>a</sup>	0,001 <sup>a</sup>	0,002 <sup>a</sup>	0,002 <sup>a</sup>	0,001 <sup>a</sup>	0,861 <sup>a</sup>	0,458 <sup>a</sup>	0,429 <sup>a</sup>
Lufira 1	0,009 <sup>a</sup>	0,002 <sup>a</sup>	0,003 <sup>a</sup>	0,001 <sup>a</sup>	0,001 <sup>a</sup>	0,402 <sup>a</sup>	0,328 <sup>a</sup>	5,24 <sup>c</sup>
Lufira 2	0,005 <sup>a</sup>	0,004 <sup>a</sup>	0,002 <sup>a</sup>	0,001 <sup>a</sup>	0,001 <sup>a</sup>	0,218 <sup>a</sup>	0,481 <sup>a</sup>	0,193 <sup>a</sup>
Lufira 3	0,004 <sup>a</sup>	0,001 <sup>a</sup>	0,002 <sup>a</sup>	0,001 <sup>a</sup>	0,001 <sup>a</sup>	0,221 <sup>a</sup>	0,323 <sup>a</sup>	0,118 <sup>a</sup>
Kapolowe M.	0,004 <sup>a</sup>	0,001 <sup>a</sup>	0,002 <sup>a</sup>	0,001 <sup>a</sup>	0,001 <sup>a</sup>	0,108 <sup>a</sup>	0,093 <sup>a</sup>	3,24 <sup>b</sup>
Kibangu	0,006 <sup>a</sup>	0,001 <sup>a</sup>	0,002 <sup>a</sup>	0,001 <sup>a</sup>	0,001 <sup>a</sup>	0,083 <sup>a</sup>	0,111 <sup>a</sup>	1,66 <sup>ab</sup>
Lubamba	0,004 <sup>a</sup>	0,002 <sup>a</sup>	0,001 <sup>a</sup>	0,001 <sup>a</sup>	0,001 <sup>a</sup>	0,304 <sup>a</sup>	0,123 <sup>a</sup>	0,591 <sup>a</sup>
Mashila	0,002 <sup>a</sup>	0,001 <sup>a</sup>	0,002 <sup>a</sup>	0,001 <sup>a</sup>	0,000 <sup>a</sup>	0,046 <sup>a</sup>	0,050 <sup>a</sup>	0,295 <sup>a</sup>
Yuka	0,002 <sup>a</sup>	0,002 <sup>a</sup>	0,002 <sup>a</sup>	0,001 <sup>a</sup>	0,002 <sup>a</sup>	0,591 <sup>a</sup>	0,111 <sup>a</sup>	0,439 <sup>a</sup>
Shinangwa	0,000 <sup>a</sup>	0,000 <sup>a</sup>	0,000 <sup>a</sup>	0,000 <sup>a</sup>	0,000 <sup>a</sup>	0,001 <sup>a</sup>	0,006 <sup>a</sup>	0,008 <sup>a</sup>
Kisunka	0,000 <sup>a</sup>	0,000 <sup>a</sup>	0,000 <sup>a</sup>	0,000 <sup>a</sup>	0,000 <sup>a</sup>	0,000 <sup>a</sup>	0,005 <sup>a</sup>	0,005 <sup>a</sup>

Les chiffres affectés d'une même lettre dans la colonne ne sont pas significativement différents au seuil de confiance de 5%.

**Tableau 2**  
**Concentration en métaux lourds (mg/kg) dans les feuilles de *Phragmites australis* prélevés dans les cours d'eau du bassin hydrographique de la Lufira et dans son lac de barrage Tshangalele en 2009**

Site	Métaux lourds (mg/kg)							
	Pb	U	V	Co	Cu	Zn	As	Cd
Panga 2	376 <sup>b</sup>	7,55 <sup>a</sup>	109 <sup>ab</sup>	3683 <sup>a</sup>	6371 <sup>a</sup>	5518 <sup>a</sup>	520 <sup>ac</sup>	48,0 <sup>a</sup>
Panga 3	286 <sup>ab</sup>	14,20 <sup>ac</sup>	138 <sup>ab</sup>	3699 <sup>a</sup>	11543 <sup>a</sup>	4071 <sup>a</sup>	436 <sup>a</sup>	51,5 <sup>a</sup>
Lufira 1	190 <sup>a</sup>	3,74 <sup>a</sup>	62,7 <sup>ab</sup>	367 <sup>a</sup>	3235 <sup>a</sup>	2066 <sup>a</sup>	192 <sup>ab</sup>	22,4 <sup>a</sup>
Lufira 2	421 <sup>b</sup>	10,68 <sup>a</sup>	189 <sup>b</sup>	3586 <sup>a</sup>	7452 <sup>a</sup>	5279 <sup>a</sup>	514 <sup>a</sup>	64,7 <sup>ab</sup>
Kapolowe M.	160 <sup>a</sup>	3,28 <sup>a</sup>	38 <sup>a</sup>	1187 <sup>a</sup>	5721 <sup>a</sup>	4523 <sup>a</sup>	313 <sup>a</sup>	50,7 <sup>a</sup>
Kibangu	141 <sup>a</sup>	1,45 <sup>ab</sup>	17,7 <sup>a</sup>	285 <sup>a</sup>	2564 <sup>a</sup>	3899 <sup>a</sup>	232 <sup>a</sup>	33,8 <sup>a</sup>
Lubamba	138 <sup>a</sup>	1,27 <sup>ab</sup>	21,0 <sup>a</sup>	135 <sup>a</sup>	2468 <sup>a</sup>	4387 <sup>a</sup>	185 <sup>a</sup>	24,3 <sup>a</sup>
Yuka	147 <sup>a</sup>	0,96 <sup>ab</sup>	16,2 <sup>ac</sup>	211 <sup>a</sup>	2564 <sup>a</sup>	2613 <sup>a</sup>	172 <sup>ab</sup>	17,1 <sup>ac</sup>
Mashila	108 <sup>a</sup>	1,01 <sup>ab</sup>	16,3 <sup>a</sup>	28 <sup>a</sup>	2081 <sup>a</sup>	4871 <sup>a</sup>	172 <sup>ab</sup>	14,0 <sup>ac</sup>

Les chiffres affectés d'une même lettre dans la colonne ne sont pas significativement différents au seuil de confiance de 5%.

**Tableau 3**  
**Teneur en métaux lourds dans les poissons (moyenne branchies et muscles) capturés dans la rivière Lufira et dans le lac de barrage Tshangalele en 2009: 3a: *Oreochromis macrochir*, 3b: *Tilapia rendalli*, 3c: *Clarias gariepinus***

Sites/Espèces	Métaux lourds (mg/kg)							
	Pb	U	V	Co	Cu	Zn	As	Cd
<b>3a: <i>O. macrochir</i></b>								
Lufira 1	0,139 <sup>a</sup>	0,054 <sup>a</sup>	1,19 <sup>a</sup>	2,87 <sup>a</sup>	7,25 <sup>a</sup>	76,8 <sup>a</sup>	0,545 <sup>a</sup>	0,097 <sup>a</sup>
Kapol. M	0,491 <sup>a</sup>	0,138 <sup>a</sup>	3,26 <sup>a</sup>	36,6 <sup>a</sup>	28,5 <sup>a</sup>	183 <sup>b</sup>	0,337 <sup>a</sup>	0,872 <sup>a</sup>
Kibangu	0,359 <sup>a</sup>	0,172 <sup>a</sup>	2,60 <sup>a</sup>	34,8 <sup>a</sup>	30,5 <sup>a</sup>	127 <sup>ab</sup>	0,402 <sup>a</sup>	1,01 <sup>a</sup>
Lubamba	0,357 <sup>a</sup>	0,104 <sup>a</sup>	1,06 <sup>a</sup>	34,9 <sup>a</sup>	18,7 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	0,157 <sup>a</sup>	0,540 <sup>a</sup>
Mashila	1,23 <sup>a</sup>	0,162 <sup>a</sup>	2,00 <sup>a</sup>	84,7 <sup>a</sup>	37,1 <sup>a</sup>	109 <sup>ab</sup>	0,409 <sup>a</sup>	1,62 <sup>a</sup>
Yuka	0,405 <sup>a</sup>	0,069 <sup>a</sup>	1,91 <sup>a</sup>	55,6 <sup>a</sup>	37,3 <sup>a</sup>	139 <sup>ab</sup>	0,203 <sup>a</sup>	0,611 <sup>a</sup>
Shinangwa	0,198 <sup>a</sup>	0,083 <sup>a</sup>	0,437 <sup>a</sup>	2,84 <sup>a</sup>	3,01 <sup>a</sup>	72,8 <sup>a</sup>	0,188 <sup>a</sup>	0,152 <sup>a</sup>
Mulandi	0,495 <sup>a</sup>	0,135 <sup>a</sup>	3,24 <sup>a</sup>	10,6 <sup>a</sup>	5,98 <sup>a</sup>	73,3 <sup>ac</sup>	0,332 <sup>a</sup>	0,822 <sup>a</sup>
<b>3b: <i>T. rendalli</i></b>								
Lufira 1	0,115 <sup>a</sup>	0,025 <sup>a</sup>	0,232 <sup>a</sup>	2,19 <sup>a</sup>	9,52 <sup>a</sup>	72,4 <sup>a</sup>	0,118 <sup>a</sup>	0,080 <sup>a</sup>
Kapolowe M	0,507 <sup>a</sup>	0,068 <sup>a</sup>	0,457 <sup>a</sup>	35,0 <sup>a</sup>	23,47 <sup>a</sup>	133 <sup>a</sup>	0,124 <sup>a</sup>	1,31 <sup>a</sup>
Kibangu	0,437 <sup>a</sup>	0,099 <sup>a</sup>	1,31 <sup>a</sup>	20,5 <sup>a</sup>	12,71 <sup>a</sup>	113 <sup>a</sup>	0,182 <sup>a</sup>	1,28 <sup>a</sup>
Lubamba	0,366 <sup>a</sup>	0,046 <sup>a</sup>	0,371 <sup>a</sup>	25,3 <sup>a</sup>	20,51 <sup>a</sup>	81,7 <sup>a</sup>	0,112 <sup>a</sup>	0,472 <sup>a</sup>
Mashila	0,506 <sup>a</sup>	0,065 <sup>a</sup>	0,867 <sup>a</sup>	25,3 <sup>a</sup>	13,65 <sup>a</sup>	259 <sup>a</sup>	0,150 <sup>a</sup>	1,11 <sup>a</sup>
Yuka	0,598 <sup>a</sup>	0,165 <sup>a</sup>	0,698 <sup>a</sup>	28,9 <sup>a</sup>	23,40 <sup>a</sup>	386 <sup>a</sup>	0,106 <sup>a</sup>	0,762 <sup>a</sup>
Shinangwa	0,598 <sup>a</sup>	0,061 <sup>a</sup>	0,304 <sup>a</sup>	1,58 <sup>a</sup>	3,6 <sup>a</sup>	138 <sup>a</sup>	0,376 <sup>b</sup>	0,064 <sup>a</sup>
Mulandi	0,271 <sup>a</sup>	0,063 <sup>a</sup>	0,653 <sup>a</sup>	3,55 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>	64,6 <sup>a</sup>	0,280 <sup>b</sup>	0,156 <sup>a</sup>
<b>3c: <i>C. gariepinus</i></b>								
Lufira 1	1,06 <sup>a</sup>	0,014 <sup>a</sup>	1,06 <sup>a</sup>	37,2 <sup>a</sup>	88,0 <sup>a</sup>	299 <sup>a</sup>	3,69 <sup>a</sup>	0,335 <sup>a</sup>
Kapolowe M	0,951 <sup>a</sup>	0,014 <sup>a</sup>	1,71 <sup>b</sup>	64,7 <sup>b</sup>	136 <sup>a</sup>	377 <sup>b</sup>	6,93 <sup>b</sup>	0,516 <sup>a</sup>
Kibangu	0,535 <sup>a</sup>	0,005 <sup>a</sup>	0,030 <sup>a</sup>	14,0 <sup>c</sup>	47,4 <sup>ab</sup>	114 <sup>cd</sup>	4,25 <sup>ac</sup>	0,330 <sup>a</sup>
Shinangwa	0,140 <sup>a</sup>	0,003 <sup>a</sup>	0,038 <sup>a</sup>	0,628 <sup>c</sup>	2,85 <sup>b</sup>	67,2 <sup>c</sup>	0,230 <sup>d</sup>	0,018 <sup>a</sup>
Mulandi	0,510 <sup>a</sup>	0,008 <sup>a</sup>	0,022 <sup>a</sup>	1,89 <sup>c</sup>	4,94 <sup>b</sup>	60,1 <sup>c</sup>	0,236 <sup>d</sup>	0,024 <sup>a</sup>
Kisunka	0,181 <sup>a</sup>	0,010 <sup>a</sup>	1,16 <sup>ab</sup>	0,958 <sup>c</sup>	3,44 <sup>b</sup>	70,0 <sup>c</sup>	0,260 <sup>d</sup>	0,114 <sup>a</sup>

Les chiffres affectés d'une même lettre dans la ligne ne sont pas significativement différents au seuil de confiance de 5%.

**Tableau 4**  
**Comparaison de la teneur en métaux lourds (mg/kg) entre branchies et muscles de poissons capturés dans le rivière Lufira et son lac de barrage Tshangalele en 2009: 4a: *Oreochromis macrochir*, 4b: *Tilapia rendalli*, 4c: *Clarias gariepinus***

Métaux lourds (ppm)	Branchies		Muscles	
	Valeur	BCF	Valeur	BCF
<b>4a: <i>O. macrochir</i></b>				
Pb	0,776 <sup>a</sup>	155	0,141 <sup>b</sup>	28
U	0,183 <sup>a</sup>	92	0,047 <sup>b</sup>	24
V	3,04 <sup>a</sup>	1518	0,893 <sup>b</sup>	447
Co	58,9 <sup>a</sup>	230	6,80 <sup>b</sup>	27
Cu	38,2 <sup>a</sup>	281	3,8 <sup>b</sup>	28
Zn	108 <sup>a</sup>	57	112 <sup>a</sup>	59
As	51,1 <sup>a</sup>	51163	0,346 <sup>b</sup>	346
Cd	1,29 <sup>a</sup>	1287	0,143 <sup>b</sup>	143
<b>4b: <i>T. rendalli</i></b>				
Pb	0,565 <sup>a</sup>	113	0,264 <sup>b</sup>	53
U	0,113 <sup>a</sup>	57	0,035 <sup>b</sup>	18
V	0,985 <sup>a</sup>	493	0,237 <sup>b</sup>	119
Co	31,6 <sup>a</sup>	123	4,03 <sup>b</sup>	16
Cu	24,5 <sup>a</sup>	180	3,53 <sup>b</sup>	26
Zn	102 <sup>a</sup>	54	209 <sup>b</sup>	110
As	0,204 <sup>a</sup>	204	0,157 <sup>a</sup>	157
Cd	1,21 <sup>a</sup>	1260	0,101 <sup>b</sup>	101
<b>4c: <i>C. gariepinus</i></b>				
Pb	0,848 <sup>a</sup>	170	0,278 <sup>b</sup>	56
U	0,015 <sup>a</sup>	8	0,003 <sup>b</sup>	2
V	0,735 <sup>a</sup>	368	0,337 <sup>a</sup>	169
Co	23,4 <sup>a</sup>	92	16,4 <sup>a</sup>	64
Cu	58,8 <sup>a</sup>	432	35,7 <sup>a</sup>	262
Zn	168 <sup>a</sup>	88	160 <sup>a</sup>	84
As	2,65 <sup>a</sup>	2649	2,55 <sup>a</sup>	2548
Cd	0,448 <sup>a</sup>	448	0,017 <sup>b</sup>	17

Les chiffres affectés d'une même lettre dans la ligne ne sont pas significativement différents au seuil de confiance de 5%.

Comme pour *O. macrochir*, le *T. rendalli* présente des valeurs en métaux lourds qui sont très variables entre les sites proches de l'embouchure de la Lufira et ceux situés loin de l'embouchure (Tableau 3b). Les sites situés loin de l'embouchure semblent ne pas être contaminés par les effluents de la Gécamines/Shituru.

La comparaison des résultats obtenus sur les muscles et les branchies de *T. rendalli* (Tableau 4b) confirme la différenciation entre organes. Les

branchies accumulent plus des contaminants que les muscles (31,6 contre 4,03 mg/kg pour le Co; 24,5 contre 3,53 mg/kg pour le Cu ou 1,21 contre 0,10 mg/kg pour le Cd)   l'exception du zinc qui s'accumule préférentiellement dans le muscle (102 contre 210 mg/kg). Quant à l'arsenic, on ne note pas de différence ( $p < 0,05$ ) entre les deux organes (0,21 mg/kg contre 0,16 mg/kg).

Enfin, les résultats sur le *C. gariepinus* montrent encore une fois une forte variabilité entre les sites

d'échantillonnage (Tableau 3c). Les teneurs les plus élevées sont enregistrées dans les échantillons récoltés à Kapolowe mission et à la Lufira 1 (Kapolowe gare) respectivement 377 et 299 mg/kg de Zn ou 64,7 et 37,2 mg/kg de Co vraisemblablement à cause de leur proximité avec la Lufira polluée par les effluents de la Gécamines/Shituru. Les valeurs les plus faibles sont enregistrées dans le lac Tshangalele sur les sites situés loin de l'embouchure de la Lufira (60,1 à 69,9 mg/kg de Zn ou 2,85 à 4,94 mg/kg de Cu).

La comparaison de la répartition des métaux lourds dans les différents organes du *C. gariepinus* indique que le plomb, l'uranium et le cadmium s'accumulent préférentiellement dans les branchies pendant que les autres se répartissent dans le même ordre de grandeur entre les muscles et les branchies (Tableau 4c).

## Discussion

La contamination de l'eau douce par les métaux lourds est devenue une matière préoccupante, non seulement parce qu'elle limite l'utilisation de l'eau pour les usages domestiques mais aussi pour les dommages qu'elle cause aux organismes aquatiques (4).

Au Katanga, la qualité de cours d'eau est particulièrement menacée par la reprise de l'activité minière qui se fait sans tenir compte des critères de protection de l'environnement récemment introduits à travers la législation minière congolaise. Les eaux de lavage des minerais et les effluents des usines de traitement rejetés sans traitement préalable dans les cours d'eau contiennent des métaux lourds ainsi que des résidus des différents produits chimiques intervenant soit dans les processus d'extraction et de séparation, soit dans les processus de raffinage (12,15). Les polluants solubilisés deviennent toxiques, détruisent les biotopes aquatiques à l'aval des rejets sur des distances importantes, sont métabolisés dans l'ensemble de la chaîne alimentaire et, de ce fait, présentent des risques pour la santé des populations riveraines (15).

Les résultats d'analyse de la contamination du plancton montrent des valeurs extrêmement élevées pour tous les métaux analysés. Il ne fait aucun doute que cette contamination résulte de la contamination de l'eau. Ceci peut affecter la physiologie et le comportement des planctons car pour certains métaux lourds le BCF est plus élevé chez les producteurs primaires que chez les poissons.

Pour les feuilles de *P. australis*, les valeurs sont aussi très élevées et diminuent avec l'éloignement de la source de pollution. Les valeurs les plus élevées sont constatées dans la rivière Panda suivie de la rivière Lufira et en fin du lac Tshangalele. Les études récentes indiquent que cette plante peut être utilisée pour la phytoremédiation des cours d'eau contaminés par le Ca, Cu, Ni, Pb et Zn (5, 13, 16, Ali et al., 2004;) de 80% des métaux absorbés resteraient localisés dans les organes souterrains et la translocation des métaux

vers les organes aériens serait donc très faible. Les teneurs élevées obtenues dans cette étude pourraient être dues à la contamination des feuilles par les poussières. En effet, une étude effectuée au Katanga (6) sur 12 plantes réputées hyperaccumulatrices a révélé qu'en fait les valeurs élevées obtenues dans les anciens travaux (9, 10) étaient dues à l'insuffisance du protocole de nettoyage d'échantillons. Les auteurs notent qu'au Katanga, la poussière est très chargée en métaux lourds (5-10% de Cu et de Co). Ils recommandent le nettoyage d'échantillons avec un détergent. Dans cette étude, l'objectif étant de trouver la teneur en métaux lourds dans les feuilles que mangent les poissons, nous avons estimé qu'il ne fallait pas nettoyer les feuilles avec un détergent mais seulement avec de l'eau déminéralisée. Ce qui peut expliquer les valeurs élevées en métaux lourds obtenues dans cette étude.

Les poissons attirent l'attention car ils sont au sommet de la chaîne trophique dans le milieu aquatique et peuvent, par conséquent, affecter directement la santé humaine. L'analyse des BCF montre des valeurs élevées pour l'arsenic, le cadmium et le vanadium et beaucoup plus faibles pour l'uranium.

L'arsenic et le cadmium sont très toxiques pour l'organisme et ils n'ont aucune fonction biologique connue. Ils induisent la production des radicaux libres causant la détérioration oxydative des lipides, des protéines et de l'ADN. Chez les poissons, ils induisent des dommages oxydatifs sur les branchies et le foie (7). Par contre, le vanadium est indispensable pour l'organisme, il intervient dans la régulation du niveau de sucre, et participe à plusieurs systèmes enzymatiques comme cofacteur et catalyseur de l'oxydation de diverses amines (17). Cependant, une forte contamination des poissons par le vanadium présente un risque pour la santé humaine. Bu-Olayan et Al-Yakoob (1998) notent que la consommation des produits contaminés peut avoir comme conséquence l'inhibition des pompes Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPases et l'interférence avec les enzymes phosphatées.

Quant à l'uranium, les faibles BCF sont logiques car on considère qu'à chaque fois que l'on s'élève d'un niveau trophique on assiste à une diminution d'un ordre de grandeur du facteur de concentration (11) mais ceci n'enlève pas le pouvoir toxique de l'uranium qui, malgré son omniprésence dans l'environnement, est considéré comme un élément non essentiel car n'ayant aucune fonction métabolique ou physiologique connue.

L'analyse des résultats obtenus sur les poissons indique aussi une forte contamination des poissons par le cuivre et le cobalt. Même si ces deux métaux lourds sont indispensables pour l'organisme, ils deviennent toxiques à forte dose. On pourrait noter que pour le cobalt les teneurs obtenues sont les plus élevées du monde car dans la littérature, les valeurs

les plus élevées ont été obtenues en Turquie pour les branchies (0,92 mg/kg) et en Inde pour les muscles (0,67 mg/kg) (14) résultats de loin inférieurs aux nôtres. Ceci serait dû au fait que le bassin de la Lufira se trouve dans l'hinterland minier du Katanga qui détient 80% de réserves mondiales de cobalt (8) dont l'exploitation pollue l'environnement. En effet, Banza *et al.* (2) ont trouvé que les valeurs en Co dans les urines humaines varient entre 5,72 et 15,7 µg/g suivant que les individus échantillonnés se trouvent près (< 3 km) ou loin (3-10 km) d'un site minier ou une raffinerie opérationnelle alors que l'US National Health And Nutrition Examination Survey (NHANES) fixe le seuil à 0,36 µg/g.

Les recommandations du conseil supérieur d'hygiène publique de France (1996) sur la comestibilité des muscles des poissons fixent les seuils du Zn à moins de 100 mg/kg et du Cu à 0,10 mg/kg. Les résultats des toutes les espèces de poissons analysées dans le cadre de cette étude sont supérieurs à ces normes et donc la consommation des ces poissons présente

un risque sur la santé humaine.

En conclusion, les résultats présentés dans cette étude indiquent qu'il y a effectivement contamination du bassin de la Lufira supérieure par les éléments traces. La source principale de pollution identifiée dans ce bassin est le complexe hydrométallurgique de Shituru et que la zone d'influence de ses effluents s'étend jusque dans le lac Tshangalele

## Remerciements

Les auteurs remercient vivement le Projet pour le Développement de la Pêche Artisanale et de l'Aquaculture au Katanga (PRODEPAK) de la Coopération Technique Belge pour le financement et l'appui logistique de cette étude. Ils remercient également le Musée Royal d'Afrique Centrale à Tervuren en Belgique pour les analyses chimiques et le projet PIC REMEDLU, financé par la CUD pour son assistance.

## Références bibliographiques

- Atolaye B.O. & Aremu M.O., 2007, Bioaccumulation of some trace elements in the body parts of fish species associated with soil sediment and water from Eoemaganiâ confluence in nasarawa state, Nigeria. *EJEAFChE*; 6, 5, 2001-2008.
- Banza CLN, Nawrot TS, Haufried V., Decrée S, De Putter T., Smolders E., Kabyla B.I., Luboya O.N., Ilunga A.N., Mutombo A.M. & Nemery B., 2009, High human exposure to cobalt and other metals in Katanga, a mining area of the Democratic Republic of Congo. *Environ. Res.* doi:10.1016/j.envres. 04.012
- Canli M. & Kalay Ö.A.M., 1998, Level of heavy metals (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) in tissue of *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* and *Chondrostoma regium* from the Seyhan River, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 22, 149-157.
- Cobert R.G., 1977, Effect of coal mining on ground and surface water quality. Monongalia county, West Virginia. *Sci. Total. Environ.* 8-12.
- Ederli L., Reale L., Ferranti F. & Pasaqualini S., 2004, Responses induced by high concentration of cadmium in *Phragmites australis* roots. *Physiol. Plant.* 121, 1, 66-74.
- Faucon M.-P., Shutcha N.M. & Meerts P., 2007, Revisiting copper and cobalt concentrations in supposed hyperaccumulators from SC Africa: influence of washing and metal concentrations in soil. *Plant Soil*, 301, 29-36.
- Giguère A., Campbell G.C.P., Hare L., McDonald D.G. & Rasmussen J.B., 2004, Influence of lake chemistry and fish age on cadmium, copper, and zinc concentrations in various organs of indigenous yellow perch (*Perca flavescens*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 61,9, 1702-1716.
- Gizenga A., 2007, Programme du gouvernement 2007-2011, République Démocratique du Congo. Kinshasa, , 70 p.
- Malaisse F., Baker A.J.M. & Ruelle S., 1999, Diversity of plant communities and leaf heavy content at Luiswishi copper/cobalt mineralization, Katanga, Dem. Rep. Congo. *Biotechnol Agron Soc Environ.* 3, 104-114.
- Malaisse F. & Grégoire J., 1999, Contribution à la phytogéochimie de la Mine de l'Étoile (Shaba, Zaïre). *Bull Soc Roy Bot Belg.* 111, 252-260.
- Ribera D., Labrot F. & Tisnerat G., 1996, Uranium in the environment: occurrence, transfer, and biological effects. *Reviews in Environmental Contamination and Toxicology*, 146, 53-89.
- SNC-LAVALIN International, 2003, Etude sur la restauration des mines de cuivre et de cobalt en République Démocratique du Congo, Rapport préliminaire M-6708 (603082), Montréal. 222 p.
- Southchak B., Nakano K., Nomura M., Chiba N. & Nishimura O., 2006, *Phragmites australis*, a novel biosorbent for the removal of heavy metal from aqueous solution. *Water Res.* 40, 12, 2295-2302.
- Türkmen M., Türkmen A. & Yalçın T., 2008, Metal contaminations in five fish species from black, marmara, aegean and mediterranean seas, turkey. *J. Chil. Chem. Soc.* 53, 1, 14-35.
- Vande Weghe J.-P., Franssen J., Kalambay G., Kramkimel J.D., Musibono D., 2005, Etude "Profil environnemental (PEP) de la République Démocratique du Congo"; Délégation de la commission Européenne. EURATA; 228 p.
- Ye Z.H., Baker A.J.M., Wong M.H. & Willis A.J., 2003, Copper tolerance, uptake and accumulation by *Phragmites australis*, *Chemosphere*, 50, 795-800.
- Zaki MS, Sharaf H.E. & Osfar M.H., 2007, Effect of vanadium toxicity on biochemical, haematological and clinicopathological changes in *Clarias lazera* present in river Nile. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 2, 6, 741-745.

B.K. Manda, Congolais, Ingénieur Agronome Zootechnicien, Université de Lubumbashi (2006), DEA en Biologie Végétale et Environnement, Université de Lubumbashi (2009), Assistant Faculté d'Agronomie, Université de Lubumbashi, RD Congo.

G. Colinet, Belge, Ingénieur agronome Sciences du Sol (1991), Docteur en Environnement (2003), Chef de Travaux/Charge de Cours Gembloux Agro Bio Tech / Université de Liège.

L. André, Belgian, PhD in Geochemistry, Head of the Earth Sciences Department at the Royal Museum for central Africa, Professor at the Brussels Free University, Member of the CNRS (France) "Planet and Universe" Scientific Council, Belgian delegate to the Joint Expert Group from the AU-EU partnership for "Science, Information Society and space"

A.C. Manda, Congolais, Ingénieur Agronome, Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi (1966), depuis 2005, doctorant aux Facultés Universitaires Notre Dame de la Paix de Namur, chef de travaux à la Faculté d'Agronomie de l'Université de Lubumbashi.

J.-P. Marquet, Belge, Ingénieur Agronome FSAGx 1978), Chef de projet à la Coopération Technique Belge (CTB: Projet de Développement de la Pêche Artisanale et de l'Aquaculture au Katanga, Station INERA KIPOPO, Lubumbashi, Katanga, RDC.

J.-C. Micha, Belge, Licencié en Sciences, groupe sciences biologiques (ULg 1968), Docteur en sciences (ULg 1973), Professeur Emérite FUNDP (Namur) et UCL (Louvain-La-Neuve), consultant en aménagement et gestion des zones humides, pêches et pisciculture.

DANS LES UNIVERSITES...

UIT DE UNIVERSITEITEN...

IN THE UNIVERSITIES...

EN LAS UNIVERSIDADES...

## Epidemiology of Non-Typhoidal *Salmonella* (Nts) in Humans and Animals in the Gambia and Senegal

Michel Dione

Keywords: Non-typhoidal *Salmonella*- Poultry- Man- Epidemiology- Gambia- Senegal

**Summary of the PhD thesis in Medical Sciences defended on 15 June 2010 at the Faculty of Medicine, University of Antwerp**

### Promoter

Prof. M. Ieven (UA)

Language: English

Date: 15.06.2010

Bibliographic references: 178

### Copromoters

Prof. S. Geerts (ITM Antwerp),

Prof. M. Antonio (MRC, Banjul),

Prof. R. Adegbola (MRC, Banjul)

Number of Pages: 124

Number of Figures: 7

Number of Tables: 12

Number of pages of annexes: 0

### Members of the Examination Committee

Prof. A. Gadisseur (UA),

Prof. J-P. Bogers (UA),

Prof. P. Bols (UA),

Prof. L. De Zutter (UGent),

Dr H. Imberechts (CODA, Brussels).

### Results

PHD.in Medical Sciences

### Summary

Non-Typhoidal *Salmonella* (NTS) species are important food-borne pathogens. Although acute gastroenteritis is the most common clinical symptom, complications can occur resulting in bacteraemia with or without focal infections. Food products, especially food of animal origin such as poultry are associated with the transmission to humans. In Africa, NTS are among the most common cause of bloodstream infections in children younger than 5 years. Epidemiological data on NTS are lacking in Africa both for human and animal infections. Therefore, a study providing a better understanding of the factors that lead to the emergence of NTS is a prerequisite for the design of improved intervention strategies to control these pathogens. The aim of this thesis was to study the epidemiology of NTS pathogens in humans and animals in The Gambia and Senegal.

**Chapter 1** reviews the current status of knowledge on NTS infections in Africa with focus on The Gambia and Senegal. It also provides the background against which these studies were conducted.

**Chapter 2** describes the prevalence of NTS along the poultry production chain in Casamance, Senegal. Fifty seven randomly selected broiler farms, 42 street restaurants and 285 chicken carcasses were studied. The following farm prevalences were reported: 35.1, 38.6 and 29.8% in chicken faeces, on carcass skin, and in muscles, respectively. NTS were found in chicken meat servings of 14.3% of the 42 street restaurants and in 40.4% of the 285 chicken carcasses examined. The most prevalent serotypes among the eighteen identified were *Salmonella* Brancaster (57.9%), *Salmonella* Goetzau (10.7%), *Salmonella* Kentucky (8.4%), and *Salmonella* Hadar (7.3%). The following serotypes were for the first time identified in Senegal: *Salmonella* Bandia, *Salmonella* Bessi, *Salmonella* Brunei, *Salmonella* Hull, *Salmonella* Istanbul, *Salmonella* Javiana, *Salmonella* Magherafelt, *Salmonella* Molade, *Salmonella* oxford, *Salmonella* Poona, *Salmonella* Rubislaw, *Salmonella* Tamale, *Salmonella* Zanzibar and *Salmonella* Goetzau. The prevalence of NTS on skin and in muscle was significantly associated with the detection of *Salmonella* in feces ( $P \leq 0.001$ ). The high levels of contamination of skin and muscle can be attributed to poor hygiene at the farm level and the non-hygienic handling of chicken carcass meat during and after slaughtering. This conclusion is supported by the fact that some serotypes are present both on the farm (as found in feces) and in carcasses (on skin and meat). Food can also become contaminated through environmental contact, because hygienic measures applied in the restaurants are poor. A large proportion of our

isolates (77.7%) were resistant to two or more antibiotics commonly used in Senegalese veterinary practices and in human medicine (trimethoprim-sulfamethoxazole, tetracycline, trimethoprim, streptomycin, sulfonamides, and spectinomycin). The high prevalence of *Salmonella* in broilers in Casamance and the level of antibiotic resistance are of concern and constitute a real threat to public health.

**Chapter 3** reports on the molecular characterization of 261 NTS serotypes isolated in poultry and poultry products in Senegal using consecutively RAPD and MLST. These techniques have provided details on the genetic diversity among the serotypes. Twenty distinct profiles were generated by the RAPD assay, the latter corresponding to the eighteen strains obtained after serotyping. *Salmonella* Kentucky showed two distinct profiles; this distinction was later confirmed by MLST. The MLST assay revealed genetic diversity resulting in 19 clones of which 16 were new and have never been reported anywhere in the world. The three known clones, namely *Salmonella* Kentucky ST198 previously reported in Senegal, *Salmonella* Agona ST13 and *Salmonella* Istanbul ST33 were isolated in many countries from both human and animal sources. This shows that these clones are geographically widely distributed and are circulating in a wide range of hosts. However, one new clone of multi-resistant *Salmonella* Kentucky was found. This study provided us with new insights into the genetic diversity on NTS in Senegal. Molecular tools remain essential to study the epidemiology of NTS by tracking the sources of infection and/or contamination. These same techniques were used to study the animal to human transmission in The Gambia in the next chapter.

In **chapter 4**, eight diarrheic children with confirmed salmonellosis and 6 healthy carriers were traced back to their compounds and *Salmonella* identified from the domestic animals (poultry, sheep and goat) living in close contact in the same compound. The most common serotypes identified were *Salmonella* Colindale in humans (21.42%) and *Salmonella* Poona in animals (14.28%). Among the animals, poultry carried the highest proportion of *Salmonella* (66.7%). In fact, poultry are considered as the most common asymptomatic carriers of *Salmonella*. However, serotypes in humans were different from those in animals except in one case where *Salmonella* Moualinea was simultaneously found in chicken and a diarrheic child but in different compounds. After proceeding MLST on all isolates, we found that those two *Salmonella* Moualinea were distinct but genetically very close because they differed at only one locus *sucA*. The similarity matrix of the strains revealed close genetic relatedness among *Salmonella* serotypes. There was at least 80% similarity and the majority varied between 98% and 100%. This showed the stability of *Salmonella* clones which are not subject to high genetic variability. There was therefore no indication of clonal groups which are adapted to a specific host because the genetic tree did reveal that all lineages contained isolates of mixed origin (human and animal). The association between salmonellosis and other diseases, most often malaria, in our study shows the role of opportunistic infections and malaria in NTS infections. Almost all serotypes were susceptible to all antibiotics tested. This is due to the fact that antibiotics are not yet commonly used by of the rural population in The Gambia for treatment of NTS infections as well in humans as in the animal production system. Our results do not support the hypothesis that humans and animals in close contact in the same household carry genotypically similar *Salmonella* serotypes. Nevertheless these findings have stirred up the problem of the transmission of NTS in Africa and have highlighted the poultry population as playing a pivotal role of healthy carriers in the epidemiology of NTS. Based on this study, we suggest other areas to be investigated such as the environment and human-to-human transmission.

Little is known on the molecular epidemiology of NTS particularly with respect to their virulence genes. Therefore, to assess their occurrence and contribution to disease in humans and animals in The Gambia and Senegal, we screened all serotypes isolated from humans, animals and food in both countries (**chapter 5**). A total number of 185 NTS was tested by PCR for the presence of 12 virulence genes. Among these genes, 10 belong to the five described *Salmonella* Pathogenicity islands thought to be implicated in *Salmonella* pathogenesis; and the other two genes are carried by plasmids. All genes were present at a level of more than 70% except *sopE* and *pefA* which were observed in 33% and 44% of the isolates, respectively. The most prevalent gene was *invA* (95.5%) which is an invasion gene conserved within the *Salmonella* genus. It has been widely used to diagnose *Salmonella* in humans and animals. However, the *sopE* gene associated with outbreaks in human and animals was present in all serotypes isolated in humans with diarrhoea except one. Interestingly, *Salmonella* Istanbul and *Salmonella* Javiana isolated from chicken serving restaurants carried all the virulence genes of the five pathogenicity islands. There was a significant association between some virulence genes (*sopB*, *sopE* and *pipD*) and resistance to certain antibiotics namely amoxicillin, ticarcillin, trimethoprim plus sulfamethoxazole, tetracycline, trimethoprim, spectinomycin, streptomycin, sulfonamides and nitrofurantoin. This association shows that resistance might increase the virulence of NTS during infection. These findings showed that all strains of *Salmonella* isolated from humans and animals are potentially pathogenic. This is very worrying because the most virulent serotypes were also the most frequently detected in food and in animals, and caused diarrhoea in immuno-compromised children. Furthermore, virulence and resistance are intrinsically linked and the presence of the virulence genes *sopB* and *pefA* is likely to increase the resistance to a series of antibiotics (trimethoprim plus sulfamethoxazole, tetracycline, trimethoprim and sulfonamides).

# TSOL18 Vaccine Antigen of *Taenia solium*: Development of Monoclonal Antibodies and Field Testing of the Vaccine in Cameroon

Emmanuel Assana

Keywords: *Taenia solium*- Cysticercosis- Pigs- Vaccine- Monoclonal antibodies- Cameroon

**Summary of the PhD-thesis defended on 29 June 2010 at the Veterinary Faculty of the University of Ghent**

## Promoter

Prof. Dr. P. Dorny  
Faculty of Veterinary Medicine, UGent  
Institute of Tropical Medicine, Antwerp  
Prof. Dr. S. Geerts  
Institute of Tropical Medicine, Antwerp

Language: English

Date: 29.06.2010

Bibliographic references: 225.

Number of Pages: 142.

Number of Figures: 30.

Number of Tables: 11.

Number of pages of annexes: 0

## Members of the Examination Committee

Prof. M. Lightowlers (Univ Melbourne, Australia), Copromoter  
Prof A. Zoli (Univ Dschang, Cameroon), Copromoter  
Prof J. Vercruyse (UGent),  
Prof E. Cox (UGent),  
Dr. Sarah Gabriel (ITM, Antwerp)

## Results

PhD in Veterinary Sciences

## Summary

**Chapter 1** reviews the literature about the immunological aspects of taeniid cestode infections and the existing vaccines against *Taenia solium* cysticercosis in pigs. One of the most promising vaccines is TSOL18, a protein that has been identified in the oncosphere of *Taenia solium* and expressed as a recombinant molecule in *E. coli*. Repeated experimental trials have shown that this vaccine is able to protect up to 100% of the immunised pigs against a challenge infection with *T. solium*. Antibodies raised by the vaccine are capable of killing the parasite in *in vitro* cultures and it is believed that antibody and complement mediated killing of invading parasites is the major protective immune mechanism induced by vaccination with TSOL18.

The identification of the villages with a high risk of *T. solium* infection, which could subsequently be used in the vaccine trial, is reported in **chapter 2**. A survey was conducted in 150 households owning 1756 pigs in the rural areas of Mayo-Danay division in the far north region of Cameroon. A questionnaire survey was carried out to collect information on the pig farming system and to identify potential risk factors for *T. solium* cysticercosis infection in pigs. Blood samples were collected from 398 pigs with the aim of estimating the sero-prevalence of *Taenia solium* cysticercosis. The results showed that 90.7% of the pigs were free roaming during the dry season and that 42.7% of households keeping pigs in the rural areas had no latrine facility. Seventy six percent of the interviewed pig owners affirmed that the members of the household used open field defecation. ELISA for antigen and antibody detection showed an apparent prevalence of porcine cysticercosis of 24.6% and 32.2%, respectively. A Bayesian approach using the conditional dependence between the two diagnostic tests indicated that the true sero-prevalence of cysticercosis in Mayo-Danay was 26.6%. Binary logistic regression analysis indicated that the lack of knowledge of the taeniasis-cysticercosis complex and the absence of a pig pen in the household were associated with pig cysticercosis.

**Chapter 3** reports the investigations that were undertaken to characterise whether the principal antibody specificities raised by TSOL18 in pigs were against linear or conformational determinants. TSOL18 was expressed in two truncated forms representing either the amino terminal portion or the carboxy terminal portion, with the two truncations overlapping in sequence by 25 amino acids. The original protein (designated TSOL18N<sup>+</sup>) and the two truncations (TSOL18N<sup>+</sup>-1 and TSOL18N<sup>+</sup>-2) were used in inhibition ELISA to determine their ability to inhibit the binding of protective pig antibodies to TSOL18. TSOL18N<sup>+</sup> was shown to be capable of completely inhibiting the binding of pig anti-TSOL18N<sup>+</sup> antibodies to TSOL18N<sup>+</sup> in ELISA. However, neither TSOL18N<sup>+</sup>-1 nor TSOL18N<sup>+</sup>-2, either alone or combined, was capable of inhibiting any detectable amount of reactivity of pig

anti-TSOL18N<sup>−</sup> antibodies with TSOL18N<sup>−</sup>. It is concluded that the dominant antibody specificities, and likely the host-protective specificities, of TSOL18 are conformational epitopes.

**Chapter 4** describes the development of an antibody detection test for the specific diagnosis of porcine cysticercosis. A fraction with a major band of 14 kDa was obtained from crude cyst fluid (CF) of *T. solium* cysticerci by 2-step chromatography. A first fraction isolated by gel filtration was purified using an anion exchange column on High Performance Liquid Chromatography (HPLC). Evaluation of the analytic sensitivity of this fraction (F3) was carried out in an antibody detection enzyme-linked immunosorbent assay (Ab-ELISA-F3) using serum samples from pigs experimentally infected with different doses of *T. solium* eggs. The cross-reactivity of F3 was evaluated with serum samples from pigs that were naturally or experimentally infected with *Taenia hydatigena*, *Taenia saginata asiatica*, *Fasciola hepatica*, *Trichinella spiralis*, *Metastrongylus apri*, *Trypanosoma congolense* or *Sarcoptes scabiei*, and with serum samples of rabbits hyper-immunised with cyst fluid of *T. hydatigena* or *T. solium*. Analysis of the specificity of the F3 showed that serum samples of pigs infected with other parasites did not recognise this antigen. Cross-reaction with *T. hydatigena* occurred in ELISA using CF as antigen, but the F3 antigen fraction was not recognized by the rabbit hyper-immune serum against *T. hydatigena*. Evaluation of the diagnostic sensitivity and specificity of the Ab-ELISA-F3 was done by a non-parametric Receiver Operating Characteristic (ROC) analysis using serum samples from Zambian and Cameroonian village pigs. The results from the ROC analysis yielded a low diagnostic value (area under ROC curve= 0.48) with the sera from the Zambian pigs while a relatively high diagnostic value was obtained with the sera from Cameroonian pigs (area under ROC curve= 0.78).

In **Chapter 5** the efficacy of the TSOL18 vaccine is assessed under field conditions in the Mayo-Danay district. Two hundred and forty 2-3 month old piglets belonging to 114 individual households were involved in the study. In each household one or more pairs of piglets were included, with one animal of each pair being vaccinated and the other acting as a non-vaccinated control. Vaccinated animals received two initial immunizations intramuscularly in the neck one month apart with 200µg TSOL18 plus 5mg Quil A. At the time of the second immunization both vaccinated and control animals received an oral dose of 30mg/kg oxfendazole. Vaccinated animals received a third immunization approximately 3 months after the first immunization. Antibody responses to the vaccine were assessed at different time intervals by ELISA. Necropsies were undertaken when the pigs were approximately 12 months of age. All parasites were counted in half of the body musculature and in the brain. Two hundred and twelve animals were available for necropsy at the end of the trial (110 vaccinated; 102 controls). Viable *T. solium* cysticerci were identified in 20 control pigs (prevalence 19.6%), including 14 animals that had estimated total body burdens of > 1000 cysticerci. No cysticerci were found in any of the vaccinated animals indicating that the vaccine provided a very high level of protection ( $P < 0.0001$ ) against naturally acquired infection with *T. solium* in pigs. Combined application of TSOL18 vaccination and a single oxfendazole treatment in pigs is a simple and relatively sustainable procedure that has the potential to control *T. solium* transmission in endemic areas and, indirectly, reduce the number of new cases of neurocysticercosis in humans.

In **chapter 6**, the similarity of the antibody responses of pigs and mice to TSOL18 antigen is highlighted. Four IgG1 monoclonal antibodies (MoAb) were produced against the conformational epitopes of TSOL18. It was shown that pig antisera inhibit the binding of these MoAbs in a competition ELISA, indicating that pig and mouse antibodies against TSOL18 vaccine react with the same conformational epitopes. For this reason, monoclonal antibodies raised in mice immunized with TSOL18 could be a valuable source of antibodies for further characterisation of the host-protective epitopes of the vaccine. A monoclonal antibody-based inhibitive enzyme-linked immunosorbent assay (mi-ELISA) was developed. Serum samples of TSOL18-vaccinated and non-vaccinated pigs were used. In all the vaccinated and protected pigs screened at necropsy, anti-TSOL18 antibodies inhibited the binding of a monoclonal antibody (Mab25D12C1) specific to the conformational epitopes of TSOL18 antigen, suggesting an immune response that correlates with protection. This result was in agreement with the results obtained in an indirect ELISA, which showed that all the vaccinated and protected pigs had developed antibodies to the TSOL18 vaccine.

In **chapter 7** the efficacy of the TSOL18 vaccine is compared with that of other vaccines, which are currently being tested under field conditions. Recommendations are made for implementing a vaccination programme in Cameroon. Future research activities are suggested to improve our knowledge on the duration of the immunity of the vaccine and various other aspects of the vaccine production and delivery.

## ORGANIZACIÓN

Naturaleza de la entidad responsable de la publicación y el asunto de la revista TROPICULTURA.

Agri-Overseas a.s.b.l. es una asociación creada con el objetivo de establecer relaciones profesionales de interés común entre todos aquellos quienes obran para el desarrollo rural en los países del Sur. Esta asociación publica la revista científica y de información "Tropicultura" dedicada a los problemas rurales en los países en desarrollo. Esta revista es publicada trimestralmente con el apoyo financiero de la Dirección General de la Cooperación al Desarrollo (DGCD), Servicio Público Federal de Asuntos exteriores, Comercio Exterior y Belgas Cooperación al Desarrollo, y aquel de la región de Bruselas-Capital; quienes reciben auspicio científico de la Academia Real de Ciencias de Ultra Mar (ARSOM) y del apoyo del Consejo Interuniversitario de la Comunidad Francesa de Bélgica (CIUF) y del Consejo Interuniversitario Flamenco (VLIR).

Agri-Overseas a.s.b.l. se compone de miembros individuales y de miembros de las instituciones belgas siguientes: la Academia Real de Ciencias de Ultra Mar (ARSOM), la Comisión universitaria para el Desarrollo del Consejo Interuniversitario de la Comunidad Francesa de Bélgica (CUD-CIUF), la instancia de Cooperación Universitaria al Desarrollo del Consejo Interuniversitario de la Comunidad Flamenca (VLIR-UOS), las cuatro Facultades en Ciencias agrónomas de Bélgica (Gembloux, Gent, Leuven y Louvain- La- Neuve), las dos Facultades en Medicina veterinaria (Gent y Liège), el Departamento de Salud animal del Instituto de Medicina tropical de Embere (Antwerpen), la Sección interfacultaria de Agronomía de la Universidad Libre de Bruselas, las Facultades Universitarias de Nuestra Señora de la Paz (Namur), El Departamento de Ciencias y gestión del medio ambiente de la Universidad de Liège (Arlon), la Dirección General de la Cooperación al Desarrollo (DGCD).

### Consejo de administración

El consejo de administración de Agri-Overseas se compone del Profesor Dr J. Verduyck, Presidente; del Profesor Dr Ir G. Mergeai, Administrador Delegado; del Dr E. Thys, Secretario; del Profesor Dr B. Losson, Tesorero; del Profesor J. Bogaert, miembro representante de la CUD-CIUF; del Profesor Honorario Dr S. Geerts, miembro representante de la ARSOM; del Profesor R. Merckx, miembro representante de VLIR y del Profesor Honorario Dr Ir J. Hardouin, miembro.

### Comité de redacción

El comité de redacción se compone del Profesor Dr Ir G. Mergeai, Redactor en jefe, y de los siguientes redactores delegados: el Profesor Dr J.-P. Dehoux de «la Producción pecuaria y la Gestión de la fauna», el Dr D. de Lame de «la Sociología», el Profesor Honorario Dr F. Malaisse de «Ciencias forestales y la Ecología», el Profesor Emérito Dr J.-C. Micha de «la Pesca y la Piscicultura», el Profesor Dr Ir E. Tollens de «Economía rural», el Profesor Dr Ir P. Van Damme de «Agronomía y la «, el Profesor Dr E. Van Ranst de «Ciencia del suelo », el Profesor Dr J. Verduyck y Dr E. Thys para «la Salud animal» y Ir. F. Maes, colaborador científico. La secretaria trata directamente los otros temas en lo que posee competencia (economía, sociología,...).

### Secretaría de redacción

11, Rue d'Egmont, B- 1000 Bruxelles – Bélgica  
Teléfono: ++32.(0)2.540 88 60/ 61; Fax.: ++32.(0)2.540 88 59  
Email: [ghare.tropicultura@belgacom.net](mailto:ghare.tropicultura@belgacom.net) , [mjdesmet.tropicultura@belgacom.net](mailto:mjdesmet.tropicultura@belgacom.net)  
Website: <http://www.tropicultura.org>

### Distribución

La distribución de la revista TROPICULTURA es gratuita y puede ser obtenida con un simple pedido escrito, dirigido a la secretaria de redacción.

### ALCANCE DE LA REVISTA

TROPICULTURA publica artículos originales, informes de investigación y síntesis, resúmenes de libros y tesis, así como informes de películas y soportes audiovisuales en lo que concierne a todas las áreas vinculadas al desarrollo rural: producciones vegetales y animales, ciencias veterinarias, ciencias forestales, ciencias del suelo y de la tierra, Ingeniería rural, ciencias del medio ambiente, bioindustrias, industria agro-alimentaria, sociología y economía.

### INSTRUCCIÓN A LOS AUTORES

Los temas de los artículos publicados en la revista Tropicultura conciernen todo lo es vinculado al desarrollo rural y la gestión sostenible del medio ambiente de las regiones cálidas del planeta. Se dará la prioridad a los artículos que presentan asuntos originales, abarcando un ámbito lo más amplio posible, es decir cuyo contenido concierne sobre todo aspectos metodológicos transferibles en un conjunto amplio de medios ambientes y regiones del mundo.

De igual manera, se dará una atención particular en la fiabilidad de las informaciones publicadas, es decir, cuando se trata de resultados experimentales, en el número de repeticiones de los ensayos, en el tiempo y en el espacio, que son al origen de los datos obtenidos.

Los manuscritos serán inéditos y no habrán sido sometidos a una publicación anteriormente o simultáneamente. Se pueden redactar en uno de los cuatro idiomas siguientes: inglés, español, francés y holandés. Los manuscritos están dirigidos al redactor en jefe a través del servicio postal, en tres ejemplares, en forma de documento en papel o directamente a la dirección electrónica de la secretaria de redacción, en forma de archivos adjuntos. Se redactarán en cara simple, en doble espacio (27 líneas de 60 caracteres por página en formato DIN A4), con un margen de 3,5 cm mínimo alrededor de la superficie impresa. Ellos contendrán un máximo de diez páginas de texto (excluyendo la primera página, los resúmenes y las referencias bibliográficas).

La primera página llevará: el título, el título abreviado (máximo 55 caracteres), los apellidos y nombres completos de los autores, la dirección profesional completa de cada uno, los agradecimientos eventuales. El apellido del autor corresponsal será marcado mediante un "\*" y su dirección completada por sus números de teléfono y telecopia y de su dirección electrónica.

Las páginas siguiendo la primera página presentarán: (i) los resúmenes (max 200 palabras) en el idioma del manuscrito y en inglés, precedidos del título traducido y seguidos de un máximo de seis palabras claves dentro de cada uno de los dos idiomas; (ii) el texto principal; (iii) la bibliografía; (iv) se admitirán solamente tres cuadros numerados por medio de cifras árabes; (v) las ilustraciones identificadas sin ambigüedad por un número al verso; (vi) las leyendas de los cuadros y las ilustraciones. Todas las páginas serán numeradas en continuo. Se aceptarán tres figuras, dibujadas de manera profesional. Las fotografías serán proporcionadas no montadas, bien contrastadas sobre papel brillante.

Solamente los coautores, quienes habrán manifestado por escrito su acuerdo para que su nombre figura en un manuscrito, aparecerán en la versión final del artículo publicado en Tropicultura. Los acuerdos escritos de los coautores concerniendo este punto podrán ser transmitidos al Comité de redacción en forma de correo postal o electrónico. La aprobación del organismo de tutela de los autores es supuestamente adquirida para todo artículo que se publica en Tropicultura. Agri-Overseas declina toda responsabilidad en esa materia.

El primer depósito de un artículo a la redacción podrá hacerse en forma impresa o en forma electrónica. En la medida de lo posible, después de la aceptación del artículo para publicación, el autor dará su última versión, revisada y corregida, sobre un disquete (o en forma de archivo adjunto). El software Word es recomendado pero una versión ASCII o RTF de los archivos es aceptada.

El texto estará generalmente dividido en introducción, material y método, resultados, discusión, conclusiones. La subdivisión del texto no sobrepasará de dos niveles. Los subtítulos, muy concisos serán conformados en minúsculas y jamás no serán subrayados.

Las referencias estarán citadas dentro del texto por medio de números ubicados entre paréntesis. En caso de citación de varias referencias, sus números se sucederán por orden ascendente.

Las referencias bibliográficas serán clasificadas por orden alfabético de apellidos de autores y por orden cronológico para un autor dado. Ellas estarán numeradas en continuo, comenzando por la cifra 1.

Para los artículos de revistas, las referencias comprenderán: los apellidos de los autores seguidos de las iniciales de los nombres, el año de publicación, el título completo del artículo en el idioma de origen, el nombre de la revista, el número del volumen subrayado, los números de la primera y de la última página separadas por un guión.

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

Para las monografías, los elementos siguientes son esenciales: los apellidos de los autores seguidos de las iniciales de los nombres, el año de publicación, el título completo de la obra, el apellido del editor, el lugar de edición, la primera y la última página del capítulo citado, el número total de páginas de la obra. Los informes de conferencias se tratan como monografías, además, ellos mencionarán si es posible el lugar, la fecha de la reunión y el (los) editor(es) científico(s).

Ejemplo: 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.

Una comunicación personal será mencionada en el texto por las iniciales del nombre, seguidas del apellido, comunicación personal y el año. Ejemplo (W.R. Allan, comunicación personal, 1988). Esta referencia no se volverá a tomar dentro de las referencias bibliográficas.

Las referencias anónimas serán mencionadas numéricamente en el texto y en las referencias bibliográficas. Anónimo (año). Título. Fuente (donde las informaciones pueden ser encontradas.)

El comité de redacción se reserva el derecho de rechazar todo artículo no conforme a las prescripciones mencionadas en la parte superior.

Los artículos están sometidos a uno o a varios lectores escogidos por la redacción y esos lectores se mantendrán anónimos por los autores.

En caso de aceptación del artículo, la redacción exigirá un compromiso de los diferentes autores a ceder sus derechos de publicación a TROPICULTURA.

# TROPICULTURA

2010 Vol. 28 N° 4

Four issues a year (October, November, December)

## CONTENTS

### ORIGINAL ARTICLES

- Shea Butter Trees Shadiness Effect on Cotton Capsular Output in Shea Butter Trees-Cotton Agroecosystems of Northern Benin (*in French*)  
**D.S.J.C. Gbemavo, R. Glèlè Kakaï, A. Assogbadjo, A. Katary & C. Gnanglè** ..... 193
- Improvement of the Rate of *in vitro* Multiplication of *Jatropha curcas* L. (*in French*)  
**S.D. Mezda Mve, G. Mergeai, J.-P. Baudoin & A. Toussaint** ..... 200
- Brucellosis and Tuberculosis in Arsi-Negele District Ethiopia: Prevalence in Ruminants and People's Behaviour towards Zoonoses (*in English*)  
**K. Amenu, E. Thys, A. Regassa & T. Marcotty** ..... 205
- Milk and Dairy Products Consumption in the City of Rabat (Morocco): Effects of Social and Professional Factors (*in French*)  
**M.T. Sraïri & A. Karbab** ..... 211
- Determination of a Suitable Protocol for Indigenous Oilseed Cucurbits Plant Regeneration (*in English*)  
**Yah Gwladys Gnamien, I.A. Zoro Bi, Y. Dje, A. Toussaint & J.-P. Baudoin** ..... 217
- Price Incentive, Profitability, and Competitiveness of Rice Production in the South of Togo (*in French*)  
**K. Yovo** ..... 226
- Composting and Compost Quality of Urban Solid Wastes in Bobo-Dioulasso Town, Burkina Faso (*in French*)  
**E. Compaoré & L.S. Nanéma** ..... 232
- Importance of Secondary Forests for the Collect of Useful Plants among *Badjoue* of the East Cameroon (*in French*)  
**G.M. Nguenang, E. Fongzossie Fedoung & B.A. Nkongmeneck** ..... 238
- Evaluation of Contamination of the Food Chain by Trace Elements (Cu, Co, Zn, Pb, Cd, U, V and As) in the Basin of the Upper Lufira (Katanga/DR Congo) (*in French*)  
**B. Katemo Manda, G. Colinet, L. André, A. Chocha Manda, J.-P. Marquet & J.-C. Micha** ..... 246
- IN THE UNIVERSITIES....
- Epidemiology of Non-Typhoidal *Salmonella* (NTS) in Humans and Animals in the Gambia and Senegal (*in English*)  
**M. Dione** ..... 253
- TSOL18 Vaccine Antigen of *Taenia solium*: Development of Monoclonal Antibodies and Field Testing of the Vaccine in Cameroon (*in English*)  
**E. Assana** ..... 255

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